

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LATORTA DE  
MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) SOBRE SU COMPOSICIÓN  
NUTRICIONAL, SENSORIAL Y TOXICOLÓGICO”**

**Presentada por:**

**FABIO ENZO CIBEJ LÓPEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE  
EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima-Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA  
TORTA DE MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) SOBRE SU  
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, SENSORIAL Y TOXICOLÓGICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**FABIO ENZO CIBEJ LÓPEZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

**Dr. Edwin Baldeón Chamorro  
PRESIDENTE**

**Dr. Marcial I. Silva Jaimes  
PATROCINADOR**

**Dra. Bettit Salva Ruiz  
MIEMBRO**

**M.Sc. Gloria Pascual Chagman  
MIEMBRO**

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 MORINGA ( <i>Moringa oleífera</i> ) .....	3
2.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	6
2.3 CULTIVO DE LA MORINGA EN EL PERÚ.....	7
2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DELAS SEMILLAS .....	8
2.5 TORTAS PROTEICAS.....	9
2.6 USOS POTENCIALES DE LA MORINGA.....	10
2.6.1 USOS MEDICINALES.....	10
2.7 COMPONENTES TOXICOLÓXICOS DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA ( <i>Moringa oleífera</i> ).....	12
2.7.1 TANINOS.....	12
2.7.2 SAPONINAS .....	14
2.7.3 CIANURO DE HIDRÓGENO.....	15
2.7.4 ÁCIDO FÍTICO... ..	16
2.8 VALOR BIOLÓGICO.....	18
2.8.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PROTEINA: ENSAYOS DE VALOR BIOLÓGICO Y PDCAAS.....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	23
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN .....	23
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS... ..	23
3.2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	25

A) ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA.....	26
B) ANÁLISIS TOXICOLÓGICO DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA.....	27
C) ANÁLISIS BIOLÓGICO DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA... ..	29
D) ANÁLISIS SENSORIAL DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA.....	31
3.3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	33
3.3.1 TRATAMIENTO DE DESAMARGADO CON SOLUCIÓN SALINA .....	33
3.3.2 TRATAMIENTO DE DESAMARGADO CON ETANOL .....	34
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	35
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>37</b>
4.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA.....	37
4.2 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO CON SOLUCIÓN SALINA Y ETANOL .....	40
4.2.1 EN ANÁLISIS PROXIMAL.....	40
4.2.2 EN PERFIL TOXICOLÓGICO... ..	42
4.2.3 EN VALOR BIOLÓGICO... ..	44
4.2.4 EN PDCAAS.....	45
4.2.5 EN EL ANÁLISIS SENSORIAL .....	47
4.2.6 EFECTO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS .....	49
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación de moringa ( <i>Moringa oleífera</i> ) Taxonomía.....	5
Cuadro 2: Semilla de moringa disponible en el Perú 2012.....	8
Cuadro 3: Composición nutricional de semillas de moringa. ....	9
Cuadro 4: Análisis químico proximal de la torta de moringa, sachá inchi y de soya. ....	9
Cuadro 5: Fuente de taninos hidrolizables en diversas plantas.....	12
Cuadro 6: Clasificación de los compuestos fenólicos. ....	13
Cuadro 7: Cómputo de aminoácidos provenientes de distintos alimentos en comparación patrón FAO, mg de aminoácido/gramo de proteína.....	22
Cuadro 8: Score de aminoácidos y PDCAAS de moringa y de otros alimentos. ....	22
Cuadro 9: Composición de las dietas para pruebas biológicas (g/100 g dieta).....	30
Cuadro 10: Digestibilidad (Dv) y valor biológico (VB) de torta con solución salina, etanol y testigo.....	45
Cuadro 11: Puntaje y Score de Aminoácidos corregidos por digestibilidad de los tratamientos, cuadro comparativo.....	46
Cuadro 12: Aminograma: torta de moringa, salina, etanol y testigo.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fruto de la moringa, almendra sin cáscara y semilla entera.....	4
Figura 2: Fruto maduro (vaina) de moringa, Semilla moringa, Interior de la vaina. ....	6
Figura 3: Zonas coloreadas, indican las regiones del mundo donde crece la moringa actualmente.....	7
Figura 4: Usos potenciales de la moringa.....	10
Figura 5: Estructuras fitoquímicas importantes. ....	11
Figura 6: Estructura química, saponinas.....	14
Figura 7: Origen biogénico de sapogeninas y saponinas esteroides.....	15
Figura 8: Etapas de la biosíntesis de los glucósidos cianogénicos.....	16
Figura 9: Estructura del myo-inositol - 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis (dihidrogenfosfato).....	17
Figura 10: Ficha análisis sensorial, por comparación múltiple para sabor amargo y sabor extraño.....	32
Figura 11: Ficha de análisis sensorial, Escala hedónica. ....	33
Figura 12: Flujograma de desamargado con solución salina .....	34
Figura 13: Flujograma de desamargado con etanol.....	35
Figura 14: Diseño experimental de la investigación. ....	36
Figura 15: Análisis proximal de torta de semilla: prensa-expeler con y sin tratamiento enzimático (n=3), letras iguales indica que no existe diferencias significativas, letras diferentes indica que todos los tratamientos son distintos.....	37
Figura 16: Análisis proximal, etanol, salina, testigo, letras iguales indica que no existe diferencias significativas, letras diferentes indica que todos los tratamientos son distintos.....	40
Figura 17: Análisis toxicológico, solución salina, etanol y testigo, letras iguales indica que no existe diferencias significativas, letras diferentes indica que todos los tratamientos son distintos.....	42
Figura 18: Escala hedónica para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo. T= testigo, OH=etanol, S.S=solución salina, S=soya, el numero -0.47 indica menor grado de satisfacción, mientras que el número 1.25 indica el mayor grado de satisfacción.....	47
Figura 19: Comparación de amargor e intensidad para los tratamientos de etanol, solución salina, soya con la prueba testigo, OH=etanol, S.S=solución salina, S=soya...	48
Figura 20: Comparación de sabor extraño e intensidad para los tratamientos de etanol, solución salina,soya con la prueba testigo.....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para humedad (n=3).....	65
ANEXO 2: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para ceniza (n=3).....	65
ANEXO 3: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para proteína (n=3) .....	66
ANEXO 4: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para grasa (n=3).....	66
ANEXO 5: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para fibra (n=3).....	67
ANEXO 6: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para humedad (n=3).....	67
ANEXO 7: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para proteína (n=3).....	68
ANEXO 8: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para grasa (n=3).....	68
ANEXO 9: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para fibra. (n=3).....	69
ANEXO 10: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para cenizas (n=3).....	69
ANEXO 11: Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para taninos. (n=3).....	70
ANEXO 12: Análisis de varianza para los tratamientos: salina, etanol y testigo en fitatos.....	70
ANEXO 13: Cuadro comparativo etanol, solución salina y testigo para saponinas.....	70
ANEXO 14: Análisis de varianza para los tratamientos: salina, etanol y testigo en cianuro.....	71
ANEXO 15: Puntaje o score de aminoácidos corregidos por digestibilidad de la torta de moringa ( <i>Moringa oleífera</i> ) en solución salina.....	71
ANEXO 16: Puntaje o score de aminoácidos corregidos por digestibilidad de la torta de semilla de moringa ( <i>Moringa oleífera</i> ) en etanol.....	72
ANEXO 17: Puntaje o score de aminoácidos corregidos por digestibilidad de la torta de semilla de moringa Testigo.....	73

ANEXO 18: Resultados de análisis de escala hedónica para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo.....	74
ANEXO 19: Resultados sensorial para sabor amargo para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo.....	75
ANEXO 20: Resultados sensorial para sabor extraño para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo.....	76
ANEXO 21: Prueba de análisis de varianza para la prueba hedónica.....	77
ANEXO 22: Resultados de análisis proximal en prensa y expeler con y sin tratamiento enzimático, gramos por 100 gramos de torta de moringa.....	77
ANEXO 23: Resultados de análisis proximal en tratamiento con etanol, tratamiento con solución salina y muestra testigo, gramos por 100 gramos de torta de moringa.....	77
ANEXO 24: Resultados de análisis toxicológico en tratamiento con etanol, tratamiento Con solución salina y muestra testigo, miligramos por 100 gramos de torta de moringa.....	77



## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el mejor método de desamargado de la torta de semilla de moringa para el incremento y mejoramiento de su biodisponibilidad, para esto, la torta de semilla de moringa fue sometido a tratamiento con etanol y con solución salina versus un testigo, (ET, SS, T). A las tres muestras se le realizaron análisis toxicológicos, biológicos, sensoriales y análisis proximal, en las pruebas toxicológicas se determinaron taninos, fitatos, saponinas y cianuro de hidrógeno, en las pruebas biológicas se realizó el valor biológico, en el análisis sensorial se realizaron las pruebas de preferencia y de comparación, y finalmente se realizó el análisis proximal. Para la determinación de taninos (Prueba toxicológica) se empleó el método de la vainillina, en la determinación de fitatos se utilizó el método gravimétrico con precipitación del cloruro férrico, para la cuantificación de saponinas se realizó con el método descrito por Hudson (1979) para la determinación de cianuro por el método de la AOAC (1980) para el valor biológico se realizó por el método descrito por Mitchel (1923) y para el análisis sensorial se realizaron las pruebas de comparación múltiple. Los resultados de taninos (análisis toxicológicos) mostraron para la torta con etanol:  $66.53 \pm 6.12$  mg por ciento, SS:  $72.60 \pm 6.12$  mg por ciento y  $416.83 \pm 83$  mg por ciento para la torta testigo, Fitatos: ET:  $4000 \pm 0.03$  mg por ciento, SS:  $4000 \pm 0.02$  mg por ciento y T:  $4000 \pm 0.01$  mg por ciento, para las saponinas: ET: ND, SS: ND, T:  $3000 \pm 0.02$  mg por ciento, y para el cianuro de hidrógeno ET:  $40.5 \pm 0.04$  mg por ciento, SS:  $40.5 \pm 0.02$  mg por ciento y T:  $40.5 \pm 0.05$  mg por ciento, Los resultados para Valor biológico fueron los siguientes ET: 56.9, SS: 24.3, y T: 20.6; el aminoácido limitante fue la isoleucina (PDCAAS), las pruebas sensoriales mostraron disminución significativa del amargor y del sabor extraño en comparación al testigo, y para el análisis proximal en proteína bruta ET:  $63.69 \pm 0.13$  por ciento, SS:  $32.4 \pm 0.09$  por ciento, T:  $43.82 \pm 0.05$  por ciento, los resultados de grasa mostraron para ET:  $5.94 \pm 0.02$  por ciento, SS:  $32.57 \pm 0.09$  por ciento y T:  $26.99 \pm 0.09$  por ciento, Como conclusión final podemos afirmar que la muestra tratada con etanol obtuvo los mejores resultados, mejorando su biodisponibilidad debido a la remoción de antinutrientes, facilitando la biodisponibilidad de su contenido proteico.

**Palabras claves:** Desamargado de semilla de moringa, *Moringa oleífera*, valor biológico, PDCAAS, perfil toxicológico, torta de moringa

## ABSTRACT

The main objective of this investigation was to determine the best debarking method of the moringa's seed cake to increase and improvement of its bioavailability, for this, the moringa's seed cake, was subjected to a treatment with ethanol and saline solution and a witness, (ET, SS, T). the three samples were analyzed, toxicological, biological and proximal analysis, in the toxicological tests were determined tannins, phytates, saponins and hydrogen cyanide, in the biological tests have been The biological value, in the sensory analysis was carried out the tests of preference and comparison, and finally the proximal analysis was performed. For the determination of tannins (toxicological test) the vanillin method was used, in the determination of phytates the gravimetric method with ferric chloride was used, for the quantification of saponins was performed with the method described by Hudson (1979) for the determination of cyanide by the AOAC method (1980) for the biological value was performed by the method described by Mitchel (1923) and for the sensory analysis multiple comparison tests were carried out. The tannin results (toxicological analysis) results for the cake with ethanol:  $66.53 \pm 6.12$  mg percent, SS:  $72.60 \pm 6.12$  mg percent and  $416.83 \pm 83$  mg percent for the control cake, Phytates: ET:  $4000 \pm 0.03$  mg percent, SS:  $4000 \pm 0.02$  mg percent and T:  $4000 \pm 0.01$  mg percent, for saponins: ET: ND, SS: ND, T:  $3000 \pm 0.02$  mg percent, and for hydrogen cyanide ET:  $40.5 \pm 0.04$  mg percent, SS:  $40.5 \pm 0.02$  mg percent and T:  $40.5 \pm 0.05$  mg percent, The results for biological value were the next, ET: 56.9, SS: 24.3, and T: 20.6; The limiting amino acid was isoleucine (PDCAAS), sensory tests showed significant decrease in bitterness and foreign taste compared to the control, and for the proximal analysis in crude protein ET:  $63.69 \pm 0.13$  percent, SS:  $32.4 \pm 0.09$  percent, T:  $43.82 \pm 0.05$  percent, the results of the fat showed ET:  $5.94 \pm 0.02$  percent, SS:  $32.57 \pm 0.09$  percent and T:  $26.99 \pm 0.09$  percent, As a final conclusion we can affirm that the sample the was treated with ethanol obtained the best results, improving its bioavailability due to the removal of antinutrients, facilitating the bioavailability of its protein content.

**Key words:** moringa seed debarking, *Moringa oleífera*, Biological Value, PDCAAS, toxicological profile, moringa cake.

## I. INTRODUCCIÓN

El problema nutricional que afrontan los países lo hacen de distinta manera, una de ellas puede ser los programas sociales ejemplo: Qali warma. Una alternativa de solución son los cultivos de alto impacto nutricional como es el caso de la moringa (*Moringa oleífera*) que han sido explorados y utilizados en otros países, estas soluciones requieren ir acompañadas de estudios científicos que respalden plenamente el carácter de alto valor nutricional estudiando a su vez sus características inocuas y sensoriales.

El término "desnutrición (malnutrición) proteico-energética" es relativamente nuevo, esta condición era anteriormente conocida como "deficiencia proteico-energética o calórica", este término incluye una variedad de condiciones que varía de una situación leve o moderada a una situación severa (marasmo o kwashiorkor). La desnutrición proteico-energética es uno de los problemas nutricionales más importante en los niños en países en desarrollo. Este problema se encuentra también en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, se presenta en los niños que consumen una cantidad insuficiente de alimentos para satisfacer sus necesidades de energía y nutrientes. La deficiencia de energía es la causa principal, la primera manifestación importante de este problema nutricional es una detención del crecimiento (los niños son más pequeños en estatura y tienen un menor peso que otros niños de la misma edad).

Este proceso se encuentra frecuentemente agravado por la presencia de infecciones, los niños que presentan desnutrición proteico-energética tienen menos energía para realizar sus actividades diarias, aprenden con dificultad y presentan baja resistencia a las infecciones. Scrimshaw *et al.* (1968)

La inclusión de tortas proteicas en alimentos es una forma de aprovechamiento que no se está dando en la actualidad, a pesar que estos subproductos son altamente nutritivos como es el caso de la torta de semilla de Sacha Inchi, Soya, entre otros; para de esta

manera poder darles un valor agregado. Además, esto permitiría incluir este subproducto que provocaría una disminución parcial del consumo de trigo, hecho de interés para economías la peruana, que depende de este cereal para satisfacer su demanda. Y también ofrece la posibilidad de enriquecer en su contenido proteico a tales alimentos, con beneficios potencialmente notables para los núcleos de población más afectados por un insuficiente consumo de proteínas Pérez *et al.* (2000) por esta razón, la presente investigación plantea estudiar el desamargado de la torta de moringa, obtenida de la extracción del aceite por prensado, utilizando solución salina y etanol para evaluar su efecto sobre la composición proximal, el perfil nutricional y el perfil toxicológico. Los objetivos específicos son: Objetivos específicos, evaluar el efecto del desamargado sobre su composición nutricional, evaluar el efecto del desamargado sobre el análisis sensorial, determinar el efecto del desamargado sobre su composición toxicológico, y como objetivo principal de la investigación que fue determinar el mejor método de desamargado de la torta de moringa (*Moringa oleífera*) para incremento y mejoramiento de su biodisponibilidad.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 MORINGA (*Moringa oleífera*)

La moringa (*Moringa oleífera*) es un árbol perteneciente a la familia Moringaceae, nativo de las estribaciones meridionales del Himalaya y en la actualidad se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo. 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 2001).

Algunas de sus características botánicas según Girón (1992) se presentan a continuación:

- a. La moringa (*Moringa Oleífera*) es nativa de la India, en América tropical se cultiva en forma general como ornamental. Es una planta introducida al Perú ornamentalmente. Se cree que fue introducida de la India a África por los ingleses, introducida al Caribe por los franceses y de allí a centro América.
- b. Es un arbusto grande o árbol pequeño y frondoso, que rara vez sobrepasa 10 metros de altura. La corteza es blanquecina, el tronco generalmente espeso e irregular en tamaño y forma la corona pequeña y densa.
- c. Las hojas son compuestas, de unos 20 cm de largo, con hojuelas delgadas, oblongadas u ovaladas de 1 a 2 cm de largo y de color verde claro, las flores son de color crema, muy numerosas fragantes que miden de 1 a 1.5 cm de largo, estas se encuentran agrupadas y están compuestas por sépalos lineales a lineal-oblongo, de 9 a 13m de largo.
- d. Las semillas son carnosas, cubiertas por una cáscara fina de color café poseen tres alas, o semillas aladas de 1.2 a 1.5 cm de largo, como se observa en la Figura 1. Al quitar la cáscara se obtiene el endospermo que es blanquecino y muy oleaginoso, la raíz principal mide varios metros y es carnosa en forma de rábano.



**Figura 1:** Fruto de la moringa, almendra sin cáscara y semilla entera.

**FUENTE:** Olson *et al.* (2011)

Cada árbol produce anualmente un promedio de 4 kilos de semilla, para un total de 2,800 kilos hectárea/año, con el 35 por ciento de aceite. Como subproducto de la extracción del aceite se obtiene la Torta de moringa con un 60 por ciento de proteína, materia prima para la fabricación de concentrados para animales, o comida directa para los mismos.

A nivel alimenticio moringa tiene gran importancia, ya que tiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales valiosos incluso en mayor cantidad que los alimentos típicamente considerados como tales y otras propiedades nutritivas. Además de poseer un amplio uso medicinal, exige poco cuidado agrícola, crece rápidamente (hasta alcanzar entre 3 y 5 metros en un año) y es resistente a la sequía. Esta última característica, unida al bajo costo de producción, la hace ideal para cultivarla en extensas zonas desérticas o semidesérticas del trópico africano, donde existen graves problemas de hambre, desnutrición y subalimentación González *et al.* (2014)

La moringa pertenece a la familia Moringaceae, a la división Embryophyta, en el cuadro 1 se observa a más detalle la Taxonomía de moringa. La moringa representa una alternativa como ingrediente para sustituir parcialmente la harina de pescado en alimentos balanceados para tilapia, debido a su contenido de proteína y carbohidratos. En este país se realizó una inclusión de harina de moringa en el crecimiento de tilapia (*O. mossambicus niloticus*) cultivada en agua de mar y su digestibilidad in vivo.

Se incluyó harina de la hoja sustituyendo 10, 20 y 30 % de la proteína de la harina de sardina, los resultados sugieren que este ingrediente puede sustituir hasta en un 20 % a la proteína de la harina de sardina, sin afectar el crecimiento de la tilapia. La digestibilidad de la proteína de la harina de moringa fue de 89 %. Concluyen los autores que la harina de moringa puede ser incluida en el alimento sustituyendo parcialmente a la harina de sardina sin afectar el crecimiento de juveniles de tilapia roja Rivas *et al.* (2012).

**Cuadro 1:** Clasificación de moringa (*Moringa oleífera*) taxonomía.

Reino:	<i>Plantae</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-clase:	<i>Dilleniidae</i>
Orden:	<i>Capparidales</i>
Familia:	<i>Moringaceae</i>
Género:	<i>Moringacea</i>
Especie:	<i>Moringa oleífera</i>

**FUENTE:** Balbir (2010)

Las hojas frescas de moringa tienen grandes cualidades nutritivas: más vitamina A que las zanahorias, más vitamina C que las naranjas, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal. También son muy apetecidas, con ellas se pueden preparar infusiones, ensaladas verdes, pastas para bocaditos, salsas, sopas o cremas, guisos, arroz salteado, frituras y aliños en general. Pueden ser mezcladas con jugos, con diferentes platos de huevo y en el puré de los niños, entre otras variantes, lo cual enriquecería notablemente el valor nutricional en cuanto a proteínas, vitaminas y minerales de dichos alimentos Bonal *et al.* (2012) estas hojas pueden secarse a la sombra y conservarse enteras o molidas. En esta última variante, el polvo permanece por meses sin perder sus propiedades, además de que resulta útil para ser usado como condimento o ser añadido a sopas, caldos y jugos, entre otros Bonal *et al.* (2012). El conocimiento obtenido a través de estos estudios podría llegar a una solución sencilla, económica y altamente efectiva a un problema muy grave. El desarrollo de estudios que se practica en esta planta fundamentarán con evidencias

científicas las propiedades que tiene desde antaño, que no habían sido lo suficientemente conocidas ni estudiadas Bonal *et al.* (2012) en la figura 2, se observa la vaina de moringa madura el árbol, así mismo se puede apreciar la semilla y la vaina abierta.



**Figura 2:** Fruto maduro (vaina) de moringa, Semilla moringa, Interior de la vaina.

**FUENTE:** Olson *et al.* (2011)

## 2.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La moringa Originaria del sur del Himalaya noreste de la india, Pakistán, Bangla Desh, Arabia Saudita y Afganistán se ha naturalizado en la mayoría de los países tropicales. En Centroamérica se introdujo y naturalizo en 1920 como un árbol ornamental y se utilizó como cercas vivas, para cortinas rompevientos Rocha *et al.* (1998)

El rango natural de este árbol se extiende de Arabia a la India, hoy en día el marango es común en paisajes de todos los trópicos del viejo mundo del sur de Asia y África occidental. Es más visible en partes del este y sur de África. También se le puede encontrar en huertos caseros de muchas islas del pacifico, desde Kiribati hasta las Marianas del norte (Von Maydell, 1986) en la Figura 3, las zonas coloreadas indican las regiones del mundo donde crecen y se utilizan actualmente la moringa.





**Figura 3:** Zonas coloreadas, indican las regiones del mundo donde crece la moringa actualmente.

**FUENTE:** Balbir (2010)

### **2.3 CULTIVO DE LA MORINGA EN EL PERÚ**

Según la Agencia peruana de Noticias (2010) en nuestro país la moringa crece en la Costa y en la Selva, en terrenos hasta 1500 metros sobre el nivel del mar y se cultiva principalmente en Ica, Piura, Lambayeque, Trujillo, Huacho, entre otras zonas, Según se menciona el reto es cultivar esta planta nutritiva en tierras peruanas es producto del esfuerzo de los ingenieros Chepote, Murat, y Granados, quienes desarrollaron un proyecto piloto de moringa en el fundo El Arenal, tras comprobar su adaptabilidad, se han proyectado sembrar 500 hectáreas.

La misma fuente indica con el propósito de reducir los índices de desnutrición infantil, el ministerio de Agricultura (MINAG) y el programa sembrando incentivarán el cultivo de la moringa, planta muy nutritiva, en la India y África es conocida como “el árbol de la Vida”. El MINAG a través de Agro-Rural, permitió la siembra de cuatro hectáreas experimentales en Lambayeque (Villacuri) y en los fundos iqueños el Escondido y el Arenal.

El ministerio de Agricultura sostiene que seguirá promoviendo la siembra de este árbol en nuestro país, siguiendo las etapas de experimentación, validación y comercialización, considerando que su cultivo contribuirá a reducir la desnutrición que aqueja especialmente la niñez, y su cultivo podría masificarse en zonas de la costa y selva.

Según Agronegocios (2013) “el proyecto desarrollado por el Ing. Chepote, ha logrado obtener semillas de moringa de buena calidad. En el primer año se cosechan 1000 kg, en el segundo año 2000 kg y a partir del tercer año a más se cosecha entre 2500 a 3500 kg por Ha respectivamente” Así mismo López y Quiñones (2013) nos informan que en el Perú, en el año 2012, se sembraron aproximadamente 730 Ha, en los diferentes departamentos de Ica, Piura y Lambayeque, como se puede observar en el cuadro 2.

**Cuadro 2:** Semilla de moringa disponible en el Perú 2012.

<b>Lugar de cultivo</b>	<b>Ha (2012)</b>	<b>Ton. (Frescas)</b>	<b>Ton. (Harina)</b>
ICA (Fundo el Arenal Valle de Villacurí)	500	1250	231
PIURA (Wilfredo Rodríguez)	100	250	46
Punto 9 (Moringalife-Dr. Arriola)	120	300	56
Patapo (Agrorural-Bernardino Lalopu).	10	25	5
		1825	338
A exportar (80 por ciento)		1460	270,4

**FUENTE:** López y Quiñones (2013)

## 2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS

Dado que la moringa tiene un elevado potencial para el uso como materia prima para la industria tecnológica de la elaboración de alimentos, resulta importante numerar la composición proximal de la semilla, por lo que en el cuadro 3, se presentan algunos de los componentes que resaltan y son necesarios mencionar.

**Cuadro 3:** Composición nutricional de semillas de moringa.

<b>Análisis proximal</b>	<b>Semillas(Basehúmeda)</b>
Humedad (%)	7,0
Proteínas (%)	35,3
Grasas (%)	40,0
Carbohidratos (%)	13,1
Calcio (mg/100g)	3,4
Potasio (mg/100g)	18,3
Hierro (mg/100g)	7,1
Carotenos (µg/100g)	114,1
Vitamina C (mg/100g)	0,1

**FUENTE:** Alfaro (2008)

## 2.5 TORTAS PROTEICAS

Ríos (2012) indica que el aceite se extrae de semillas oleaginosas por compresión, extracción por disolventes o una combinación de ambos y que como subproducto obtenemos la torta proteica, una que en la actualidad no se está aprovechando oportunamente, pudiéndose incluir nuevos subproductos que formen parte de los hábitos alimenticios de las poblaciones. A continuación, en el cuadro 4, se muestra el análisis proximal que se realizó a tres tipos de torta, moringa, sachá inchi y soya, en donde claramente se puede observar el alto contenido proteico que presentan estos subproductos, por lo cual sería una gran opción incluirlos en productos de consumo masivo.

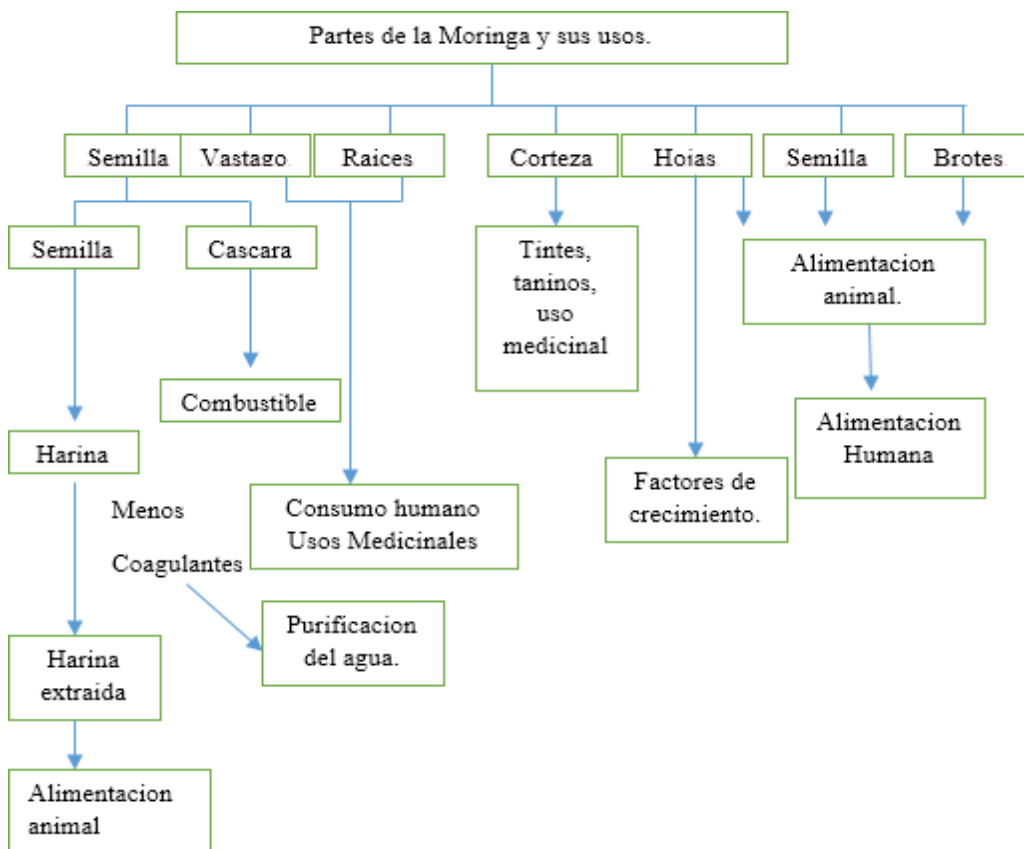
**Cuadro 4:** Análisis químico proximal de la torta de moringa, sachá inchi y de soya.

Componentes %	torta de moringa <sup>a</sup>	torta de sachá Inchi <sup>b</sup>	torta de Soya <sup>c</sup>
Humedad	7.31	11.01	12.00
Proteína	35.7	50.00	47.00
Grasa	25.6	22.89	3.7
Fibra	12.6	2.98	3.5
Ceniza	4.61	4.09	8.00
Carbohidratos	14.18	7.03	27.50

**FUENTE:** a) Bridgemohan y Knights (2010); b) Pascual y Mejía (2012) y c) Ríos (2012).

## 2.6 USOS POTENCIALES DE LA MORINGA

Foidl (2001) indica que las diferentes partes de la planta de la moringa, son utilizadas para uso agrícola e industrial, Además Bruhns *et al.* (2011) menciona que es un alimento completo, así las vainas verdes, se consumen como frijoles, las semillas son consumidas tostadas como un maní y las hojas tiernas son consumidas en sopas y ensaladas Foidl (2001) Así mismo Arias *et al.* (2014) las semillas y las tortas se utilizan como fertilizantes y clarificador de aguas, las hojas como abono, biogás y biopesticidas, etc. A continuación en la Figura 4 se observa posibles usos de la moringa descritas por Foidl (2001)



**Figura 4:** Usos potenciales de la moringa.

**FUENTE:** Foidl (2001)

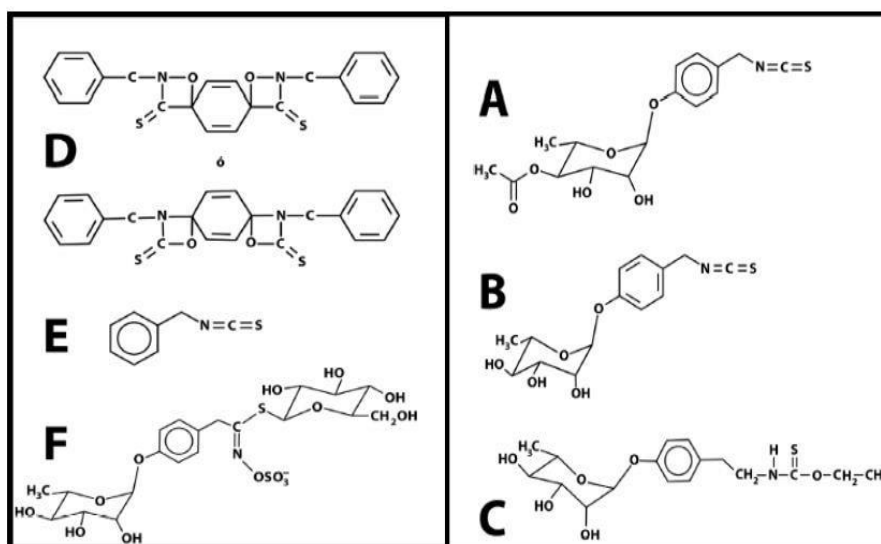
### 2.6.1 USOS MEDICINALES

Existe la práctica en la medicina tradicional de emplear la moringa para tratar tumores (Hartwell, 1995). Por lo tanto, miembros del equipo que llevó a cabo este estudio, investigaron la actividad del 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato y 4- (-L-ramnopiranosiloxi) bencil glucosinolato contra el cáncer. En un estudio de

células cultivadas en el laboratorio, se demostró que el 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato y el compuesto relacionado niacimicina inhiben fuertemente la inducción de los antígenos que se asocian con ciertos tipos de cáncer, estos componentes anticancerígenos lo exponemos en la Figura 5, Murakami *et al.* (1998) Asimismo, la niacimicina también inhibió la producción de tumores en ratones que recibieron dosis de sustancias cancerígenas, mientras el grupo control fue afectado por numerosos tumores Murakami *et al.* (1998).

En otro estudio en ratones Bharali *et al.* (2003) examinaron la prevención de tumores de la piel tras el consumo de extractos de los frutos de la moringa.

Este estudio incluyó controles tanto negativos como positivos y mostró una reducción dramática en papilomas de la piel en el grupo que consumió la moringa. Las prácticas médicas tradicionales han ofrecido indicios desde hace mucho tiempo de que plantas como la moringa podrían desempeñar un papel clave tanto en la prevención del cáncer como en terapias para su tratamiento. A su vez, investigaciones recientes han aislado compuestos bioactivos de extractos de moringa.



**Figura 5:** Estructuras fitoquímicas importantes.

**FUENTE:** Murakami *et al.* (1998)

A, 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato; B, 4-(L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato; C, niacimicina (niazimicin en inglés); D, pterigospermina; E, bencil isotiocianato; F, 4-( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil glucosinolato.

## 2.7 COMPONENTES TOXICOLÓGICOS DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*)

### 2.7.1 TANINOS

Según Freudenberg, los taninos se clasifican atendiendo a su estructura, dependiendo de si la polimerización es entre las moléculas elementales o entre otras, se diferencian: los taninos hidrolizables o pirogálicos, los taninos condensados o pirocatequinas y los florotaninos (Álvarez, y Lock de Ugaz, 1992) los taninos hidrolizables en el cuadro 5 son ésteres de ácidos fenólicos en particular ácido gálico o elágico, y azúcares simples. Son más pequeños que los taninos condensados y son hidrolizados con facilidad en medio ácido diluido. Con respecto a los taninos condensados (a veces también llamados proantocianidinas), son compuestos derivados de unidades de flavan-3,4-dioles unidas entre sí por enlaces C-C en las posiciones 4-8 y 4-6 (Isaza, 2007; Álvarez y Lock de Ugaz, 1992) es común encontrarlos en la madera de las plantas leñosas.

Por último, los florotaninos son polifenoles aislados de varias especies de algas pardas, cuyas estructuras están constituidas por unidades de floroglucinol unidas por enlaces carbono-carbono y carbono-oxígeno y, están caracterizados por su esqueleto de dibenzo-1,4-dioxina (Isaza, 2007).

**Cuadro 5:** Fuente de taninos hidrolizables en diversas plantas.

Familia	Especie	Tipos de taninos
Leguminosae	Caesalpinia sp. Acacia sp.	Galotaninos, elagitaninos
Anacardiaceae	Rhus sp.	Galotaninos, elagitaninos
Fagaceae	Quercus sp. Castanea sp.	Galotaninos, elagitaninos
Combretaceae	Terminalia sp.	Elagitaninos
Myrtaceae	Eucalyptus sp.	Elagitaninos

**FUENTE:** Mueller-Harvey *et al.* (1987)

Hagerman *et al.* (1998) reportan que los taninos son entre 15 a 30 veces más efectivos en captar los radicales libres del tipo peroxil (HOO-) en comparación a los fenólicos que se exponen en el cuadro 6, por lo que diversos autores señalan que los taninos deben ser considerados excelentes antioxidantes biológico.

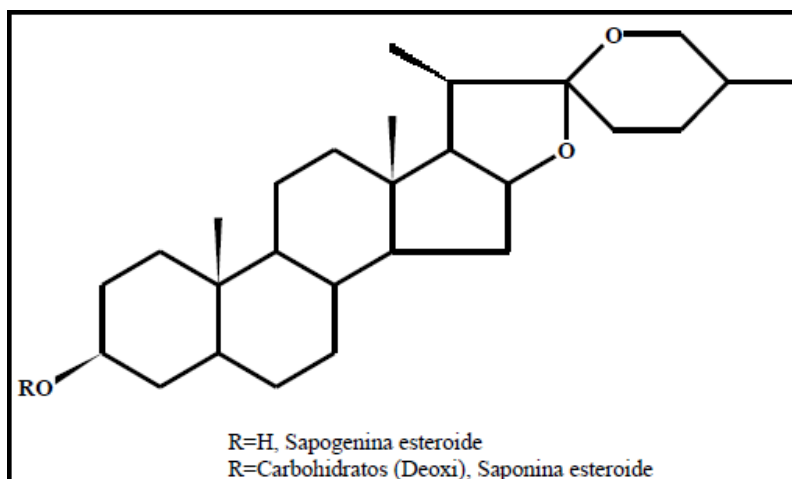
**Cuadro 6:** Clasificación de los compuestos fenólicos.

Numero de átomos de carbono	Estructura básica	Clase	Ejemplos
6	C6	Fenoles simples Benzoquinonas	Catecol, hidroquinona, 2,6- dimetilhidroxiquinona
7	C6-C1	Ácidos fenólicos	Ácido gálico y salicílico
8	C6-C2	Acetofenonas Derivados dela tirosina, Ácidos fenilaceticos	3-Acetyl-6- methoxybenzaldehido Tirosol p- Hidroxifenilacetico
9	C6-C3	Ácidos hidroxicinamicos Fenilpropenos, Cumarinas, Isicumarinas, Cromones.	Ácido cafeico, ácido ferulico, Eugenol, Umbeliferona, aesculetin, Eugenin
10	C6-C4	Naftoquinonas	Juglone, plumbagin
13	C6-C1-C6	Xantonas	Magniferin
14	C6-C2-C6	Estilbenos, Antroquinonas	Resveratrol
15	C6-C3-C6	Flavonoides, Isoflavonoindes	Emodin
18	(C6-C3) 2	Lignanos, Neolignanos	Quercetin, Genistein
30	(C6-C3-C6) 2	Biflavonoides	Pinoresinol
N	(C6-C3)n(C6)n- (C6-C3-C6)n	Ligninas, Taninos	Amentoflavona

**FUENTE:** Harborne (1980)

## 2.7.2 SAPONINAS

Las saponinas son glicósidos esteroides con un núcleo estirostano como se puede observar en la Figura 6, que tienen la propiedad de hemolizar los glóbulos rojos y forman espuma abundante y estable al agitar sus soluciones acuosas



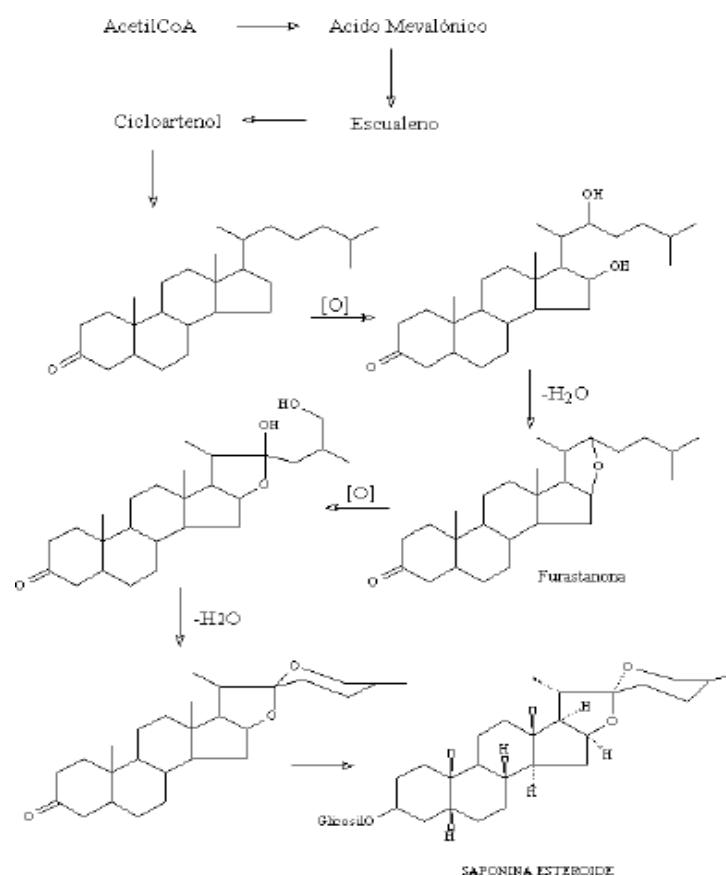
**Figura 6:** Estructura química, saponinas.

**FUENTE:** Hostettman *et al.* (1991)

- **BIOGÉNESIS DESAPONINAS**

La porción esteroide de las saponinas esteroides (también denominada saponina o aglicona esteroide) se origina por la ruta de la acetilCoenzima vía ácido mevalónico y escualeno. La Figura 7 resume esquemáticamente el proceso, una vez formado un precursor esteroide con 27 átomos de carbono (p.ej. colesterol), este es deshidrogenado para originar 3-colestanona. La colestano es hidroxilada en los carbonos 16, 22 y 27. Este intermedio altamente hidroxilado en la cadena lateral puede sufrir una deshidratación entre los hidroxilos 16 y 22, lo que origina 3-furostanona; o puede sufrir además otra deshidratación entre los hidroxilos 22 y 27 restantes, lo que da lugar al anillo estirostano propiamente dicho, la 3-estirostanona puede ser reducida a 3-estirostanol, el cual puede sufrir procesos enzimáticos de glicosilación para originar las saponinas esteroides.





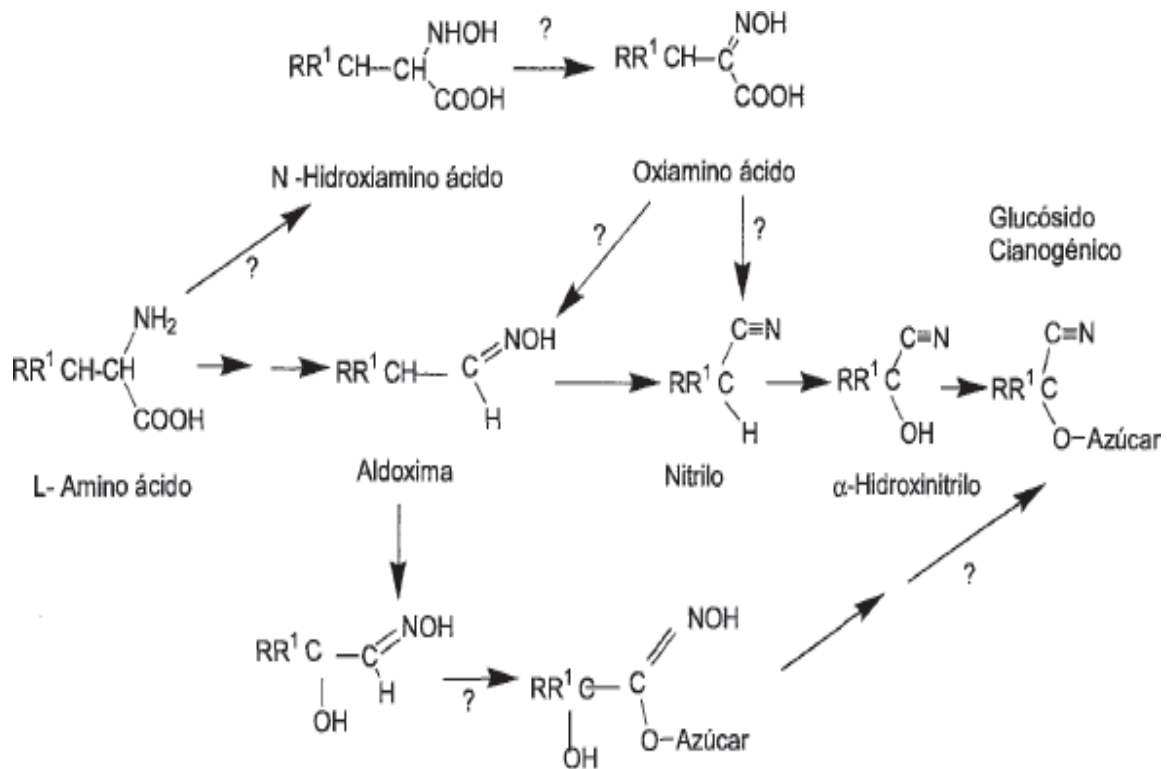
**Figura 7:** Origen biogénico de sapogeninas y saponinas esteroides.

**FUENTE:** Tschesche *et al.* (1978)

### 2.7.3 CIANURO DE HIDRÓGENO

Los glucósidos cianógenos contienen un monosacárido o un disacárido y un hidroxinitrilo aromático, este último es el caso de la amígdalina, tal como ocurre en otras síntesis de compuestos como los glucosinolatos, inicialmente se forma una aldoxima a partir de un aminoácido que a continuación es transformada en un nitrilo, seguido de un  $\alpha$  hidroxinitrilo. Finalmente se obtiene el glucósido cianógeno mediante diferentes etapas, muchas de ellas aún desconocidas, como se señala en la Figura 8, en el caso de la linamarina en la yuca, se parte de un  $\alpha$ -aminoácido que se hidroliza a N-hidroxiaminoácido, aldoxima, y después a nitrilo McFarlane *et al.* (1979).

Este es hidrolizado a  $\alpha$ -hidroxinitrilo para después convertirse en el correspondiente glucósido cianógeno (Tapper y Reay 1973)



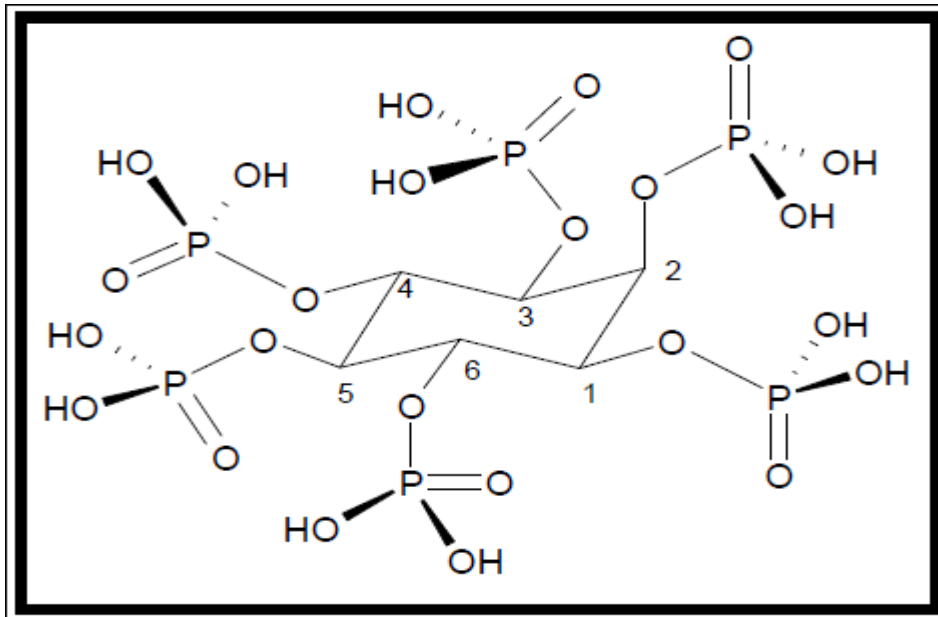
**Figura 8:** Etapas de la biosíntesis de los glucósidos cianogénicos.

**FUENTE:** Eyjolfsson (1969)

#### 2.7.4 ÁCIDO FÍTICO

Fitina, fitato y mio-inositol hexafosfato son términos sinónimos con el que se le conoce al componente cálcico-magnésico de ácido fítico o ácido mio-inositol hexafosfórico Ruiz de Lope *et al.* (1982) designa a un fosfato orgánico definido por la mayoría de los autores como la sal de sal cálcico-magnésica (fitina)

El fitato es mio-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis (dihidrogenofosfato) y fue descubierto en el año 1872 por Pfeffer en semillas de vegetales, no obstante, no fue hasta 1914 cuando Anderson estableció la estructura correcta del fitato Erdman *et al.* (1995) como se puede esquematiza la Figura 9.



**Figura 9:** Estructura del myo-inositol - 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis (dihidrogenfosfato)

**FUENTE:** Erdman *et al.* (1995)

Los fitatos son las sales del ácido fítico, el ácido fítico forma complejos solubles resistentes a la acción del tracto intestinal, disminuyendo la disponibilidad de esos elementos minerales en no-rumiantes, ante la presencia de Ca, reducen la biodisponibilidad del Zn, debido a la conformación de complejos Zn-Ca-fitato (D'Mello, 1995; Liener, 1989) aunque su mayor efecto es la disminución de la biodisponibilidad de minerales, los fitatos también interactúan con residuos básicos de proteínas, participando en la inhibición de enzimas digestivas como la pepsina, pancreatina y  $\alpha$ -amilasa; posiblemente por la quelación de iones Ca de las enzimas o por una interacción con los sustratos de las mismas (Liener; 1989). Sin embargo, la habilidad del ácido fítico de formar complejos coordinados con los minerales disminuye el colesterol y los triglicéridos séricos (Klevay, 1974; Jariwalla *et al.* 1990), la supresión de la oxidación mediada por el hierro y la reducción del riesgo de cáncer de colon Shamsuddin *et al.* (1992) el ácido fítico también se considera un antioxidante natural debido a la inhibición de la formación de radicales libre y peroxidación de lípidos Erdman *et al.* (1995). El ácido fítico se encuentra ampliamente distribuido en el reino vegetal. En la mayoría de las plantas una gran proporción de fósforo (80 por ciento) está presente en forma de fitato Sugiura *et al.* (1999) especialmente en aquellas semillas en las que el ácido fítico se

encuentra en concentraciones elevadas, desde 1 a 7 por ciento Erdman *et al.* (1995) así, en las semillas de cereales, oleaginosas y leguminosas los niveles de ácido fítico son elevados y constituyen el mayor porcentaje (60-82 por ciento) del fósforo total; varias raíces y tubérculos presentan cantidades moderadas de ácido fítico, siendo el fósforo fítico el 21 a 25 por ciento del total, mientras que en verduras las cantidades de ácido fítico encontradas son muy pequeñas Ravindran *et al.* (1994).

En cereales el fósforo fítico constituye el 64-85 por ciento del fósforo total Ravindran *et al.* (1994), los niveles de ácido fítico encontrados en el arroz entero oscilan desde un 0,86-0,99 por ciento, en el trigo (*Triticum aestivum*) se encuentran máximo en 1,13 por ciento, en el maíz (*Zea mays*) el ácido fítico representa de 0,77-0,99 por ciento (Cheryan 1980, Ravindran *et al.* 1994) en el sorgo (*Sorghum migare*) se han encontrado valores de 0,82 a 0,96 por ciento siendo los niveles de ácido fítico mayores en las variedades coloreadas Ravindran *et al.* (1994). En la cebada (*Hordeum vulgare*) y en la avena (*Avena sativa*) los niveles de ácido fítico obtenidos son del 0,99% y 0,77 por ciento, respectivamente Cheryan (1980).

## **2.8 VALOR BIOLÓGICO**

La función primaria de la proteína en la dieta es suministrar al organismo una mezcla de aminoácidos cuyo balance sea apropiado para la síntesis y el mantenimiento de las proteínas de los tejidos. La adecuación relativa de una proteína en cuanto a suplir el patrón de aminoácidos requerido a un organismo dado, es el factor determinante de la magnitud de las respuestas biológicas que se observan, por ello, todos los métodos para valorar la calidad nutricional de las proteínas, están relacionados con la evaluación de la eficiencia relativa de las diferentes proteínas para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales (Bressani 1971) todos los métodos utilizados comúnmente para evaluar la calidad de proteína en animales de experimentación, tratan de medir el cambio de la proteína corporal asociado con la ingesta de una proteína específica, a pesar de que no se ha demostrado que la composición corporal de ratas jóvenes alimentadas por varias dietas en un período limitado de tiempo sea consistente, es seguro que el porcentaje de la proteína corporal no sufre grandes variaciones y por tanto, los cambios significativos en el peso total generalmente reflejan los cambios en la proteína corporal. La razón agua proteína en el cuerpo es probablemente una medida más constante que la proteína corporal expresada como porcentaje del peso corporal, estimaciones de la proteína, del

del agua y del peso corporales, pueden por lo general considerarse como medidas de los mismos cambios, y pueden usarse más o menos alternadamente, aunque existen argumentos sobre la validez o utilidad de estas tres mediciones (Pellet, 1980),

No debe confundirse el valor biológico y el valor nutritivo de la proteína, el primero evalúa únicamente la cantidad de aminoácidos esenciales disponibles; el segundo concepto es la aplicación de los resultados del primero, y sirve para evaluar la capacidad de la proteína de inducir cambios en el estado nutricional, el valor nutritivo es el mismo, o muy similar para diferentes especies de animales, así como para el hombre (Bressani 1971). El resultado obtenido en los métodos de análisis biológico sólo depende de los aminoácidos limitantes y no suministra información de acerca de otros aminoácidos esenciales y no esenciales de la proteína (Pellet, P. 1980)

Para asegurarse que el consumo de proteína es menor que las necesidades diarias, se utilizan dietas que contengan un 10 por ciento de la proteína en términos de peso seco. En estas condiciones las proteínas de la dieta son utilizadas al máximo para el crecimiento (Potter, 1998).

### **2.8.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PROTEÍNA: ENSAYOS DE VALOR BIOLÓGICO Y PDCAAS**

El valor biológico de una proteína depende fundamentalmente de su composición en aminoácidos indispensables, conocida ésta es posible predecir, dentro de ciertas limitaciones, su comportamiento en el organismo; para ello solo es necesario contar con un adecuado patrón de comparación, el problema fundamental para seleccionar un patrón reside en el hecho de que el valor biológico de una proteína no es constante, sino que depende de una serie de variables entre las que se encuentran la especie, edad, y el estado fisiológico OPS (1991) El primer patrón utilizado fue la proteína del huevo, su uso ha sido muy criticado ya que su composición en aminoácidos no es constante y el contenido de algunos aminoácidos es excesivo, por esta última razón la mayor parte de las proteínas alimenticias aparecen como deficitarias cuando se las compara con este patrón en una proporción mayor que la detectada por los métodos biológicos, además, no siempre es posible identificar correctamente al aminoácido limitante FAO/WHO (1989).

Posteriormente, varios Comités de Expertos de la FAO han propuesto distintos patrones

en los años 1956, 1965, 1970, 1973. La última propuesta de este Organismo es la realizada en 1985, que se basó en los trabajos experimentales de corta y larga duración que evaluó la cantidad de nitrógeno necesario para producir un balance de nitrógeno en equilibrio OMS (1985)

No obstante, en los últimos años los estudios acerca de las necesidades de aminoácidos se han basado en métodos que evalúan el metabolismo de los mismos, tales como el método de oxidación directa del aminoácido, que consiste en marcar con C al aminoácido en estudio y luego cuantificar la producción de CO<sub>2</sub> en el aire expirado, que es un indicador de la oxidación irreversible del aminoácido y por lo tanto señala las pérdidas obligatorias del mismo Millward, *et al.* (1992) en la última revisión de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, las necesidades estimadas de aminoácidos se basaron en estudios que midieron la utilización metabólica de los aminoácidos. Los valores propuestos resultan superiores a los anteriormente sugeridos por la FAO, de esta manera la Academia Nacional de Ciencias propone un nuevo patrón de aminoácidos para niños mayores de 1 año y adultos, el que puede tomarse referencia para calcular la dosis inocua de proteínas ingeridas y para evaluar la calidad de las proteínas alimenticias (Olivares, *et al.* 1989), (National research Council 1989-1991) en esta evaluación de la calidad de una proteína alimenticia, se deben considerar dos factores: su contenido en aminoácidos indispensables y su digestibilidad.

El valor biológico de una proteína depende de la composición de aminoácidos y de las proporciones entre ellos y es máximo cuando estas proporciones son las necesarias para satisfacer las demandas de nitrógeno para el crecimiento, la síntesis, y reparación tisular, el valor biológico se halla además condicionado por las diferentes velocidades de recambio de aminoácidos en los distintos tejidos, y por consiguiente es una constante que está influenciado por la especie, la edad y el estado fisiológico del individuo (OPS 1991) el otro factor que condiciona la utilización de las proteínas alimenticias, modificándolas en forma variable es la digestibilidad, la digestibilidad será igual a 100 cuando el nitrógeno ingerido sea totalmente absorbido, el contenido en nitrógeno en las

heces representa la cantidad no absorbida, es decir la proporción de proteínas que por sus características físicas o propiedades químicas resistieron el ataque de las enzimas proteolíticas, parte de estas pérdidas fecales representan las pérdidas obligatorias de

nitrógeno que proviene de las secreciones endógenas Millward *et al.* (1992).

En la actualidad el método sugerido para evaluar la calidad proteica es la calificación del cómputo químico o score de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (protein digestibility corrected amino acid score) o PDCAAS.

Este método fue propuesto en 1991 por la FAO y ha reemplazado al PER como la norma para calcular el porcentaje del valor diario de proteína en el rotulado de los alimentos para adultos y niños mayores de un año de edad, para cumplir con los requerimientos proteicos más rigurosos, el PDCAAS compara el perfil de aminoácidos de una proteína en estudio con las necesidades del niño mayor a un año que representan los requerimientos más exigentes de los diferentes grupos etarios a excepción de los lactantes que se comparan con la leche humana, el PDCAAS más alto que puede recibir una proteína es 1.0 las calificaciones por encima de 1.0 se nivelan pues todos los aminoácidos en exceso no son utilizados para síntesis de tejidos, sino que son desaminados y oxidados para ser utilizados en el metabolismo energético o almacenados como tejido adiposo.

El PDCAAS se calcula multiplicando el valor correspondiente al score por el valor correspondiente a la digestibilidad (Nacional research Council 1989- 1991) los datos disponibles de score en su mayoría se basan en la comparación con la proteína del huevo y resultan por lo tanto inferiores a los calculados según el patrón de aminoácidos esenciales propuesto por la FAO en 1985 y por la Academia Nacional de Ciencias en 2002.

A continuación, en el cuadro 7 podemos apreciar los mg de aminoácidos esenciales por gramo de proteína de la moringa en comparación con otros alimentos.

**Cuadro 7:** Cómputo de aminoácidos provenientes de distintos alimentos en comparación patrón FAO, mg de aminoácido/gramo de proteína.

Aminoácido esencial	Patrón FAO 2-5 años	moringa	trigo	frejol	soya
Histidina	19	22.84	23.41	28.55	32.88
Isoleucina	28	3.76	23.81	31.39	45.71
Leucina	66	61.93	81.48	78.28	81.34
Lisina	58	34.38	25.87	94.36	82.69
Metionina+Cisteina	25	20.15	18.12	19.95	18.65
Fenilalanina+Tirosina	63	73.75	92.85	113.08	96.99
Treonina	34	101.69	24.67	47.72	51.34
Triptófano	11	9.67	-----	-----	-----
Valina	35	38.69	27.89	40.81	48.16

**FUENTE:** Vieira *et al.* (2006)

Seguidamente para el cuadro 8, se comparan el score de aminoácidos de moringa, trigo, frejol, soya y sus respectivos PDCAAS.

**Cuadro 8:** Score de aminoácidos y PDCAAS de moringa y de otros alimentos.

Aminoácido esencial	moringa	trigo	frejol	soya
Histidina	1.20	1.23	1.50	1.73
Isoleucina	0.13*	0.85	1.12	1.63
Leucina	0.94	1.23	1.19	1.23
Lisina	0.59	0.45*	1.63	1.43
Metionina+Cisteina	0.81	0.72	0.80*	0.75*
Fenilalanina+Tirosina	1.17	1.47	1.79	1.54
Treonina	2.99	0.73	1.40	1.51
Triptófano	0.88	nd	nd	nd
Valina	1.11	0.80	1.17	1.38
<b>PDCAAS</b>	<b>0.118</b>	<b>0.402</b>	<b>0.629</b>	<b>0.538</b>

**FUENTE:** Vieira *et al.* (2006)

nd:no determinado, \*Aminoácido limitante, digestibilidad de la moringa 91, digestibilidad del trigo 89.44, digestibilidad del frejol, 78.7, digestibilidad de la soya 71.76. PDCAAS= Score x Digestibilidad del AA limitante.



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN**

La presente investigación se llevó en los siguientes centros:

- Laboratorio Grasas y Aceites de la facultad de industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Los ensayos biológicos se realizaron en el bioterio del laboratorio de Evaluaciones Biológicas de la UNLAM.
- Laboratorio de Química.
- Laboratorio La Molina Calidad Total Laboratorios.

#### **3.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.2.1 MATERIALES**

###### **a. MATERIA PRIMA.**

Para la investigación se empleó torta de semilla de moringa (*Moringa Oleífera*) en estado fresco proporcionado por la empresa de FUNDO ESCONDIDO S.A.C. Ubicado en el departamento de Ica.

###### **b. REACTIVOS**

- Ácido gálico (Sigma Aldrich)
- Ácido sulfúrico (Fermont).
- Ácido clorhídrico (J.T. Baker).
- Ácido ortofosforico (Fermont)
- Etanol absoluto (J.T Baker)

- Reactivo de Folin ciocalteu 1N (Sigma Aldrich)
- Hidróxido de sodio (Sigma Aldrich)
- Metanol (J.T. Baker)
- Ioduro de potasio (Sigma-Aldrich)
- Butanol (Sigma)
- Cloruro ferrico pentahidratado (Sigma-Aldrich)
- Vainillina (Merck)
- Nitrato de plata, grado reactivo (Merck)
- Éter de petróleo, (Sigma-Aldrich)
- Éter di-etílico (Sigma-Aldrich)
- Tiocianato de amonio (Sigma-Aldrich)
- Butanol (Fermont)
- Vainillina (Sigma-Aldrich)
- Sulfato de cobre (Sigma-Aldrich)
- Verde bromocresol (Sigma-Aldrich)
- Ácido bórico (Sigma-Aldrich)
- Dietil etoximetilenemalonato
- Acetato de sodio (Sigma-Chemical)
- Acetonitrilo (Sigma-Aldrich)

**c. MATERIALES**

- Bagueta
- Beakers de 100, 250 500 y 1000 ml.
- Bureta de 25 ml.
- Embudo de 100 y 200 ml
- Erlenmeyer de 100 y 250 ml
- Papel filtro Whatman # 42
- Pipetas de 1,5 y 10ml.
- Pipetas volumétricas de 10 ml.
- Probetas de 100,500 y 1000ml.
- Tamices.

- Termómetro de -10 hasta 150 °C
- Micropipetas 10-100µL, 20-200µL, 100-1000µL
- Fiola 100,200ml.
- Y otros materiales necesarios para el análisis.
- Para el ensayo de valor biológico se utilizaron 18 ratas macho, raza Holtzman recién destetadas de 25 días de nacidas, provenientes de distintas madres o camadas con un peso promedio de 56.3 g.

#### **d. EQUIPOS**

- Expeller IBG MONOFORTS OEKOTEC GMBH & CO KG.
- Estufa (ESCOM OFA-170-8)
- Centrífuga (EPPENDORF, Modelo 5415 C. USA)
- Espectrofotómetros Genesys 20 y Genesys 10 UV (Thermo)
- Agitador Vortex (VELP científica, Modelo F202A0175. Europa)
- Balanza Digital (SARTORIUS, Modelo CP 1245. USA)
- Espectrofotometro (SPECTRONICS, Modelo Génesys 20)
- Mufla (SXHIMAGEN)
- Potenciómetro (WTW, Modelo Inolab. USA)
- Cocina eléctrica (TEBA)
- HPLC Hitachi, modelo: Chromaster con detectores AD y FL

#### **e. OTROS**

- Papel aluminio.
- Magnetos.
- Parafilm “M” (Laboratory Film)
- Tubos de centrifuga de 10 ml (Falcon)
- Cronómetro (Noki) Y gradillas.

### **3.2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS**

Se tomaron cuatro muestras distintas de torta de moringa (*Moringa oleífera*) procedentes de una extracción con prensa y expeler pre tratado con enzima y sin enzima.

## A) ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA

La torta de semilla de moringa, fue sometida a los siguientes análisis.

- **Humedad**

La determinación de la humedad, se realizó de acuerdo al método AOAC (2012). Se fundamenta en la pérdida de agua hasta peso constante.

- **Cenizas.**

La muestra se incineró a 550°C en una mufla, se puso en un crisol y por diferencia de peso se calculó el porcentaje de cenizas en 100 gramos de muestra (AOAC, 1990).

- **Determinación de proteínas totales.**

La determinación de la proteína cruda, se realizó de acuerdo al método AOAC (2012) La muestra es digerida con ácido sulfúrico empleando sulfato de cobre pentahidratado como catalizador y sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición, para liberar el nitrógeno a partir de la proteína y retener el nitrógeno como sal de amonio. Se agregó hidróxido de sodio al cincuenta por ciento para liberar el amoniaco, el cual es destilado y recogido en una solución de ácido bórico para luego ser titulado, para transformarlo en porcentaje de proteína bruta se multiplica el porcentaje de nitrógeno obtenido por 6,25.

- **Grasa cruda.**

La determinación de grasa cruda, se realizó de acuerdo al método AOAC (2012) la grasa se extrajo de la muestra seca con la ayuda de solventes orgánicos, para lo cual se utilizó el equipo de extracción Soxhlet.

- **Fibra cruda.**

El análisis de fibras se realizó de acuerdo con el método de la AOAC (2012) se hizo por triplicado para cada unidad experimental y los resultados fueron reportados en porcentaje de cada 100 gramos de extracto de moringa. Se realizó dos digestiones en 5 g de muestra con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.

$$Fibra\ total\ (\%) = \frac{residuo\ insoluble(g) - proteina\ (g) - cenizas\ (g)}{muestra\ (g) \times 100}$$

- **Carbohidratos.**

Se determinó por la diferencia, después de haber completado los análisis de humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza. Collazos (1993).

- **Análisis de aminoácidos.**

Las muestras, 1 gramo de harina desgrasada de moringa se hidrolizó con 4 ml de HCl 6N, las soluciones se incubaron en atmósfera de nitrógeno durante 24h a 100°C. Los aminoácidos se determinaron mediante hidrólisis ácida, tras derivatización con dietil etoximetilenmalonato, mediante HPLC de acuerdo con el método de Analytical Biochemistry 136, 65-74 1984, LMCTL-006F-2001, usando el ácido D,L-a-aminobutírico como estándar interno.

Las pérdidas de aminoácidos sensibles a la hidrólisis acida se consideraron para una cuantificación precisa, el equipo de HPLC consistirá en un Hitachi, modelo: Chromaster con detectores AD y FL, La separación se realizó con una columna de fase reversa 300 x 3.9 mm I.D. (Novapack Ci8, 4j, Waters) se utilizó un sistema de gradiente binario, los solventes usados fueron (A) 25 mM acetato de sodio con 0.02 por ciento acida sódica (pH 6) y (B) acetonitrilo, los solventes se inyectaron en la columna con un flujo de 0.9 ml/min de la siguiente forma: tiempo 0-3, min, gradiente lineal de A:B (91:9) a A:B (86:14); 3-13 min, elución con A:B (86:14); 13-30 min, gradiente lineal de A:B (86:14) a A:B (69:31); 30-35 min, elución con A:B (69:31). La columna se mantuvo a 18° C con un controlador de temperatura.

## **B) ANÁLISIS TOXICOLÓGICO DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA**

- **DETERMINACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS.**

La determinación de taninos condensados consistió en utilizar 1 gramo de harina de moringa a la cual se le añadió 10 mL de metanol, se dejó en agitación continua durante 24 horas en un matraz de 50 mL, protegiendo la muestra de la luz, después se centrifugo a 5000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente recolectando los sobrenadantes en frascos color ámbar (Bagepallis *et al.* 1982)

La cuantificación de taninos condensados se realizó de acuerdo al método de la Vainillina descrito por (Deshpande & Cheyran 1987)

Este método se basa en la condensación de la vainillina con la proantocianidina en solución acida, la vainillina protonada, un radical electrofílico débil, reacciona con el anillo flavón en la posición 6 u 8 del polímero de tanino condensado, del sobrenadante obtenido se tomaron 50 µl y se colocaron en los pozos de la microplaca, en seguida se adicionaron 200 µl de la solución vainillina 0.5 por ciento (vainillina 1% en metanol y HCL 8 por ciento en metanol una relación de 1:1). Para ajuste, se preparó un blanco al cual se le adicionaron 50 µl de sobrenadante y 200 µl de HCL al 4 por ciento, la reacción se desarrolló a 30°C por 20 min, la lectura se realizó en un espectrofotómetro a 492 nm, la concentración se obtuvo mediante curva estándar de (+)- catequina equivalente (mayor a 0.2 mg/mL) los taninos condensados son expresados como mg de (+)- catequina equivalente /g de muestra.

- **DETERMINACIÓN DE CIANURO DE HIDRÓGENO.**

Se utilizó el método de la AOAC (1980) Se tomaron 10 gramos de harina de moringa y se agregó a una fiola que contenía 200 mL de agua destilada y 10 cm<sup>3</sup> de ácido ortofosforico, la mezcla se dejó reposar 12 horas para liberar el ácido cianhídrico contenido por la moringa, luego esta mezcla fue destilada hasta que se obtuvo 150 mL el destilado fue recolectado.

Luego 20 mL de ese destilado se vertió en un matraz cónico (erlenmeyer) que tuvo 40 mL de agua destilada, 8 mL de hidróxido de amonio y 2 mL al 5 por ciento de ioduro de potasio, la mezcla fue titulado con 0.02 mol de nitrato de plata hasta que se obtuvo una leve pero permanente turbidez azul. 1 ml de gasto de AgNO<sub>3</sub>=0.54 mg de HCN.

- **DETERMINACIÓN DE FITATO (MÉTODO INDIRECTO)**

Se mezclaron 4 gramos de muestra de harina de moringa fueron introducidos en 10 mL ácido clorhídrico al 2 por ciento por 5 horas y después fue filtrado, 25 mL de ese filtrado fue puesto en un erlenmeyer en seguida 5 mL de tiocianato de amonio al 0.3 por ciento. La mezcla se tituló con una solución de cloruro férrico estándar hasta un color amarillo-marrón persistente por más de 5 min. Precipita a fitato-férrico (método de Reddy *et al.* 1999) el fitato forma un complejo insoluble con el FeCl<sub>3</sub> en solución acida, al precipitar el complejo fitato-férrico la relación Fe:P 4:6, así las oleaginosas y leguminosas los niveles de AF son elevados y constituyen el mayor porcentaje (60-82% del total (Ravindran *et al.* 1994)

- **DETERMINACIÓN DE SAPONINAS.**

Se determinó por el método de Hudson *et al.* (1979) 10 gramos de muestra se mezclaron con 100 mL de etanol al 20% en un vaso de precipitado y se agito con agitador magnético durante 12 horas a 55°C, la solución fue filtrada usando papel Whatman No1. El residuo fue re-extraído con 200 cm<sup>3</sup> de 20 por ciento de etanol, los extractos fueron mezclados y se redujeron alrededor de 40 cm<sup>3</sup> bajo vacío.

Para ello se al extracto se le adiciono 20 mL de eter dietílico se vertieron en un embudo de separación (pera) y se sacudió vigorosamente, la capa acuosa fue separada el proceso de purificación continuo hasta que se obtuvo un extracto acuoso incoloro, después se evaporo hasta sequedad en la estufa para dar con la saponina que fue expresado como porcentaje.

### **C) ANÁLISIS BIOLÓGICO DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA**

- **VALOR BIOLÓGICO**

Se procedió a realizar el valor biológico de la torta de moringa procedente de la extracción con prensa y expeler.

Procedimiento según Mitchel (1923) reportado en el informe de la consulta “Programa Cybertesis PERÚ – Derechos son del Autor”.

La determinación biológica de la calidad proteica de la harina de fue realizada según los expertos FAO/OMS, 1985 adaptado por el Laboratorio Evaluaciones Biológicas de la UNALM. La duración del ensayo fue de 10 días, 4 días de acostumbramiento a la jaula para eliminar cualquier residuo de comidas anteriores, y 6 días de evaluación de la dieta experimental. Se utilizaron tres grupos de seis ratas machos raza Holtzman recién destetadas de 25 días de nacidas de distintas camadas y con pesos homogéneos.

Las ratas fueron instaladas en jaulas metabólicas individuales de aluminio, con sus respectivos comederos y bebederos. Donde se ofreció a un grupo la dieta experimental con harina de moringa tratada con sales, al otro grupo se le ofreció una dieta experimental con harina de moringa tratada con etanol y al tercer grupo se le ofreció una dieta experimental con harina sin tratamiento.

Finalizado el periodo de acostumbramiento, se procedió a acondicionar las jaulas metabólicas con sus respectivos embudos colectores de heces y tubos de ensayo para la recolección de la orina, a estos tubos se agregó cuatro gotas de tolueno con el fin de conservar el nitrógeno urinario, así mismo; se colocaron hojas debajo de cada jaula para poder cuantificar el desperdicio de alimento que se deposite sobre las hojas, finalmente se suministró la dieta experimental, durante los seis días de evaluación se anotó el peso de cada rata, el peso de la ración servida, el residuo y el desperdicio, y se cuantificó la orina y las heces, estas últimas fueron almacenadas con 100mg de thimol, producto usado para conservar el nitrógeno de las mismas, después de los seis días de evaluación, se determinó la cantidad de nitrógeno en las heces y orina, mediante los métodos de la AOAC 1990.

- **DIGESTIBILIDAD DE NITRÓGENO VERDADERO**

Debido a que no todo el nitrógeno presente en las heces es proveniente de la dieta, sino que parte es proveniente de la microflora (bacterias) del tracto digestivo, de enzimas y otros compuestos proteicos de recambio y de las enzimas utilizadas en la digestión es necesario considerar el nitrógeno que es metabólico (de recambio en el organismo). Este se calculó considerando el grupo con una dieta libre de nitrógeno que se señala en el cuadro 9, junto a las otras 3 dietas utilizadas en la investigación, ya que el nitrógeno fecal de los animales que consumen dieta libre de nitrógeno, representa el nitrógeno metabólico, este dato se empleó en el cálculo del porcentaje de digestibilidad nitrógeno verdadero (Pellet, P.1980).

**Cuadro 9:** Composición de las dietas para pruebas biológicas (g/100 g dieta)

Insumo	dieta (SAL)	dieta (ET)	dieta (T)	dieta (APR)
Sales Minerales	4	4	4	4
Vitaminas	5	5	5	5
Grasa Vegetal	---	8.2	4.8	7.52
Almidón de Maíz	35.3	41	29	48.48
Fibra	2.22	3.6	3.1	5.00
Moringa	31.48	16.2	22.7	---
Azúcar	22.00	22.00	31.4	30
Proteína	10	10	10	---



## **D) ANÁLISIS SENSORIAL DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA**

Se hicieron 3 tipos de galletas con 5 por ciento de harina de Moringa, la primera proveniente del tratamiento de moringa experimental (testigo) la segunda y tercera proveniente del tratamiento de desamargado (solución salina, etanol) y un grupo de galleta con 5 por ciento de harina de soya, se reclutó 40 personas entre personal administrativo y alumnos de la UNALM, se les informó sobre los detalles del método mediante una charla de una hora antes de la ejecución de la prueba. Se solicitó que probaran y mencionaran las características de amargor y sabor extraño de la muestra testigo, a continuación que se enjuagaran con agua para anular el estímulo, seguidamente se les pidió probar las muestras de galletas con tortas del tratamiento, se realizaron pruebas hedónicas (Escala hedónica) y de diferencia (Comparación múltiple)

### **MÉTODOS ANALÍTICOS**

Este tipo de test proporciona la información más completa sobre los caracteres sensoriales de la muestra, mide efectos de cada una de las características de calidad sobre la complejidad del total, los test analíticos usan paneles con jueces altamente entrenados, cuando se trabaja una sola muestra se usa bastante más tiempo que para evaluar diferencias, esta es la razón por la cual se usan para pocas muestras y se eliminan previamente las que son claramente inferiores.

En el test que analiza el sabor, incluyen la naturaleza de la diferencia de los diferentes sabores que pueden tener los productos en estudio, así tenemos el sabor extraño y el sabor amargo Witting *et al.* (1981).

Se hizo una ficha técnica dirigida a cuarenta personas entre universitarios y personal administrativo de la UNALM (Figura 10) se les pidió a cada uno de los jueces que evaluaran el amargor y el sabor extraño de estas muestras, comparadas al testigo que fue la galleta hecha con harina de moringa sin tratamiento, así mismo se les pidió que si encontrarán diferencia en amargor y en sabor extraño indicaran cuál fue la intensidad de esa diferencia, a continuación se les presentó la ficha (Figura 11) de escala hedónica para resaltar el grado de satisfacción que producían cada muestra en los jueces.

## FICHA ANÁLISIS SENSORIAL

NOMBRE

FECHA

Usted está recibiendo 04 muestras de galletas para ser comparadas respecto al SABOR AMARGO Y SABOR EXTRAÑO, que puedan poseer. Las MUESTRAS CODIFICADAS deben ser comparadas con la MUESTRA DE REFERENCIA (R) Por favor, evalúe cuidadosamente y determine si la intensidad del SABOR AMARGO, el SABOR EXTRAÑO es MENOR, IGUAL O MAYOR que la muestra R. En seguida califique el tamaño de la diferencia. Entre la evaluación de cada muestra debe enjuagarse la boca con agua y esperar 30-40 segundos antes de evaluar la siguiente muestra.

### FASE DE COMPARACIÓN

	CÓDIGO DE LA MUESTRA		
COMPARACIÓN (AMARGOR)	530	820	140
Mayor que R			
Igual que R			
Menor que R			

### FASE DE CLASIFICACIÓN

	CÓDIGO DE LA MUESTRA		
INTENSIDAD DE LA REFERENCIA	530	820	140
Ninguna			
Pequeña			
Moderada			
Grande			
Extrema			

### FASE DE COMPARACIÓN

	CÓDIGO DE LA MUESTRA		
COMPARACIÓN (Sabor extraño)	530	820	140
Mayor que R			
Igual que R			
Menor que R			

### FASE DE CLASIFICACIÓN

	CÓDIGO DE LA MUESTRA		
INTENSIDAD DE LA REFERENCIA	530	820	140
Ninguna			
Pequeña			
Moderada			
Grande			
Extrema			

**Figura 10:** Ficha análisis sensorial, por comparación múltiple para sabor amargo y sabor extraño.

## FICHA ANÁLISIS SENSORIAL (ESCALA HEDÓNICA)

Código: 530 (soya)  
820 (solución salina)  
140 (etanol)  
Testigo (torta sin tratamiento)

ESCALA ESTRUCTURADA (SATISFACCIÓN)	
PUNTUACIÓN	DESCRIPCIÓN
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta levemente

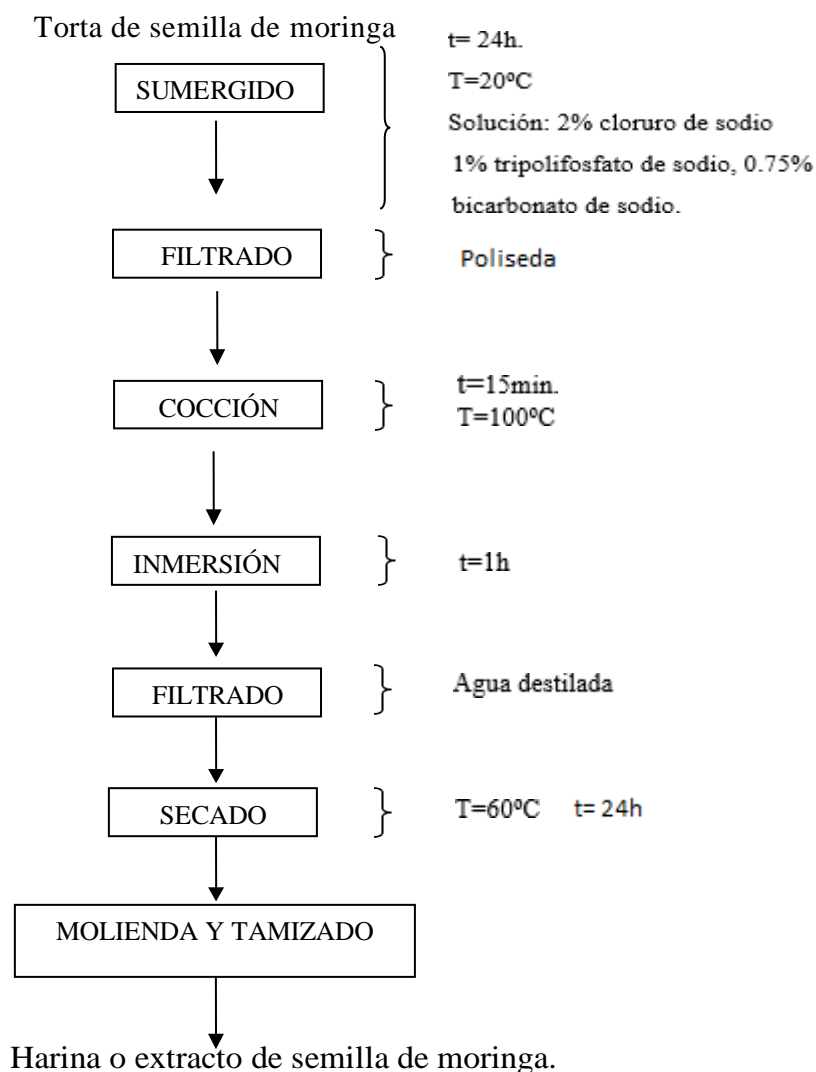
**Figura 11:** Ficha de análisis sensorial, escala hedónica.

### 3.3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.3.1 TRATAMIENTO DE DESAMARGADO CON SOLUCIÓN SALINA

El tratamiento de la torta de semilla moringa con etanol se realizó según el método de Kailasapathy *et al.* (2006) Se preparó solvente conteniendo 2 por ciento cloruro de sodio, 0.75 por ciento tripolifosfato de sodio y 0.25 por ciento de bicarbonato de sodio.

Luego la muestra se dejó reposando con agua en una proporción de agua/materia prima 3/1 durante 24 horas, luego de las 24 horas se coció por 15 minutos a 100°C, posteriormente se procedió a sumergir con agua caliente durante una hora, se enfrió y se filtró en papel Whatman, luego se pasó a secar en la estufa hasta obtener humedad menor al 5 por ciento, como último paso se molió y se tamizó a 200 micras, ver Figura 12.



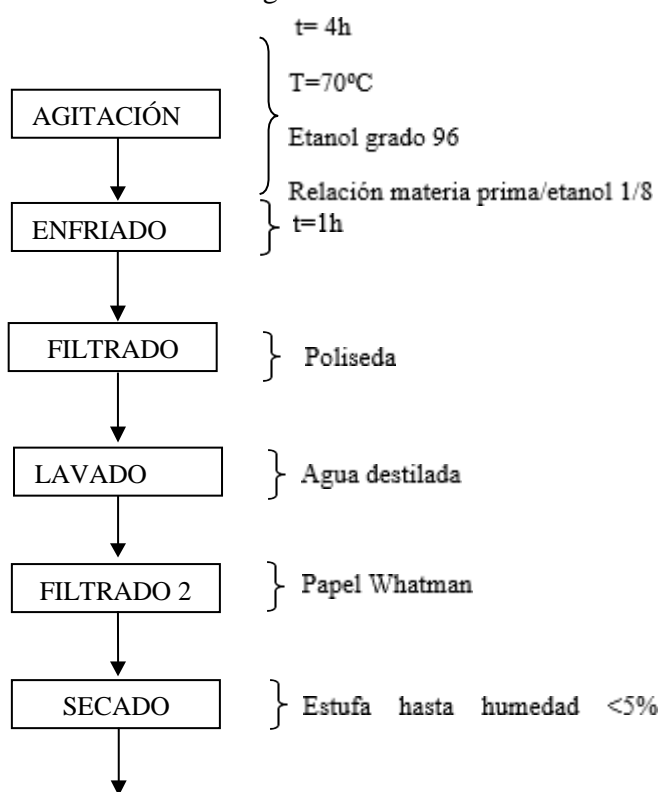
**Figura 12:** Flujograma de desamargado con solución salina

### 3.3.2 TRATAMIENTO DE DESAMARGADO CON ETANOL

El tratamiento de la torta de semilla moringa con etanol se realizó según el método de Cano *et al.* (2002) La muestra de semilla de torta de moringa se acondicionó con etanol al 96 por ciento con agitación continua durante 4 horas a 70°C en una proporción de etanol/materia prima 8/1.

-Luego de las 4 horas se procedió a enfriar durante 1 hora para luego filtrar, posteriormente se procedió a lavar con agua destilada para eliminar rastros de etanol, se filtró con papel Whatman y se procedió a secar en la estufa hasta obtener humedad menor 5 por ciento (Figura 13), una vez procesado el producto, se tomó una pequeña muestra para análisis de aminograma y análisis proximal.

### Torta de semilla de moringa



Harina o extracto de semilla de moringa.

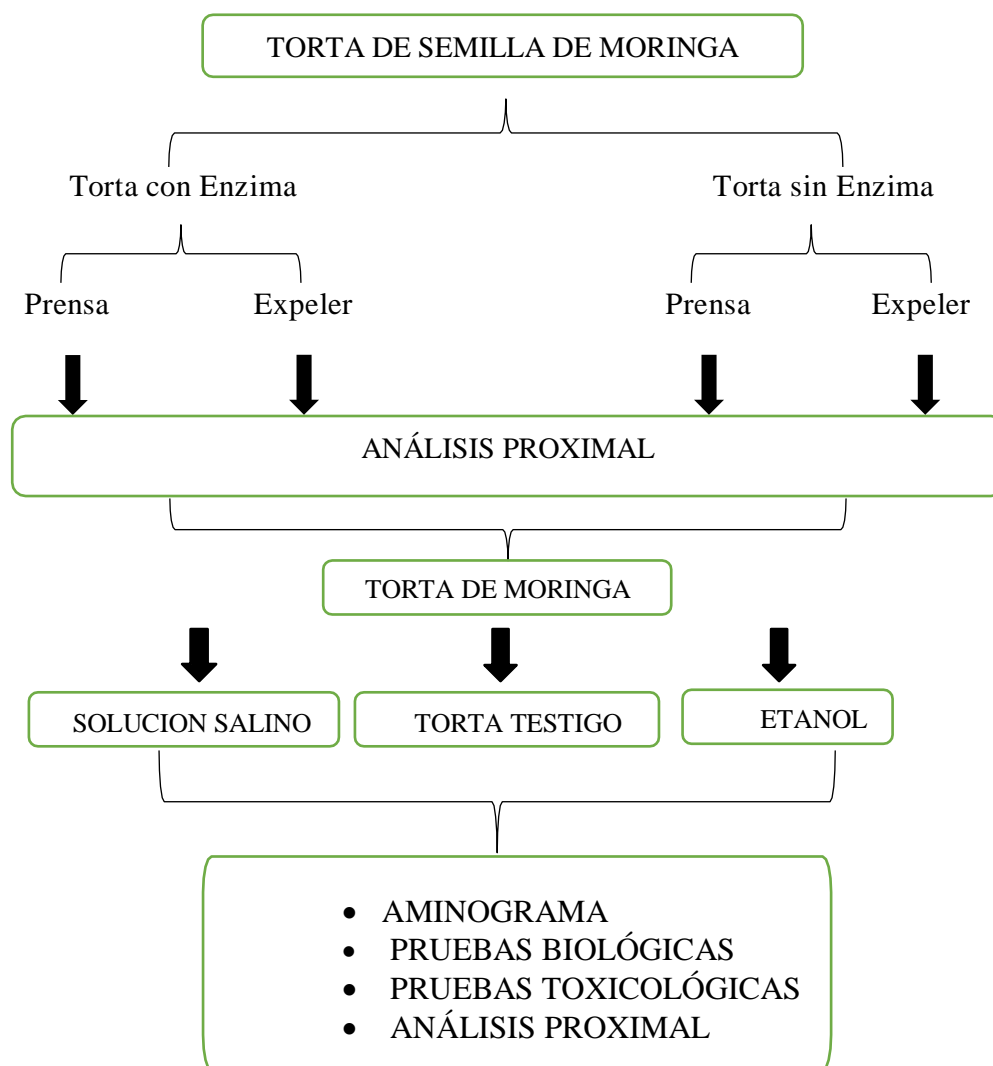
**Figura 13:** Flujograma de desamargado con etanol

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), los resultados fueron evaluados utilizando Excel y el software SPSS 2010, y para ver cuál tratamiento es diferente del otro, se usó la prueba estadística Tukey.

En el primer diseño experimental se analizó el efecto de los equipos, prensa y expeler con contenido enzimático y sin contenido enzimático, en la caracterización química de la torta de moringa, utilizándose un arreglo factorial de 2 x 2. Como factores: tipo de equipo y presencia de enzima, siendo la variable respuesta la concentración de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad, seguidamente en el diseño experimental se analizó el efecto de distintos métodos de desamargado en la torta de semilla de moringa, (con solución salina, con etanol, y un control sin tratamiento) a cada uno de las muestras desamargadas y de la muestra sin tratamiento se realizó pruebas biológicas que constaron de valor biológico, pruebas sensoriales que constaron de pruebas hedónicas

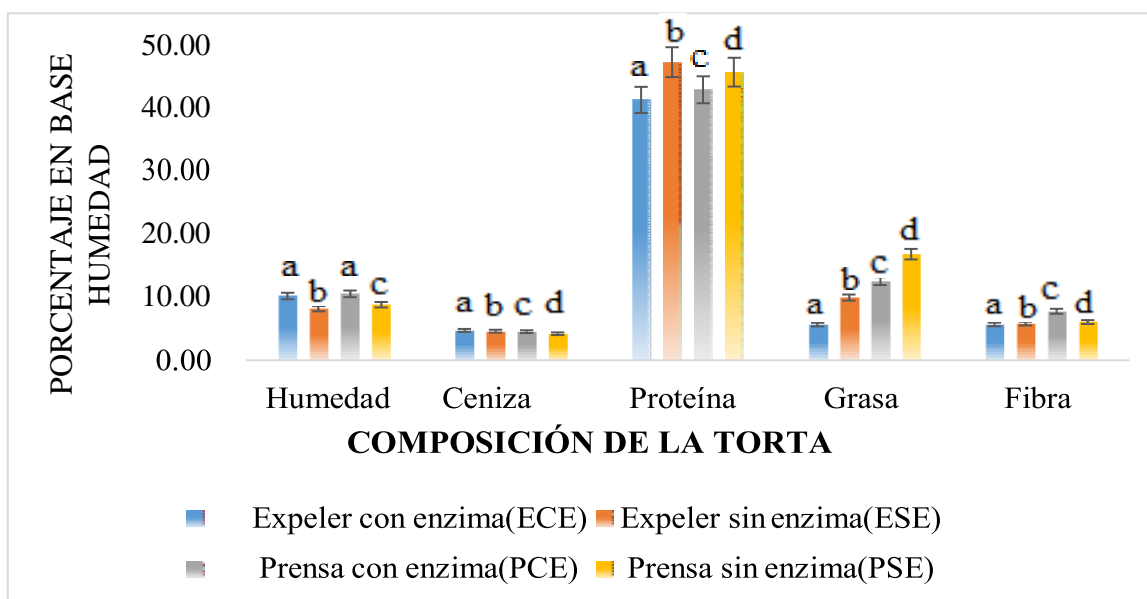
y métodos analíticos, pruebas toxicológicas que constaron de análisis de fitatos, saponina, tanino, y cianuro de hidrógeno, realizándose en las pruebas toxicológicas por triplicado. En la Figura 14 observamos el diseño experimental de la investigación, para las tortas con diversos tratamientos.



**Figura 14:** Diseño experimental de la investigación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TORTA DE SEMILLA DE MORINGA



**Figura 15:** Análisis proximal de torta de semilla: prensa-expeler con y sin tratamiento enzimático (n=3), letras iguales indica que no existe diferencias significativas, letras diferentes indica que todos los tratamientos son distintos.

En la Figura 15, y con más detalle en los anexos 1, 2, 3, 4 y 5 muestran los resultados, para humedad ECE, ESE, PCE y PSE es de 10.16 por ciento, 8.16 por ciento, 10.55 por ciento, y 9.78 por ciento respectivamente, las causas o razones de la diferencia son debido a que cuando el sustrato se une a la enzima puede hacerlo por medio de enlaces de interacción débiles tales como: Puentes de hidrógeno o electrostáticas (Badui, 2006). De acuerdo al trabajo realizado por Portillo (2012), que no indica el tipo de extracción realizado, este indica haber encontrado 4.12 por ciento de humedad, mientras Abdulkarim *et al.* (2005) obtuvo 7.9 por ciento. El ANVA con ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) proporciona suficiente evidencia estadística para afirmar que al menos uno de los tratamientos es distinto, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  por ciento) indica que los tratamientos ECE y PCE son iguales, con lo

observado en la Figura 16 cenizas en ECE, ESE, PCE y PSE fueron como se detalla a continuación 4.72 por ciento, 4.57 por ciento, 4.50 por ciento y 4.20 por ciento respectivamente,

Portillo (2012) indica 4.09% por ciento, mientras que Abdulkarim *et al.* (2005) reportaron 6.5 por ciento. El ANVA con ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) proporciona evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se hayo diferencia significativa entre todos los tratamientos excepto entre los tratamientos ESE y PCE donde no hubo diferencia significativa ( $\alpha=5$  y 1 por ciento)

Para proteínas con los tratamientos, ECE, ESE, PCE y PSE indican resultados de: 41.22 por ciento, 47.19 por ciento, 42.80 por ciento y 45.60 por ciento respectivamente, se entiende que cuando las enzimas actúan sobre el enlace peptídico, lo rompen y liberan el grupo amino y el grupo carboxilo según la siguiente ecuación:  $P-CO-NH-P+H_2O \rightarrow P-COOH+P-NH_2$ , dependiendo el pH del proceso de hidrólisis, lo cual podría explicar la ligeramente menor concentración de proteína en las muestras tratadas con enzimas, Guadix (2000).

Portillo (2012) indica 53.2 por ciento para proteínas, Amaglo *et al.* (2010) indican un contenido promedio de 35.7 por ciento, de la misma manera Rodríguez *et al.* (2008) indican 60.3 por ciento, mientras que Abdulkarim *et al.* (2005) indican 38.30 por ciento. El ANVA con ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) indica evidencia para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  por ciento y 1 por ciento) hubo diferencia significativa entre todos los tratamientos. Los resultados para las grasas con los tratamientos ECE, ESE, PCE y PSE fueron: 5.64 por ciento, 9.9 por ciento, 12.51 por ciento y 16.8 por ciento respectivamente, Portillo (2012) indica 26.9 por ciento para el porcentaje de grasas en la torta de moringa, en otras investigaciones el efecto de un preparado enzimático producido por *Aspergillus fumigatus* NCIM 902 fue evaluado sobre la extracción de aceite de soya, Agrawal *et al.* (1997). En condiciones óptimas, el



contenido de aceite de soya extraíble (24.9% en base seca) y el porcentaje de recuperación del aceite de soya (99 por ciento), después de extraer con hexano durante 16 horas las hojuelas no tratadas enzimáticamente, donde el máximo contenido de aceite extraíble fue de 22.9 por ciento y el porcentaje de aceite recuperado fue de 82.2 por ciento después de someter por 27 h a extracción con hexano las hojuelas no hidrolizadas. Los autores concluyeron que la hidrólisis enzimática de las hojuelas de soya no sólo provocó un incremento en el contenido de aceite extraído; sino que aumentó la velocidad de extracción del aceite, de tal manera que el tiempo de extracción del aceite de soya se redujo hasta un 44.4 por ciento, en otra investigación sobre la extracción acuosa enzimática de aceite que fue realizada por Sarker *et al.* (1999). Ellos evaluaron el efecto de una enzima cruda obtenida de *Aspergillus fumigatus* NCIM 902, con actividad mixta principalmente celulasa, hemicelulasa, quitinasa, xilanas, pectinasa y proteasa; sobre el rendimiento en la extracción de aceite a partir de las semillas de ajonjolí, de cacahuate y de girasol, el porcentaje de aceite extraído se incrementó con el tratamiento enzimático de las semillas oleaginosas y dependió de las condiciones de predigestión, los niveles de porcentaje de aceite extraído fueron de 51.4 a 56.7 por ciento para el aceite de ajonjolí, de 51.0 a 53.2 por ciento en el caso del aceite de cacahuate y de 55.3 a 57.1 por ciento para el aceite de las semillas de girasol, que correspondió a un incremento en el rendimiento de aceite extraído de 0.2 a 5.5 por ciento en ajonjolí, de 1.1 a 3.3 por ciento en cacahuate y de 0.4 a 2.2 por ciento en las semillas de girasol comparando con su tratamiento testigo (muestras no hidrolizadas).

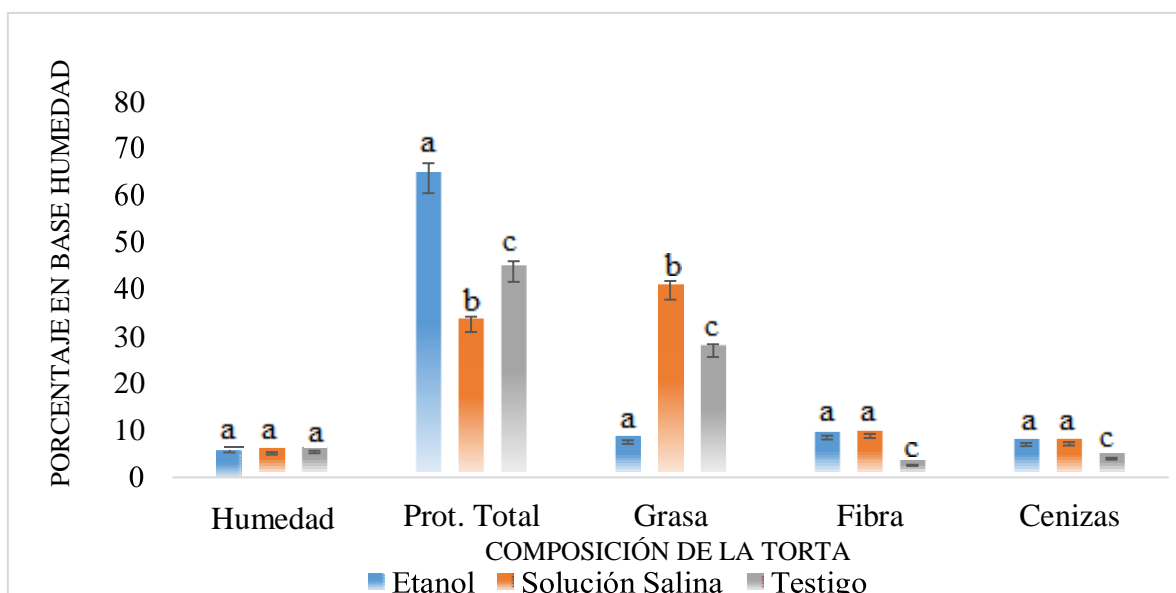
El efecto benéfico de la predigestión enzimática de las semillas sobre la extracción del aceite fue atribuido a la mezcla de actividades enzimáticas presentes en la enzima, principalmente a la acción de las carbohidrasas y de las proteasas, por un lado, las carbohidrasas degradan los polisacáridos que constituyen la pared celular de los vegetales y los lipopolisacáridos y de esta forma facilitan la extracción y la recuperación del aceite, por otro lado, las proteasas actuaron sobre las moléculas de lipoproteínas degradándolas a moléculas simples, de tal manera que se libera el aceite extra, ya que queda más accesible el aceite para su extracción, según los autores una consecuencia importante de la predigestión enzimática de las semillas oleaginosas fue la reducción de la rancidez del aceite, debido a que durante la extracción enzimática puede liberarse

compuestos antioxidantes a través de la membrana semipermeable, los cuales impiden la oxidación del aceite, Amaglo *et al.* (2010) proponen un contenido promedio de 31.2 por ciento para grasas, Rodríguez *et al.* (2008) indica 35.9 por ciento, mientras que Abdulkarim *et al.* (2005) 30.8 por ciento. El ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) indica suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) indica que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos.

Los resultados para fibra ECE, ESE, PCE y PSE: 5.66 por ciento, 5.80 por ciento, 7.76 por ciento y 6.05 por ciento respectivamente, Abdulkarim *et al.* (2005) indican 4.5 por ciento para fibra. ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) proporciona suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) podemos afirmar que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos.

## 4.2 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO CON SOLUCIÓN SALINA Y ETANOL.

### 4.2.1 EN ANÁLISIS PROXIMAL



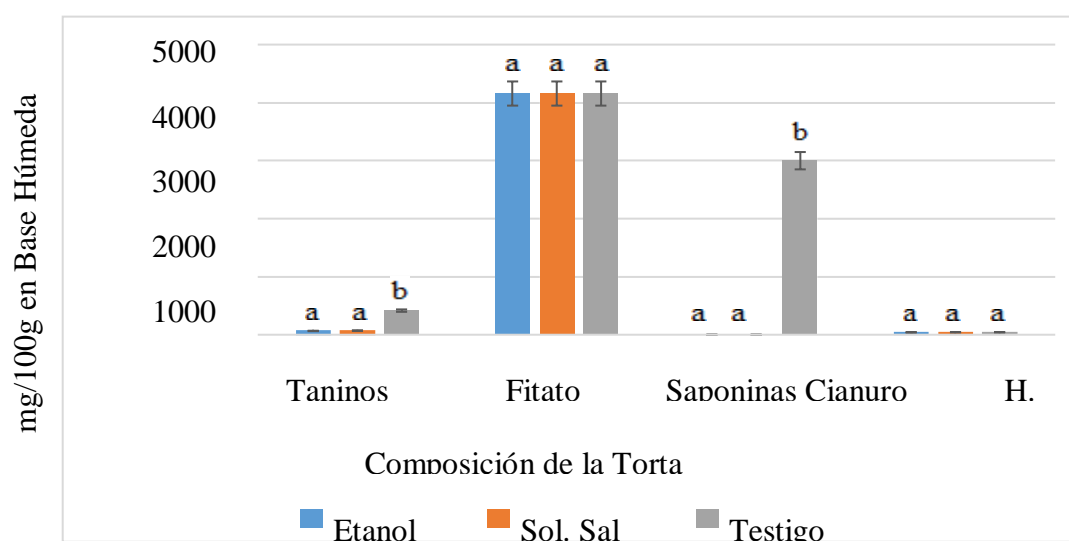
**Figura 16:** Análisis proximal, etanol, salina, testigo, letras iguales indica que no existe diferencias significativas, letras diferentes indica que todos los tratamientos son distintos.

Como se puede apreciar en la Figura 16 y en los Anexos 6, 7, 8, 9 y 10 y 11 con mayor detalle, el promedio de humedad registrado para la harina de torta de moringa tratada con solución salina fue de 5.59 por ciento, para la muestra con etanol fue de 5.11 y para la muestra sin tratamiento fue de 5.39 por ciento, el ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia para afirmar que no existe diferencia significativa en los tratamientos, Bridgemohan *et al.* (2010) hallaron 7.31 por ciento para humedad en la moringa, García *et al.* (2013) encontró 7.7 por ciento de humedad para la torta de moringa, que es ligeramente superior lo encontrado en esta investigación. El contenido de proteínas para la muestra tratada con solución salina fue de 32.57 por ciento, mientras que para las muestras tratadas con etanol y sin tratamiento fue de 63.69 y 43.82 por ciento respectivamente.

El contenido de proteínas en la muestra con solución salina es muy similar a lo que reportaron por Bridgemohan *et al.* (2010) que fue de 31.57 por ciento, el ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) nos dice que al menos un tratamiento es diferente, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) indica que todos los tratamientos son diferentes entre si, el porcentaje de proteína para S.S fue muy inferior a lo reportado con la torta tratada con etanol, debido principalmente a una precipitación salina de las proteínas, debido a que cierta cantidad de proteína cambia solubilidad cuando está en solución con sales, y tiende a precipitar debido a un incremento de las interacciones hidrofóbicas entre ellos mientras que el contenido de proteínas en la muestra con etanol fue de 63.69 por ciento, en este caso el grupo hidroxilo (OH) del etanol favorece la formación de puentes de hidrógeno con aceptores o dadores de electrones, de cabezas polares de las membranas fosfolipídicas, Chapman (1969) este resultado es similar al reportado por García *et al.* (2013), quienes encontraron 60.3 por ciento, el contenido de grasa en la de torta de moringa con S.S fue de 39.82 por ciento, para la muestra tratada con etanol fue de 5.94 por ciento y para la muestra testigo fue de 26.99 por ciento, el ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) indica que al menos un tratamiento es diferente, mientras que la prueba de comparaciones múltiples Tukey indica que todos los tratamientos difieren entre sí, los lípidos son compuestos insolubles en agua pero solubles en solventes como el etanol, alcohol, cloroformo etc. son moléculas apolares, sin carga eléctrica, Chapman (1969), debido a esta razón la muestra tratada con solución salina ha conservado una concentración alta de grasas en su composición, la muestra tratada con etanol indica una concentración de 5.94 por ciento de grasas, debido a la misma razón

anterior, que las grasas son muy solubles en solventes orgánicos tales como el que se utilizó en este experimento, el etanol grado reactivo al 96 por ciento, mientras que en la muestra de harina sin tratamiento fue de 27 por ciento, Bridgemohan *et al.* (2010) reportan 25.6 por ciento similar a la muestra sin tratamiento, García *et al.* (2013), reportaron 1.03 por ciento. La fibra cruda indica 8.79 por ciento para la muestra tratada con solución salina, 7.69 por ciento para la muestra tratada con etanol y 2.54 por ciento para la muestra sin tratamiento, el ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) demuestra que al menos un tratamiento es diferente, y en las pruebas de comparaciones múltiples Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) S.S y etanol son iguales, y la muestra testigo es diferente al etanol y S.S. Las diferencias significativas entre las muestras tratadas con solución salina y las muestras tratadas con etanol respecto al testigo se deben a la pérdida de grasas en la solución etanol y a la pérdida de proteínas en la muestra trata con solución salina, lo que reportaron Bridgemohan *et al.* (2010) fue de 6.5 por ciento. El contenido de cenizas es de 7.11 por ciento para la muestra con solución salina, para la muestra tratada con etanol fue de 6.95 por ciento, y de 3.96 por ciento para la muestra sin tratamiento, el ANVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) indica que al menos un tratamiento es diferente, mientras que las pruebas de comparaciones múltiples Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) demuestran que los tratamientos con S.S y etanol son iguales y ambos son diferentes respecto al testigo, Bridgemohan *et al.* (2010) indicaron para cenizas 4.6 por ciento.

#### 4.2.2 EN PERFIL TOXICOLÓGICO



**Figura17.** Análisis toxicológico, solución salina, etanol y testigo, letras iguales indica que no existe diferencias significativas, letras diferentes indica que todos los tratamientos son distintos.

En la Figura 17 y Anexos 11, 12, 13, 14 observamos que la torta tratada con etanol el contenido de taninos fue de 66.3 mg/100 gramos de muestra, habiendo disminución del 84.1 por ciento después del tratamiento, en la muestra tratada con solución salina se obtuvo 72.6 mg/100gramos de taninos y 416 mg/100 de taninos para la muestra testigo, Ambos tratamientos tuvieron éxito sobre la extracción de taninos de la torta de moringa, los factores que pueden afectar a la extracción son los siguientes, pH, la adición de un reactivo formador de pares iónicos o la adición de sales neutras a la fase acuosa para reducir la solubilidad del analito Cela *et al.* (2002) Técnicas de extracción sólido-líquido y líquido-líquido, basados en la polaridad, son comúnmente usados para remover sustancias de interferencia (azúcares, ácidos orgánicos, etc.) o fenólicos no deseados. La solubilidad de los compuestos taninos está determinada por el tipo de solvente (polaridad), grado de polimerización de los taninos, el metanol, etanol, acetona, agua, acetato de etilo, son los solventes frecuentemente usados para la extracción de estos compuestos; con menos frecuencia se usan propanol, dimetilformamida y sus combinaciones, Antolovich *et al.* (2000).

Analizando los resultados de taninos condensados con la prueba estadística Análisis de varianza ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) nos indica que los tratamientos SS y OH no son diferentes, Bagepallis *et al.* (1982) encuentran 2.10 por ciento de taninos, y Anhwange *et al.* (2004) encontraron 2.13 por ciento. El contenido de fitatos que demuestra la Figura 17 es de 4,1 por ciento para todas las muestras tanto OH, SS y la muestra testigo, no se demostró diferencia estadística, los fitatos no fue removido por el tratamiento con S.S ni con el etanol, Ajibola *et al.* (2004) indica 10.18 por ciento de fitatos por /100g de muestra de moringa, y Ferreyros (2008) encontró 4,00 por ciento para fitato, el ácido fítico es el principal antinutriente presente en los cereales. Se sabe que se halla presente a altas concentraciones en granos de cereales y en legumbres (1-2 por ciento), y puede inhibir de forma significativa la absorción de minerales mediante la formación de complejos insolubles con minerales de interés nutricional, como el hierro, el calcio y el zinc debido a que esta quelando con un mineral se vuelve altamente insoluble en solución salina, así como en solventes orgánicos como el etanol. Hurrell *et al.* (1992) Saponinas no fue detectado en la torta con etanol y tampoco fue detectado en la muestra tratado con solución salina lo que podría indicar

que ambos tratamientos fueron efectivos en la remoción de este antinutriente, las saponinas que son una gran familia de compuestos, pero generalmente se las une por su formación de espuma. Químicamente no pertenecen a un mismo tipo de compuesto, según la estructura de la sapogenina se dividen en saponinas esteroidales y saponinas triterpénicas, ambas presentan un enlace heterosídico en el C-3, Velázquez *et al.* (2016) encontró 5 por ciento para saponinas en hojas secas de moringa, Ajibola *et al.* (2004) cuantificaron para saponinas 2.25 por ciento, lo cual también demuestra el alto porcentaje de este glucósido en alto porcentaje en hojas y semillas en otras investigaciones, las saponinas poseen elevado peso molecular, y su aislamiento en estado puro ofrece ciertas dificultades. Son solubles en agua, etanol y metanol diluidos y en caliente, se pueden localizar en cualquier órgano de la planta, raíz, hojas, semillas, corteza, etc. Graham *et al.* (2003) Se determinó cianuro de hidrógeno para las 3 muestras una cantidad de 40.2 mg/100 g de moringa, la estructura general de un glucósido cianógeno es un azúcar D - $\beta$ - glucosa, unido por enlace O- $\beta$ -glucosido a una aglicona, en algunos casos, entre los que se cuenta la amigdalina un segundo azúcar se une al C6 de la glucosa mediante un enlace O -  $\beta$ -glucosídico. Este enlace estabiliza al grupo nitrilo cuando es hidrolizado por  $\beta$ -glucosidasa. El glucósido resultante puede ser  $\alpha$  o  $\beta$ , dependiendo de la enzima específico que catalice la reacción, Belitz *et al.* (1988) debido a esta razón es que el cianuro forma fuertes enlaces glucósidos lo que evita que migre al solvente orgánico como es el etanol y el agua a pesar de ser solubles en ambos cuando se haya en estado puro. ANOVA ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se encontró que todos los tratamientos son iguales. Esto nos indica que los tratamientos con etanol y con solución salina no removieron las concentraciones de cianuro en las muestras, seguidamente se presenta en el cuadro 10, los resultados de valor biológico (VB) y digestibilidad para las tres muestras de torta de semilla de moringa.

### 4.2.3 VALOR BIOLÓGICO

En el cuadro 10 se presentan los resultados de los tres distintos tipos de torta de moringa, la primera muestra no fue sometido a tratamiento indicando 20.6 de valor biológico, Carbajal (2013) indica 73 para la soya, 60 para la papa, 65 para el trigo entero, FAO/WHO (1973) indica un valor biológico para grano de trigo de 65, 73 para grano de arroz, y 73 para grano de soya, continuando con los resultados del valor biológico, para la torta de moringa tratada con solución salina fue de 24.3, investigaciones previas realizadas con harina de castaña con valor biológico 65.23, para caseína con valor

biológico 89.09, Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (2004) a pesar que esta torta fue tratada con distintos tipos de sales para desamargado, en este caso hubo interacción entre las sales y las proteínas, los aminoácidos forman enlaces con las sales debido a las reacciones tanto del grupo carboxilo como del grupo amino, Fessenden *et al.* (1998), cuando se les adiciona bases o ácidos respectivamente disminuyendo el valor biológico a pesar de eliminar casi totalmente el desamargado, la moringa desamargada con etanol obtuvo el valor biológico de 56.9 siendo en esta investigación el más alto valor obtenido.

**Cuadro 10:** Digestibilidad (Dv) y valor biológico (VB) de torta con solución salina, etanol y testigo.

<b>semilla</b>	<b>valor biológico</b>	<b>digestibilidad (Dv)</b>
<b>(<i>Moringa oleífera</i>) sin TTo</b>	20.6	91
<b>(<i>Moringa oleífera</i>) (Solución Salina)</b>	24.3	73.26
<b>(<i>Moringa oleífera</i>) (Etanol)</b>	56.9	86.08

Se encontró con 91 de Digestibilidad verdadera para moringa sin tratamiento, para la torta de moringa tratada con sales es de 73.26 y finalmente para moringa tratada con etanol indica el valor de 86.08.

#### **4.2.4 EN PDCAAS (PUNTAJE DE AMINOÁCIDOS CORREGIDO POR DIGESTIBILIDAD PROTEICA)**

El score de una proteína refleja su contenido en aminoácidos en comparación con la proteína ideal. Sin embargo, cuando se necesita conocer la utilización de los aminoácidos en el organismo es necesario realizar la corrección del valor de score según la digestibilidad proteica (PDCAAS) El score de una proteína refleja su contenido en aminoácidos en comparación con la proteína ideal, sin embargo, cuando se necesita conocer la utilización de los aminoácidos en el organismo es necesario realizar la corrección del valor de score según digestibilidad proteica (PDCAAS) OPS 1997. El cuadro 11 y los Anexo 15, 16 y 17 indica el score x digestibilidad de las tres muestras de torta de moringa, el aminoácido triptófano fue el más elevado llegando a un score de

1 en las tres muestras, la isoleucina fue el aminoácido limitante para las tres muestras (PDCAAS) con 0.042 para (OH) 0.018 para el tratamiento con (SS) y 0.13 para la muestra sin tratamiento o la muestra testigo. Suárez *et al.* (2006) indica 0.27 de PDCAAS para isoleucina en la uva verde, para la almendra un PDCAAS de 0.42 para el aminoácido lisina, para harina de arvejas un PDCAAS de 0.43 para el aminoácido histidina, la harina de trigo PDCAAS de 0.47 con el aminoácido lisina, en las lentejas 0.63 para los aminoácidos azufrados FAO/WHO (1989) En el tratamiento con etanol, S.S, y testigo el aminoácido con más alto score x digestibilidad fue el triptófano, con score de 1.

**Cuadro 11:** Puntaje de Aminoácidos corregidos por digestibilidad de los tratamientos, cuadro comparativo

Aminoácido	AA Referencia mg/g/proteína	Score x digestibilidad (Etanol)	Score x digestibilidad (Sol. Salina)	Score x digestibilidad (Testigo)
Histidina	19	0.48	0.12	1
Isoleucina	28	<b>0.042</b>	<b>0.018</b>	<b>0.13</b>
Leucina	66	0.46	0.17	1
Lisina	58	0.17	0.07	0.61
*Metionina+Cisteína	25	0.24	0.04	0.73
*Fenilalanina+Tirosina	63	0.79	0.18	1
Treonina	34	1	0.46	1
Triptófano	11	1	0.99	1
Valina	35	0.49	0.13	1

Score= mg de aminoácidos de proteína en estudio/mg de aminoácidos en proteína patrón

Digestibilidad: Etanol=86.08, Solución salina: 73.26, Testigo= 91

PDCAAS: Etanol= 0.042 Solución salina= 0.018 Testigo (sin tratamiento) = 0.13

Aminoácido limitante: isoleucina.

\*metionina y fenilalanina son precursores de cisteína y tirosina respectivamente.

El aminoácido fenilalanina arrojó resultados de score-digestibilidad de 0.79 para la muestra (OH) 0.18 para la muestra (SS) y 1 para la muestra sin tratamiento o testigo, Suárez *et al.* (2006) indica un score-digestibilidad de 0.74 testigo, para fenilalanina en arvejas.

El aminoácido treonina score-digestibilidad de 1 para la muestra testigo, para la muestra tratada con solución salina obtuvo score-digestibilidad de 0.46, para la muestra tratada con etanol un score-digestibilidad de 1. El aminoácido triptófano obtuvo un score-digestibilidad de 1 en la muestra de moringa tratada con etanol, 0.46 de score-digestibilidad para la muestra tratada con solución salina y 1 para la muestra sin tratamiento. El aminoácido valina para la muestra sin tratamiento, para la muestra con

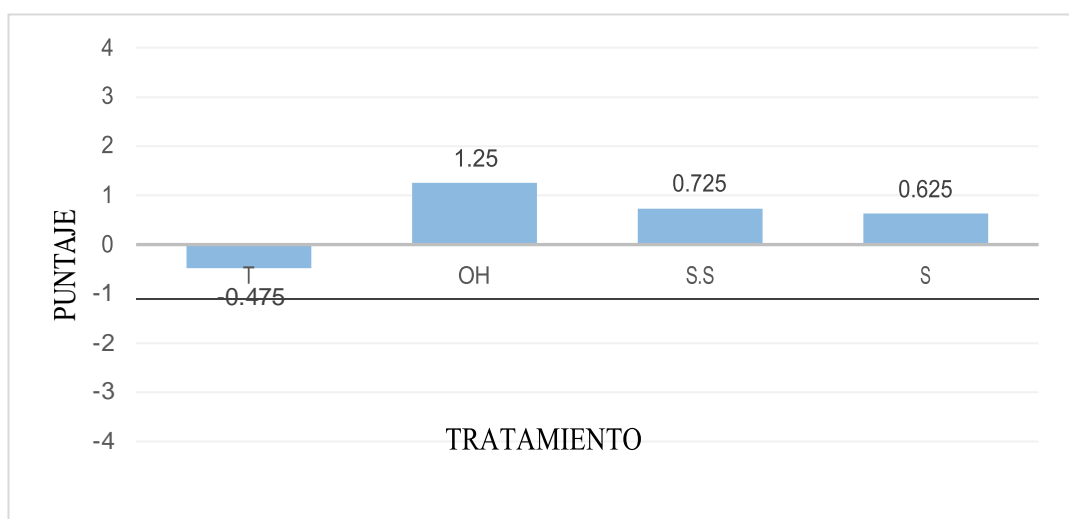


solución salina, y la muestra tratada con etanol fueron: 1, 0.13, y 0.49 de score-digestibilidad respectivamente.

#### 4.2.5 EN EL ANÁLISIS SENSORIAL

En esta parte de la investigación se realizó las pruebas sensoriales para evaluar si existen diferencias de preferencia (escala hedónica) de sabor amargo y de sabor extraño, y/o de la intensidad de la diferencia del sabor amargo y extraño en los tratamientos: etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo (soya) en la Figura 18 se puede apreciar la escala hedónica con los 3 tratamientos versus el testigo, realizado en los ambientes de la UNALM a 40 jueces.

##### A) PRUEBA HEDÓNICA



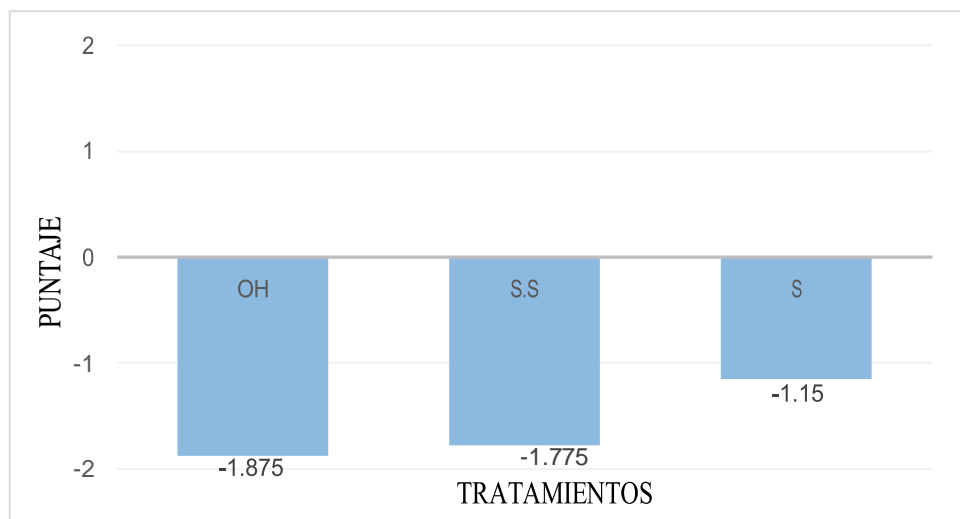
**Figura 18:** Escala hedónica para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo. T= testigo, OH=etanol, S.S=solución salina, S=soya, el numero -0.475 indica menor grado de satisfacción, mientras que el número 1.25 indica el mayor grado de satisfacción.

Analizando los resultados para la escala hedónica con ANVA analizando al 95por ciento existe diferencia significativa entre los tratamientos.

## B) PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE

### COMPARACIÓN DE MUESTRAS EN SABOR AMARGO.

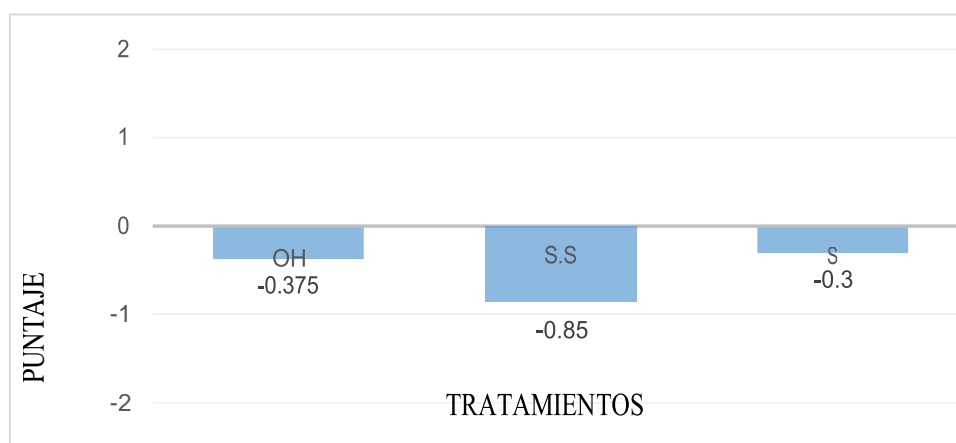
En el test de sabor amargo se les pidió a las personas que describieran la intensidad de la diferencia respecto a la prueba testigo, los resultados fueron los siguientes: la muestra tratada con etanol (OH) obtuvo menor amargor comparado al referente (Testigo) con un puntaje total de -1.875, para la muestra tratada con solución salina el puntaje obtenido fue de -1.775 la muestra con soya obtuvo menor amargor en comparación al referente (Testigo) con un puntaje de -1.15. Tal y como observamos en la Figura 18.



**Figura 19:** Comparación de amargor e intensidad para los tratamientos de etanol, solución salina, soya con la prueba testigo, OH=etanol, S.S = solución salina, S = soya.

### C) COMPARACIÓN DE MUESTRAS EN SABOR EXTRAÑO.

En el test de sabor extraño se le indicó a los jueces indicar la intensidad de la diferencia respecto a la muestra testigo, el puntaje -0.3 indica menos sabor extraño en comparación al testigo, una mayor diferencia de sabor extraño es la muestra (solución salina) con 0.85, es decir que tiene menos sabor extraño que el testigo o referente, en la figura 19 siguiente se aprecian las puntuaciones y resultados de la prueba múltiple para amargor.



**Figura 20:** Comparación de sabor extraño e intensidad para los tratamientos de etanol, solución salina, soya con la prueba testigo.

#### 4.2.6 EFECTO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS.

En el siguiente cuadro 12 se presenta los resultados del perfil aminograma de las 3 muestras, testigo, solución salina y etanol.

**Cuadro 12:** Aminograma: torta de moringa, salina, etanol y testigo.

ENSAYOS	etanol (mg/g/proteína)	solución Salina (mg/g/proteína)	sin tratamiento (mg/g/proteína)
Acido Aspártico	24.57 ± 0.47 a	6.29 ± 0.21 b	50.90 ± 3.86 c
Acido Glutámico	109.07 ± 2.52 a	33.98 ± 0.4 b	246.77 ± 19.41 c
Serina	14.76 ± 0.25 a	4.87 ± 0.02 b	31.30 ± 2.55 c
Glicina	24.82 ± 1.73 a	7.31 ± 0.21 b	58.57 ± 5.08 c
Histidina *	10.24 ± 0.01 a	3.08 ± 0.01 b	22.84 ± 1.96 c
Treonina *	38.80 ± 0.39 a	17.05 ± 0.47 b	101.69 ± 8.80 c
Alanina	10.16 ± 0.13 a	2.44 ± 0.19 b	17.33 ± 1.75 c
Arginina	45.48 ± 1.26 a	17.31 ± 0.11 b	106.66 ± 9.00 c
Prolina	15.28 ± 2.22 a	12.69 ± 0.13 b	65.82 ± 5.86 c
Tirosina	8.59 ± 0.13 a	2.31 ± 0.01 b	19.34 ± 1.57 c
Valina *	18.40 ± 0.23 a	5.77 ± 0.21 b	38.69 ± 3.13 c
Metionina *	7.03 ± 0.36 a	1.54 ± 0.36 b	20.15 ± 1.57 c
Isoleucina *	1.22 ± 0.25 a	0.64 ± 0.18 b	3.76 ± 0.77 c
Leucina *	29.51 ± 0.47 a	12.82 ± 1.76 b	61.93 ± 4.52 c
Fenilalanina *	43.57 ± 5.37 a	11.67 ± 0.23 b	73.75 ± 5.31 c
Lisina *	12.24 ± 0.12 a	5.38 ± 0.34 b	34.38 ± 3.71 c
Triptófano *	10.42 ± 0.01 a	9.49 ± 0.04 b	9.67 ± 0.02 c

\*Aminoácidos esenciales. Letras diferentes: Tratamientos diferentes significativos. Analizando los resultados para el aminoácido histidina con ANVA ( $\alpha=5\%$  y  $1\%$ ) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa

En al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que hay diferencia significativa entre todos los tratamientos, cabe mencionar que la histidina es un aminoácido polar bastante soluble en agua. Fennema (2010).

El ANVA en treonina un nivel ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se afirma evidencia estadística que comprueba diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 95 por ciento y al 99 por ciento se puede decir que hay diferencia significativa entre todos los tratamientos. La treonina es un aminoácido hidrofílico bastante soluble en agua. Badui (2006).

El ANVA en valina ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que hay diferencia significativa entre todos los tratamientos. La valina es un aminoácido con cadena alifática, siendo hidrófoba por tanto por lo tanto una solubilidad limitada al agua. Fennema (2010).

Prueba de ANVA en metionina a ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que hay diferencia significativa entre todos los tratamientos, la metionina también es un aminoácido con cadena alifática es hidrófobo y posee una solubilidad limitada al agua. Fennema (2010).

Prueba estadística ANVA en isoleucina a un nivel de confianza ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que hay diferencia significativa entre todos los tratamientos la isoleucina es un aminoácido de cadena alifática es hidrófobo y tiene por lo tanto una solubilidad limitada al agua. Fennema (2010) ANVA en leucina ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que todos los

tratamientos difieren entre si estadísticamente. La leucina es otro aminoácido con cadena alifática es hidrófobo y también exhibe una limitada solubilidad al agua. Badui (2006) Prueba estadística ANVA en fenilalanina ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que todos los tratamientos difieren entre si estadísticamente, la fenilalanina es un aminoácido de cadena aromática siendo también hidrófobo y exhibe por lo tanto solubilidad limitada al agua. Badui (2006).

Prueba estadística ANVA en lisina ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que todos los tratamientos difieren entre si estadísticamente, la lisina a diferencia de otros aminoácidos esenciales ya mencionados es de carácter hidrófilo son bastante solubles en agua y pueden estar cargados. Fennema (2010).

La prueba estadística ANVA en triptófano ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos, mientras que en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=5$  y 1 por ciento) se puede decir que todos los tratamientos difieren entre si estadísticamente, el triptófano es un aminoácido con cadena lateral aromática es hidrófobo y por lo tanto exhibe una solubilidad limitada al agua. Fennema (2010).

## V. CONCLUSIONES

- 1 En la presente investigación se observó un efecto positivo importante del tratamiento con etanol sobre la torta de moringa sobre la remoción de compuestos toxicológicos como son los taninos y saponinas, la concentración de taninos de la torta tratada con etanol fue de 66.53 mg por ciento, permitiendo el incremento de la biodisponibilidad de la proteína de moringa.
- 2 En la remoción del amargor y sabor extraño, se presentó un efecto significativo positivo sobre la remoción de ambos atributos, ya que estos últimos poseen efecto negativo sobre la preferencia, sabor extraño y sobre el amargor de las galletas preparadas con 5 por ciento de torta de moringa.
- 3 El efecto positivo en el incremento del valor biológico fue significativo, este parámetro tuvo un incremento en la torta tratada con etanol, el método utilizado fue en el bioterio durante 10 días, allí se observó el incremento del valor biológico desde 20.6 (torta testigo) hasta 56.9 (torta tratada con etanol).
- 4 En ambos tratamientos: torta tratada con etanol y torta tratada con solución salina, los compuestos toxicológicos (fitato y cianuro) no fueron removidos debido a la gran afinidad de las proteínas y los cationes divalentes como el calcio y el sodio con los fitatos, y en el caso de los cianuros es debido a que este es una molécula muy compleja y estable, ya que no pudo ser removido mediante los tratamientos con etanol y solución salina.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1 Estudiar procesos de tratamiento de desamargado con etanol y su recuperación a nivel piloto.
- 2 Evaluar el uso potencial de las proteínas de moringa como alimento y/o suplementos en la industria alimentaria.
- 3 Evaluar la posibilidad de obtener biotipos distintos mediante mejoramiento genético por biotecnología.
- 4 Estudiar el efecto del calor en la remoción de antinutrientes, especialmente fitatos y cianuro.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULKARIM, M.; MING, L.; KHARIDAH, M.; HASANAH, G. 2005. Some Physico-chemical properties of moringa (*Moringa oleífera*) seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods, Food Chem. 93: 253-263.

AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS-PERÚ. 2010. Minag y sembrando impulsan cultivo de moringa para combatir desnutricion infantil en zonas pobres. Lima Perú.

AGRAWAL, C.; KASHYAP, C.; SARKAR, C.; SINGH, P. 1997. Response surface analysis of enzyme aided extraction of soybean. Journal of Food and Technology 34: 386- 390.

AGRONEGOCIOS. 2013. El cultivo de la moringa ya es una realidad en el Perú. Consultado el 16 de mayo del (2016). Disponible en: <http://www.agronegocios.pe/negocios/item/578-cultivo-de-la-moringa-ya-es-una-realidad-en-el-Perú>

AJIBOLA, V.; ANHWANGE, A., AND ONIYE, J. 2004. Chemical studies of the seeds of moringa (*Moringa oleífera*) and *Detarium microcarpum* (Guill and Sperr). J. Biol. Sci., 4: 711-715.

ALFARO, C. 2008. Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco, moringa (*Moringa Oleífera*) Lam en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimentario-nutricional de Guatemala. Informe final. Proyecto FODYTEC No 26-2006

ALVAREZ, C.; LOCK DE UGAZ, O. 1992. Taninos. Revista de Química. V. 1, 47-61.



AMAGLO, K.; BENNETT, N.; LO-CURTO, B.; LO-CURTO, V. 2010. Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree moringa grown in Ghana. *Food Chemistry*. 122: 1047-1054

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.; ROBARDS, K.; Y RYAN, D. 2000. Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *The Analyst*, 125: 989 - 1009.

AOAC. International: (Official Methods of Analysis). 2012. 17aed. Gaithersburg, USA.

AOAC. (Association of official Analytical Chemistry). 1990. Official Methods of Analysis, Washington DC. EUA.

AOAC. (Association of official Analytical Chemistry). 1980. Official Methods of Analysis, Washington DC. EUA.

ARIAS, C.; GODINO, M.; IZQUIERDO, I. 2014. Interés forestal de la moringa y posibles zonas de implantación en España. 6º Congreso Forestal de España. Vitoria - Gasteriz, País Vasco. pp. 2-13

BADUI, S. 2006. Química de los alimentos. 4a ed. México, Editorial Pearson S.A. 717 pp.

BAGEPALLIS, S.; NARASINGA, R.; TATINENI, P. 1982. Tanin contents of foods commonly consumed in India and its influence on ionisable iron. *J. Sci. Food Agric*. 33: 89- 96.

BALBIR, S. 2010. Trees for life. Consultado el 24 de enero del Disponible [http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa\\_Book\\_Sp.](http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa_Book_Sp.)

BELITZ, D.; GROS, W. 1988. Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza España. 843 pp.

BHARALI, R.; TABASSUM, J.; HAZAD, M. 2003. Chemomodulatory effect of moringa (*Moringa oleífera*) Lam, on hepatic carcinogen metabolizan enzymes, antioxidante

parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* 4: 131-139

BONAL, R.; RIVERA, R.; BOLÍVAR, M. 2012. moringa (*Moringa oleífera*) una opción saludable para el bienestar. *Rev. MEDISAN*. 16: 1596-1599.

BRESSANI, R. 1971. *Evaluación Biológica de las Proteínas*. Guatemala, INCAP. 394 pp.

BRIDGEMOHAN, M.; KNIGHTS, M. 2010. Nutritive Value of moringa (*Moringa Oleífera*) and its potential as a high protein supplement for animals. The University Trinidad and Tobago. Pp 1-15.

BRUHNS, E.; ZGRAGEN, P. 2011. moringa el árbol maravilloso. Salud natural para la vida. Primera edición Alemana. Consultado el 25 de abril del 2016. Disponible: <http://books.google.com.pe/books>.

CANO, E.; CANO, T.; QUEZADA, O.; QUIÑONEZ, B. Y SARAVIA, J. 2002. Extracción y caracterización de taninos en corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, Pino ocote (*Pinus oocarpa* Schiede), Encino negro (*Quercus brachystachys* Benth) y Aliso común (*Alnus jorulensis* HBK). Una alternativa de desarrollo agroindustrial para el uso de taninos naturales. Guatemala: Carolina Academia Coactemalensis inter Caeteras Orbis Conspicua, pp. 5-6.

CARBAJAL, A. 2013. Manual de nutrición y Dietética. 2013. Universidad Complutense de Madrid.

CELA, R.; LORENZO, R.; DEL-CARMEN, M. 2002. Técnicas de Separación en Química analítica, Editorial Síntesis, S A. 640 pp.

CHAPMAN, D. 1969. Introducción a los Lípidos, Nueva York, McGraw-Hill. 360 pp.

CHERYAN, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. *C.R.C. Critical Review Food Science and Nutritional* 13: 297-335.

COLLAZOS, C. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. (6.a ed.). Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición.

DESHPANDE, S.; CHERYAN, M. 1987. Determination of phenolic compounds of dry beans using vanillin, redox and precipitation assays Journal of Food Science. 52: 332-334.

D'MELLO, J. 1995. Antinutritional substances in legumes seeds. En: Tropical Legumes Animal Nutrition. D'Mello, J.P.F. y C. Devendrá (Eds.). CAB International. U.K. pp. 135- 165.

ERDMAN, R; ZHOU, J. 1995. Phytic Acid in Health and Disease. Critical reviews Food Sc. Nutr. 1995. 35: 495-508.

EYJOLFSSON, R. 1969. Recent Advances in the Chemistry of Cyanogenesis Glycosides. The Royal Danish School of Pharmacy. Copenhagen, pp. 74-108.

FAO/WHO. 1973. Energy and protein requirements. Report of joint FAO/WHO ad hoc Expert Committee. WHO Technical reports series No 52: Geneva FAO/WHO.

FAO/WHO. 1989. Protein quality evaluation Report of the Joint FAO/WHO

FENNEMA, O. 2010. Química de los alimentos. 3a ed. Zaragoza, España, Editorial Acribia S.A. 1258 p.

FERREIRA, P.; FARIAS, J.; OLIVEIRA, CARVALHO. 2008. moringa (*Moringa oleífera*): bioactive compounds and nutritional potential. Revista de Nutrição Campinas 21:431-437.

FESSENDEN, R.; FESSENDEN, J., MARSHAL, L. 1998. An International Thomson Publishing, Company. 1047 pp.

FOIDL, N. 2001. Utilización del marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. En: Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica. (Eds. M.D.

Sánchez y M. Rosales). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal. pp. 143-341.

FREUDENBERG, K. 1920. Die chemie der natürlichen gerbstoff. springerverlag, berlin.

GARCÍA, A.; RODRIGUEZ, I.; MARTINEZ, R. 2013. Evaluación de los usos potenciales del Teberino moringa (*Moringa oleífera*) como generador de materia prima para la Industria Química. Tesis para optar el título de ingeniero químico. Universidad de El Salvador. 97p.

GIRÓN, L. 1992. Monografía de moringa (*Moringa oleífera*) Monografía preparada para TRAMIL a discutirse durante el TRAMIL VI, Guadalupe. 5pp.

GONZÁLEZ, V.; ANGULO, O.; KEILA, J. 2014. Revisión de las características y usos de la planta moringa (*Moringa oleífera*) pp. 309-330.

GRAHAM, S.; FRYHLE, C. 2003. Organic Chemistry. Editorial Wiley, John & Sons, Incorporated. Octava edición. pp. 662 – 671.

GUADIX, M. 2000. Hidrólisis enzimática de las proteínas del suero láctico. Ed. Ayala, Madrid. pp.36-38

HAGERMAN, E.; ROBBINS, C. 1998. Implications of soluble tannin- protein complexes for tannin analysis and plant defence mechanisms. *Journal of Chemical Ecology*, 15: 1795 - 1810.

HARBORNE, J. B. 1980. Plant phenolics. En: Bell Ea, Charlwood Bv. Encyclopedia of Plant Physiology, Secondary Plant Products, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 8: 329 - 395.

HARTWELL, L. 1995. Plans used against Cancer. A Survey. Lloydia. pp. 30-34

HOSTETTMAN, K.; HOSTETTMAN, M.; MARSTON, A. 1991. Saponins. *Methods in plant biochemistry Terpenoids*” Academic Press London. 1: 45-471.

HUDSON, F.; Y EL-DIFRAWI, A. 1979. The Sapogenins of the seeds of four Lupin species. *J. Plant Foods*, 3: 181-186.

HURRELL, R.; LYNCH, S.; TRINIDAD, T. 1992. Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 546-552.

ISAZA, H. 2007. Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia et Technica Año XIII*, 33, 13- 18.

JARIWALLA, R.; SABIN, R.; LAWSON, Y.; HERMÁN, Z. 1990. Lowering of serum cholesterol and triglicerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. *Journal Application of Nutrition* 42:18-21.

KAILASAPATHY, K.; PERERA, P.; MACNEIL, J. 2006. Improved Nutritional value in Wheat Bread by Fortification with Full-Fat Winged Bean Flour (*Psophocarpus tetragonolobus* L.DC) 50:1693-1695.

KLEVAY, L. 1974. The ratio of zinc to cooper of diets in the United States. *Nutrition Report International* pp. 9-14.

LIENER, I. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: state ofthe art. In: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. *Proceedings of the Firts International Workshop on 'Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds*, Wageningen pp. 6-13.

LÓPEZ, J.; QUIÑONES, L. 2013. “Estudio del mercado norteamericano para la comercialización de moringa (*Moringa oleífera*) como producto nutraceútico”. Tesis para optar el título de licenciado en administración de empresas. Chiclayo-Perú. 37 pp.

McFARLANE, J.; MOLLER, L.; SHIMADA, M. 1979. Chanelling of intermediates during the biosynthesis of cianogenic glycosides. pp. 63-71.

MILLWARD, J.; NEWSHOLME, A.; PELLET, R.; UAUY, R. 1992. Amino acid scoring in health and disease. En: Protein - Energy interactions. Ed. Scrimshaw N. S., Schurch B. Nestlé Foundation. Lausanne. pp. 405-413.

MITCHEL, T. 1923. A Method of Determining the Biological value of Protein. J. Biol Chem pp. 873-907.

MUELLER-HARVEY, I.; REED, D.; HARTLEY, D. 1987. Characterization of phenolic compounds, including flavonoids and tannins, of 10 Ethiopian browse species by high performance liquid chromatography. Journal Science Food Agriculture, 39: 1-14.

MURAKAMI, A.; KITAZONO, Y.; JIWAJINDA, S.; KOSHIMIZU, K.; YOHIGASHI, H. 1998. Niaziminin, a thiocarbamate from the leaves of moringa (*Moringa oleífera*) holds a strict structural requirement for inhibition of tumor-promoter-induced Epstein-Barr virus activation. Planta Medica 64: 319-323.

NARASINGA, S; PRABHAVATHI, T. 1982. Tannin content of foods commonly consumed in india and its influence on ionisable iron. Journal Science Food Agriculture. 33: 80-96.

National research council raciones dietéticas recomendadas. 1989-1991. ed. Española de la 1ª Edición Original de Recommended Dietary Allowances Editorial Consulta Barcelona España.

OLIVARES, S.; SOTO, D.; ZACARÍAS, I. 1989. Nutrición, prevención de riesgos y tratamiento dietético. CONFELANYD pp 8-13.

OLSON, E.; FAHEY, W. 2011. moringa (*Moringa oleífera*) un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad. 4: 1071-1082.

OMS: Informe de una reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. Necesidades de energía y proteínas. 58-74 127-138, serie de informes técnicos nº 724 Ginebra. 1985.

OPS. Conocimientos actuales sobre Nutrición. 6ta edición Publicación científica. No 532 OPS/ILSI. 1991.

OPS: Conocimientos Actuales sobre Nutrición. 7ª edición 1997. 73-87 Publicación científica n° 565 OPS/ILSI. 1997

PASCUAL, G.; Y MEJÍA, M. 2012. “Extracción y Caracterización de Aceite de Sacha Inchi”. En: Anales Científicos. UNALM, pág. 144-158.

PELLET, P. 1980. Nutritional evaluation of protein foods. United States of America, The United Nations University. 175 pp.

PÉREZ, W.; RODRIGUEZ, I.; NUNEZ, A. y CARRASCO, M. 2000. Mezcla de harinas para plantas alimenticias. Heladería Panadería Latinoamericana. 14(6):26-31.

PORTILLO, P.; A. 2012. Aislamiento y Caracterización de las Fracciones Proteicas de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*), Instituto Tecnológico de Sonora, Dirección Académica de Recursos Naturales. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Sonora, México. 94 pp.

POTTER, N. 1998. In Food Science. 5th. Edition. USA, Aspen Publishers Inc. Química Analítica. Editorial Síntesis, S.A. 608 pp.

RAVINDRAN, G.; SIVALOGAN, S. 1994. Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. Food Chemistry 50:133-136.

REDDY, B.; LOVE, M. 1999. The impacts of food processing on the nutritional quality of vitamins and minerals. Adv. Exp. Med. Biol, 459: 99-106.

RÍOS, R. 2012. Torta de sachá Inchi (*Plukenetia volubilis Linneo*) cruda y extraída en reemplazo de la torta de soya en dietas de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). Tesis para optar el título de ingeniero zootecnista. UNALM. Lima-Perú.

RIVAS, M.; LÓPEZ, J.; MIRANDA, A.; SANDOVAL, M. 2012. Sustitución parcial de harina de sardina con moringa (*Moringa oleífera*) en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. Biotecnia pp.3-10.

RODRÍGUEZ, I.; GARCIA, A.; MARTINEZ, R. 2009. Evaluación de los usos potenciales del Teberino moringa (*Moringa oleífera*) como generador de materia prima para la Industria Química. Tesis para optar el título de ingeniero químico. Universidad de El Salvador. Pp. 97.

ROCHA, E.; MENDIETA, B. 1998. Efecto de la suplementación con follaje de moringa sobre la producción de leche de vaca en pastoreo, Tesis Ing. Agrónomo FACA, Nicaragua. 28 pp.

RUIZ DE LOPE C.; GARCÍA-VILLANOVA, R.; GARCÍA-VILLANOVA, J. 1982. Determination of phytic acid by complexometric titration of excess of iron 1503 pp.

SARKER, C.; SINGH, K.; KUMBHAR, K.; AGRAWAL, C.; KULSHRESHTHA, K. 1999. Response Surface analysis of enzyme assisted oil extraction factors for sesame, groundnut and sunflower seeds. Journal of Food Science and Technology 36: 511-514.

SCRIMSHAW, S.; TAYLOR, E.; GORDON, E. 1968. Interaction of nutrition and infection. Ginebra: World Health Organization, Monograph Series. 57 pp.

SHAMSUDDIN, A.; SAKAMOTO, K. 1992. Antineoplastic action of inositol compounds and Cáncer Chemoprevention. Florida: CRC Press, Boca Ratón, pp. 285-307.

SUÁREZ, M.; KIZLANSKY, A.; LÓPEZ, B. 2006. Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad Nutrición Hospitalaria. pp. 47-51



SUGIURA, S.; RABOY, V.; YOUNG, K.; DONG, F.; HARDY, R. 1999. Availability of phosphorus and trace-elements in low-phytate varieties of barley and com for rainbow-trout (*Oncorhynchus mykiss*. L). *Aquaculture* 170: 285-296.

TAPPER, A.; REAY, F. 1973. Cyanogenic glycosides and glucosinolates. *Chemistry of herbage*, Academic Press, London, New York, pp. 447-476.

TSCHESCHE, R.; PANDEY, B. 1978. Steroidal saponins of *Costus speciosus*, *Institute of Organic Chemistry and Biochemistry*. 17: 1781-1782.

VELAZQUEZ-ZAVALA, MINERVA.; PEON, IGNACIO.; BAUTISTA, ROSALBA.; JIMENEZ, ARELLANES. 2016. moringa (*Moringa oleífera*) potential uses in agricultura, industry and medicine. 10: 51-54 pp.

VIEIRA, C.; GORRETI, M. J.; COSTA, BRUNORO, N. 2006. Calidad Nutricional y score Químico de Aminoácidos de Diferentes Fuentes Proteicas. *Food Science and Technology*. 26: 1-9.

VON-MAYDELL, J. 1986. Tree and shrubs of the sahel, their characteristics and uses. 1: 11-22.

WITTING, E.; MOYA, J.; MORALES, M.; PLANELLA, L. 1981. "Evaluación Sensorial, una Metodica que mide Calidad. IV Estimación de la Textura en Alimentos: Raciones Enlatadas a base de Arroz o Spagueti". *Resúmenes 3er. Seminario Nacional de Cs. y Technol. De Alimentos, Antofagasta*. 98 pp.

## VIII. ANEXOS

**ANEXO 1:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para humedad. (n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ECEyESE	0.133	0.606	2.003	*	0.830	2.0033	*
ECEyPCE	0.133	0.606	0.35	n.s	0.830	0.35	n.s
ECEyPSE	0.133	0.606	1.390	*	0.830	1.3900	*
ESEyPCE	0.133	0.606	2.356	*	0.830	2.3567	*
PCEyPSE	0.133	0.606	1.743	*	0.830	1.7433	*
ESEyPSE	0.133	0.606	0.61	*	0.830	0.61	n.s

Torta de semilla de moringa obtenida mediante.

ECE: Expeler con enzima, ESE: Expeler sin enzima, PCE: Prensa con enzima.

\* Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 2:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para ceniza. (n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ECEyESE	0.015	0.068	0.184	*	0.093	0.184	*
ECEyPCE	0.015	0.068	0.25	*	0.093	0.25	*
ECEyPSE	0.015	0.068	0.550	*	0.093	0.550	*
ESEyPCE	0.015	0.068	0.070	*	0.093	0.070	n.s
PCEyPSE	0.015	0.068	0.296	*	0.093	0.296	*
ESEyPSE	0.015	0.068	0.366	*	0.093	0.366	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante.

ECE: Expeler con enzima, ESE: Expeler sin enzima, PCE: Prensa con enzima.

\*: Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 3:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para proteína. (n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ECEyESE	0.056	0.254	5.976	*	0.348	5.976	*
ECEyPCE	0.056	0.254	1.583	*	0.348	1.583	*
ECEyPSE	0.056	0.254	4.387	*	0.348	4.387	*
ESEyPCE	0.056	0.254	4.393	*	0.348	4.393	*
PCEyPSE	0.056	0.254	2.803	*	0.348	2.803	*
ESEyPSE	0.056	0.254	1.590	*	0.348	1.590	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante.

ECE: Expeler con enzima, ESE: Expeler sin enzima, PCE: Prensa con enzima.

\* Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 4:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para grasa. (n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ECEyESE	0.122	0.556	5.976	*	0.761	5.976	*
ECEyPCE	0.122	0.556	1.583	*	0.761	1.583	*
ECEyPSE	0.122	0.556	4.386	*	0.761	4.386	*
ESEyPCE	0.122	0.556	4.393	*	0.761	4.393	*
PCEyPSE	0.122	0.556	2.803	*	0.761	2.803	*
ESEyPSE	0.122	0.556	1.59	*	0.761	1.59	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante.

ECE: Expeler con enzima, ESE: Expeler sin enzima, PCE: Prensa con enzima.

\*: Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 5:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ECE, ESE, PCE) para fibra.  
(n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ECEyESE	0.105	0.478	5.976	*	0.654	5.976	*
ECEyPCE	0.105	0.478	1.583	*	0.654	1.583	*
ECEyPSE	0.105	0.478	4.386	*	0.654	4.387	*
ESEyPCE	0.105	0.478	4.393	*	0.654	4.393	*
PCEyPSE	0.105	0.478	2.803	*	0.654	2.803	*
ESEyPSE	0.105	0.478	1.59	*	0.654	1.590	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante.

ECE: Expeler con enzima, ESE: Expeler sin enzima, PCE: Prensa con enzima.

\*: Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 6:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para humedad.  
(n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ET y SOL	0.119	0.518	0.48	n.s	0.755	0.48	n.s
ET y T	0.119	0.518	0.20	n.s	0.755	0.20	n.s
SOL y T	0.119	0.518	0.27	n.s	0.755	0.27	n.s

Torta de semilla de moringa obtenida mediante. ET: Etanol, SOL: Solución salina,

T: Testigo

\*: Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 7:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para proteína.  
(n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ET y SOL	0.409	1.777	31.13	*	2.591	31.13	*
ET y T	0.409	1.777	19.87	*	2.591	19.87	*
SOL y T	0.409	1.777	11.26	*	2.591	11.26	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante. ET: Etanol, SOL: Solución salina,  
T: Testigo

\*: Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 8:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para grasa.  
(n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ET y SOL	0.35	1.54	32.27	*	2.25	32.27	*
ET y T	0.35	1.54	19.45	*	2.25	19.45	*
SOL y T	0.35	1.54	12.82	*	2.25	12.82	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante. ET: Etanol, SOL: Solución salina,  
T: Testigo

\*: Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 9:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para fibra.

(n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ET y SOL	0.162	0.706	0.63	n.s	1.030	0.63	n.s
ET y T	0.162	0.706	5.90	*	1.030	5.90	*
SOL y T	0.162	0.706	6.25	*	1.030	6.25	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante. ET: Etanol, SOL: Solución salina, T: Testigo

\* Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 10:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para cenizas.

(n=3)

Comparación	$\sqrt{CME}/r$	ALS(T)5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1%	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ET y SOL	0.08	0.37	0.16	n.s	0.54	0.16	n.s
ET y T	0.08	0.37	2.99	*	0.54	2.99	*
SOL y T	0.08	0.37	3.15	*	0.54	3.15	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante. ET: Etanol, SOL: Solución salina, T: Testigo

\* Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 11:** Prueba de Tukey, efecto de los tratamientos (ET, SOL, T) para taninos.

(n=3)

Comparación	$\frac{\sqrt{CME}}{r}$	ALS(T) 5 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia	ALS(T)1 %	$ \bar{Y}_{li} - \bar{Y}_{lj} $	Significancia
ET y SOL	1.61	6.98	10.33	*	10.19	10.33	*
ET y T	1.61	6.98	717	*	10.19	717	*
SOL y T	1.61	6.98	727	*	10.19	727	*

Torta de semilla de moringa obtenida mediante. ET: Etanol, SOL: Solución salina, T: Testigo

\* Significativo al nivel de 5% y 1%, n.s: No significativo al nivel de 5% y 1%.

**ANEXO 12:** Análisis de varianza para los tratamientos salina, etanol y testigo en fitatos.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
MUESTRAS	2	0.00973	0.00486	3	5.1432	10.9247
ERROR	6	0.00973	0.00162			
TOTAL	8	6.6667E-05				

Fc<Ft: No hay diferencia entre los tratamientos. Fc= F calculado.

Ft= F tabular.

**ANEXO 13:** Cuadro comparativo etanol, solución salina y testigo para saponinas.

Saponinas (n=3)	Etanol	Sol .Salina	Testigo %
Resultados	0	0	3
	0	0	3
	0	0	3
Promedio	0	0	3
D.S	0	0	0

**ANEXO 14:** Análisis de varianza para los tratamientos salina, etanol y testigo en cianuro.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
MUESTRAS	2	11.33	5.66	3	5.14	10.92
ERROR	6	11.33	1.88			
TOTAL	8	4.66				

Fc<Ft: No hay diferencia entre los tratamientos. Fc= F calculado.

Ft= F tabular.

**ANEXO 15:** Puntaje o score de aminoácidos corregidos por digestibilidad de la torta de moringa (*Moringa oleífera*) en solución salina

Aminoácidos	aa referencia mg/g de proteína	aa Estudio mg/g/proteína	Digestibilidad Verdadera	PDCAAS mg aa estudio/ mg aa referencia x DV
Histidina	18	3.09	73.26	0.12
Isoleucina	25	0.64	73.26	<b>0.02</b>
Leucina	55	12.82	73.26	0.17
Lisina	51	5.38	73.26	0.07
*Metionina+Cisteína	25	1.54	73.26	0.04
*Fenilalanina+Tirosina	47	11.67	73.26	0.18
Treonina	27	17.05	73.26	0.46
Triptófano	7	9.49	73.26	0.99
Valina	32	5.77	73.26	0.13

La digestibilidad verdadera se calculó mediante la siguiente formula:

$$Dv = \left( Ni - \frac{Nf - Nfm}{Ni} \right) \times 100$$

Donde: Ni= Nitrógeno ingerido, Nf = Nitrógeno excretado en heces,

Nfm = Nitrógeno excretado en heces de dieta apteica.

El valor PDCAAS se calculó de la siguiente manera: PDCAAS= mg aa en estudio/mg aa referencia x Dv.



**ANEXO 16:** Puntaje o Score de aminoácidos corregidos por digestibilidad de la torta

de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) en etanol.

Aminoácido	aa referencia mg/g de proteína	aa estudio mg/g de proteína	Digestibilidad verdadera	PDCAAS mg aa estudio/ mg aa referencia x DV
Histidina	18	10.24	86.08	0.48
Isoleucina	25	1.22	86.08	<b>0.04</b>
Leucina	55	29.51	86.08	0.46
Lisina	51	10.24	86.08	0.17
*Metionina+Cisteína	25	7.03	86.08	0.24
*Fenilalanina+Tirosina	47	43.57	86.08	0.79
Treonina	27	38.80	86.08	1
Triptófano	7	10.42	86.08	1
Valina	32	18.4	86.08	0.49

\*metionina y fenilalanina son precursores de cisteína y tirosina respectivamente.

La digestibilidad verdadera, se calculó mediante la siguiente formula:

$$Dv = \left( Ni - \frac{Nf - Nfm}{Ni} \right) \times 100$$

Donde: Ni= Nitrógeno ingerido,

Nf=Nitrógeno excretado en heces,

Nfm=Nitrógeno excretado en heces de dieta aprotéica.

**ANEXO 17:** Puntaje o score de aminoácidos corregidos por digestibilidad de la torta de semilla de moringa Testigo.

Aminoácido	aa de referencia mg/g/proteína	aa estudio mg/g/proteína	Digestibilidad verdadera	PDCAAS mg aa estudio/ mg aa referencia x DV
Histidina	18	22.84	91.00	1
Isoleucina	25	3.76	91.00	<b>0.13</b>
Leucina	55	61.93	91.00	1
Lisina	51	34.38	91.00	0.61
*Metionina+Cisteína	25	20.15	91.00	0.73
*Fenilalanina+Tirosina	47	73.75	91.00	1
Treonina	27	101.69	91.00	1
Triptófano	7	9.67	91.00	1
Valina	32	38.69	91.00	1

\*metionina es precursor de cisteína (aminoácidos azufrados)

\*fenilalanina es precursor de tirosina

La digestibilidad verdadera, se calculó mediante la siguiente formula:

$$Dv = \left( Ni - \frac{Nf - Nfm}{Ni} \right) \times 100$$

Donde: Ni= Nitrógeno ingerido,

Nf=Nitrógeno excretado en heces,

Nfm=Nitrógeno excretado en heces de dieta aproteica.

**ANEXO 18:** Resultados de análisis de escala hedónica para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo.

HEDONICO	TESTIGO Sin tratamiento	140 OH	820 S.S	530 S	SUMAS
1	0	3	1	-1	3
2	2	3	-1	1	5
3	0	-2	3	-1	0
4	1	3	-3	-1	0
5	-2	-1	1	1	-1
6	0	2	0	2	4
7	-1	1	1	3	4
8	-1	-2	3	0	0
9	-3	2	0	1	0
10	-3	1	3	1	2
11	-2	2	-1	-1	-2
12	2	-1	2	-1	2
13	1	3	1	1	6
14	-2	2	-1	-1	-2
15	2	0	2	2	6
16	2	3	-1	0	4
17	-3	1	-1	1	-2
18	-2	-1	0	1	-2
19	0	0	-2	1	-1
20	1	1	2	3	7
21	1	-2	2	3	4
22	1	2	-1	-1	1
23	0	2	2	0	4
24	2	2	3	2	9
25	1	3	1	2	7
26	1	-3	2	1	1
27	-1	1	3	2	5
28	2	-1	2	2	5
29	0	2	1	0	3
30	-2	3	2	1	4
31	1	3	2	2	8
32	-2	2	-1	1	0
33	-3	3	0	-2	-2
34	-2	2	1	-1	0
35	-3	3	1	-1	0
36	0	2	-1	0	1
37	-2	3	2	0	3
38	-2	2	1	-1	0
39	-2	-1	0	1	-2
40	-1	2	-2	2	1
SUMA	-19	50	29	25	85
PROM	-0.475	1.25	0.725	0.625	
DESVEST	1.694	1.750	1.584	1.333	

Testigo: Galleta con torta de semilla de moringa sin tratamiento.

OH: Galleta con torta de semilla de moringa desamargada con etanol.

S.S: Galleta con torta de semilla de moringa desamargada con solución salina.

S: Galleta con harina de semilla de soya comercial.

**ANEXO 19:** Resultados sensorial para sabor amargo para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo.

Jueces	140	820	530
	OH	S.S	S (Testigo)
1	-2	-2	-2
2	-2	-2	0
3	-3	-2	0
4	-2	-2	-2
5	-1	-1	0
6	-2	-2	-1
7	-2	-2	-2
8	-2	-1	0
9	-4	-3	-2
10	-1	-2	-2
11	-1	-2	-2
12	-3	-3	-2
13	-1	-2	-2
14	-3	-2	-2
15	0	-2	0
16	-1	-1	-2
17	-1	-1	0
18	-2	-1	-1
19	-3	-1	0
20	-3	0	-1
21	-2	-2	-1
22	-3	-3	-2
23	-1	-2	-2
24	-3	-3	-3
25	-2	-3	-1
26	-1	-1	-1
27	1	1	3
28	1	1	2
29	-2	-2	0
30	-3	-3	-3
31	-3	-3	-2
32	-2	-2	-1
33	-3	-3	-2
34	-3	-3	-4
35	-1	-3	-2
36	-1	-1	0
37	-2	-1	0
38	-4	-1	0
39	-1	-2	-2
40	-1	-1	-2
SUMA	-75	-71	-46
PROM	-1.87	-1.77	-1.15
DESVEST	1.158	1.025	1.331

OH: Galleta con torta de semilla de moringa desamargada con etanol  
S.S: Galleta con torta de semilla de moringa desamargada con solución salina. S: Galleta con harina de semilla de soya comercial, (Testigo)

**ANEXO 20:** Resultados sensorial para sabor extraño para tratamientos de etanol, solución salina, sin tratamiento y testigo.

Jueces	140	820	530
	OH	S.S	S
1	-2	-3	-2
2	-2	-1	0
3	0	-1	1
4	2	-1	-1
5	-2	-2	1
6	-2	-2	0
7	0	0	-1
8	2	2	0
9	-2	-2	-2
10	-3	-2	3
11	-2	-2	-2
12	-1	-1	1
13	0	0	0
14	2	2	1
15	2	-1	0
16	2	0	1
17	1	0	2
18	-2	-2	2
19	0	2	2
20	3	0	0
21	0	-2	-2
22	-2	-2	-2
23	-2	-2	-1
24	-1	-1	-2
25	1	0	-3
26	0	0	0
27	-4	-4	-4
28	-1	-2	3
29	-2	-2	-2
30	-3	-3	-2
31	-2	3	-3
32	-2	-1	-1
33	3	0	0
34	2	-1	0
35	0	-3	0
36	-1	-3	-2
37	2	2	1
38	2	-1	2
39	0	4	2
40	-1	-2	-2
SUMA	-75	-71	-46
PROM	-	-	-1.15
DESVEST	1.875	1.775	1.331

OH: Galleta con torta de semilla de moringa desamargada con etanol  
S.S: Galleta con torta de semilla de moringa desamargada con solución salina. S: Galleta con harina de semilla de soya comercial, (testigo)

**ANEXO 21:** Prueba de análisis de varianza para la prueba hedónica.

Fuente Var.	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
Muestras	3	63.01	21.00	8.21	5.14	10.92
Error	156	398.8	2.55			
Total	159	461.8				

Fc<Ft: No hay diferencia entre los tratamientos.

Fc>Ft: Hay diferencia entre los tratamientos.

Fc= F calculado.

Ft= F tabular.

**ANEXO 22:** Resultados de análisis proximal en prensa y expeler con y sin tratamiento enzimático, gramos por 100 gramos de torta de moringa.

	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra
ECE	10.17 ± 0.127	4.76 ± 0.05	41.23 ± 0.03	5.07 ± 0.01	5.71 ± 0.24
ESE	8.16 ± 0.138	4.58 ± 0.02	47.14 ± 0.12	9.10 ± 0.08	5.32 ± 0.15
PCE	10.55 ± 0.125	4.51 ± 0.02	42.82 ± 0.03	11.19 ± 0.42	7.13 ± 0.25
PSE	9.78 ± 0.04	4.21 ± 0.04	45.62 ± 0.138	7.13 ± 0.03	5.49 ± 0.09

ECE: expeler con enzima, ESE: expeler sin enzima, PCE: prensa con enzima, PSE: prensa sin enzima.

**ANEXO 23:** Resultados de análisis proximal en tratamiento con etanol, tratamiento con solución salina y muestra testigo, gramos por 100 gramos de torta de moringa.

	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra
Etanol	5.59 ± 0.132	6.27 ± 0.054	63.69 ± 0.130	5.94 ± 0.12	7.69 ± 0.07
Sol. Sal	5.11 ± 0.143	4.11 ± 0.034	32.57 ± 0.09	39.82 ± 0.16	8.79 ± 0.19
Testigo	5.39 ± 0.121	3.96 ± 0.07	43.82 ± 0.05	26.99 ± 0.09	2.54 ± 0.21

**ANEXO 24:** Resultados de análisis toxicológico en tratamiento con etanol, tratamiento con solución salina y muestra testigo, miligramos por 100 gramos de torta de moringa.

	Etanol	Sol. Sal	Testigo
Taninos	66 ± 5.71	72 ± 6.12	416 ± 7.6
Fitato	4000 ± 0,03	4000 ± 0,02	4000 ± 0,01
Saponinas	ND	ND	3000 ± 0,02
Cianuro H.	40 ± 0,04	40 ± 0,02	40 ± 0,05

ND: No detectado