



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

Laboratorio de Análisis de Alimentos

Laboratorio de Desarrollo Alimentos

“Formulación de una tortilla de maíz adicionada con *Moringa oleifera*”

TESIS

Para obtener el Título de:

QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA:

pQFB KAREN JUÁREZ NAVARRETE

ASESORA:

M.C DIANA CECILIA MAYA CORTÉS

COASESORA:

M.N MIREYA RAMOS RENDÓN

Morelia Michoacán, México Octubre 2017

DEDICATORIA

A **Dios** por permitirme estar en donde estoy en este momento, concluyendo con algunas de las metas que me he propuesto.

A mis amados **Padres Ma. Luz Gonzáles Ochoa y Víctor Manuel Navarrete González** que sin ser mis padres biológicos y sin tener esta obligación siempre han estado para mí; porque con su trabajo y desvelo me permiten realizar sueños, por todo su apoyo moral, espiritual, económico y por su entrega como padres maravillosos. Gracias por sus sacrificios, por sus consejos y sus esfuerzos por ser mejor cada día, por todo estaré eternamente agradecida.

Los amo y siempre los admirare serán mi ejemplo a seguir.

A mi **Abuelo Alfredo N.V.** por permitirme tener un techo en donde vivir.

A mí **querida familia Ángel, Juana, Luz, Eduardo y Paty** con quien siempre he contado de una u otra manera, gracias por su apoyo y por sus ánimos y consejos para seguir con la vida afrontando cualquier problema. A mis primos quienes me hacen recordar todo lo estudiado con sus preguntas sobre sus tareas.

A **Jonathan Isai O.C.** a ti John porque eres parte de mi inspiración, tu que me has hecho mejor persona, me has brindado tu apoyo incondicional, las palabras los consejos que me das, el gran interés que has demostrado hacia mí, los momentos felices que me has regalado y me haces seguir avanzando, tu que me has ayudado a madurar y a luchar por lo que quiero. Gracias a ti y a tu familia por el apoyo, los ánimos y por abrir las puertas de su casa para mí.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** porque nunca me abandona, porque me dio la oportunidad de venir a esta vida con una familia maravillosa y por permitirme en el transcurso de ella conocer personas que han marcado mi vida y por permitirme consérvolas.

A **toda mi familia**: Por el ánimo, entusiasmo y el gran apoyo que mostraron para la realización de este y muchos otros sueños.

A mi **asesora** y su familia: **M.C. Diana Cecilia Maya Cortés**, por haber aceptado ser mi guía en la realización de este trabajo, por su apoyo en todo momento y a su familia por haberme abierto la puerta de su casa.

A la **M.C Rosa María García** por permitirme hacer uso del Laboratorio de Análisis de Alimentos.

A mis **amigas Vero, Axel y Vicky**, porque con ellas viví momentos inolvidables en esta maravillosa etapa.

A mi co-asesora **M.N Mireya Ramos, Gloria, Glory y Jonathan** que de una u otra forma me apoyaron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE GRÁFICAS	VII
SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	VIII
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. JUSTIFICACIÓN	5
III. HIPÓTESIS	5
IV. OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS PARTICULARES	5
V. MARCO TEÓRICO	6
5.1 <i>Moringa oleifera</i>	6
5.1.1 CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA	7
5.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA.....	8
5.2 PRINCIPALES USOS.....	11
5.2.1 TRATAMIENTO DE AGUAS Y PRODUCCIÓN DE BIODISEL.....	11
5.2.2 USOS FARMACOLÓGICOS.....	12
5.2.3 CLARIFICANTE EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.....	14
5.2.4 ALIMENTACIÓN HUMANA Y ANIMAL	14
5.3 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA <i>Moringa oleifera</i>	19
5.4 FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS.....	22
5.4.1 VENTAJAS DE LA FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS	23
5.4.2 FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS CON MORINGA	23
5.4.3 FORMULACIÓN DE MEZCLAS VEGETALES	24
5.5 TORTILLA DE MAIZ.....	26
5.5.1 MÉTODO TRADICIONAL DE ELABORACIÓN DE TORTILLA	27
5.5.2 MÉTODOS MODERNOS DE LA NIXTAMALIZACIÓN DEL MAÍZ	28

VI. MATERIALES	29
6.1 MATERIALES Y EQUIPO DE LABORATORIO	29
6.1.1 MATERIAL DE COCINA	30
6.1.2 INSUMOS	30
VII METODOLOGÍA	30
7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HOJAS DE MORINGA	31
7.1.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (MÉTODO DE CALENTAMIENTO DIRECTO)	31
7.1.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS (MÉTODO POR INCINERACIÓN)....	31
7.1.3 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (MÉTODO DE KJENLDHAL)	31
7.1.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA INDIGESTIBLE	31
7.1.5 DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS.....	31
7.1.6 DETERMINACIÓN DE Ca, Mg Y Fe	31
7.2 FORMULACIÓN DE TORTILLAS ADICIONADAS CON Moringa Oleífera ..	32
7.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA TORTILLA DE MAÍZ FORTIFICADA CON <i>Moringa oleífera</i>	32
7.4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS TORTILLAS FORMULADAS.	33
7.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
VIII RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
8.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HOJAS DE MORINGA EN FRESCO Y DESHIDRATADAS.....	34
8.2 FORMULACIÓN DE TORTILLAS	35
8.3 NIVEL DE AGRADO EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE TORTILLAS FORTIFICADAS CON HOJAS DE <i>Moringa oleífera</i>	37
8.4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS TORTILLAS FORMULADAS CON <i>Moringa oleífera</i> PULVERIZADA.....	39
IX CONCLUSIÓN	41
X PERSPECTIVAS	41
XI BIBLIOGRAFÍA	42
XII ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad máxima (%) de proteína y fibra en el alimento para ganado considerada segura para vacas y cerdos.....	16
Tabla 2. Composición química proximal de la Moringa (por cada 100 g).....	20
Tabla 3. Micronutrientes presentes en hojas (frescas y secas) y vainas Moringa (en cada 100 g)	20
Tabla 4. Perfil de aminoácidos en las hojas (secas y frescas) de Moringa valores por cada 100 g de porción comestible.....	21
Tabla 5. Vitaminas presentes en 100 g de Moringa	21
Tabla 6. Formulación de tortilla con Moringa.....	25
Tabla 7. Formulación de Caldo de moringa	25
Tabla 8. Formulación de omelette de Moringa	26
Tabla 9. Análisis Químico proximal de la tortilla de maíz	29
Tabla 10. Contenido de minerales en muestras de tortillas caseras (mg/100 g) ...	29
Tabla 11. Análisis químico proximal de la hoja de Moringa fresca (HF) y Moringa deshidratada (HD)	34
Tabla 12. Determinación de minerales presentes en hojas de Moringa deshidratada.....	35
Tabla 13. Análisis estadístico de la evaluación del atributo color.....	38
Tabla 14. Análisis estadístico de la evaluación del atributo olor.....	38
Tabla 15. Análisis estadístico de la evaluación del atributo sabor.....	39
Tabla 16. Análisis estadístico de la evaluación del atributo textura.....	39
Tabla 17. Análisis estadístico de la evaluación del atributo Flavor.....	39
Tabla 18. Análisis químico proximal de Tortilla Tradicional TT y TM3.....	40
Tabla 19. Determinación de minerales presentes en formulaciones de tortillas	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países en donde se consume actualmente Moringa oleífera .	7
Figura 2. Planta de Moringa oleífera	8
Figura 3. Raíz de Moringa oleífera	8
Figura 4. Hojas de Moringa oleífera	9
Figura 5. Flores de Moringa oleífera	9
Figura 6. Tallo de la planta de Moringa oleífera	9
Figura 7. Fruto de la Moringa oleífera	10
Figura 8. a) semilla seca, b) semilla fresca	10
Figura 9. Papeleta con escala hedónica para evaluación sensorial	33
Figura 10. a) Los 3kg de masa b) La masa separada por kg	35

Figura 11. Porciones de masa hechas bolita.....	36
Figura 12. Prensado de la masa para formar la tortilla.....	36
Figura 13. Tortillas en cocción.....	37

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.Evaluacion sensorial de tortillas formuladas	38
Gráfica 2.Análisis estadístico comparativo evaluación de atributo color entre tortillas formuladas	46
Gráfica 3.Análisis estadístico comparativo evaluación de atributo olor entre tortillas formuladas	46
Gráfica 4.Análisis estadístico comparativo evaluación de atributo textura entre tortillas formuladas	47
Gráfica 5. Análisis estadístico comparativo evaluación de flavor entre tortillas formuladas.....	47
Gráfica 6. Análisis estadístico comparativo en contenido de humedad entre TT y TM3	48
Gráfica 7.Análisis estadístico comparativo en contenido de fibra entre TT y TM3	48
Gráfica 8. Análisis estadístico comparativo en contenido de proteínico entre TT y TM3	49
Gráfica 9. Análisis estadístico comparativo en contenido de minerales entre TT y TM3	49

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

g: gramos

ppm: partes por millón

TT: Tortilla tradicional (DC26) para análisis sensorial

TM3: Tortilla de Moringa al 3% (JO01) para análisis sensorial

TM5: Tortilla de Moringa al 5% (KJ22) para análisis sensorial

min: minutos

HD: Hoja deshidratada

HS: Hoja Seca

HF: Hoja Fresca

s: Segundo

p/p: peso/peso

kg: kilogramo

Mg: Magnesio

Ca: Calcio

Fe: Hierro

ml: mililitro

RESUMEN

La Moringa oleifera es una planta cultivada en todo el mundo, actualmente se presenta como un vector importante en la lucha contra la pobreza y la desnutrición, con aplicaciones en nutrición y tratamiento de agua. Al margen de estudios científicos realizados al respecto, se le atribuyen propiedades hipoglucemiantes, se usa como paliativo en patologías donde existen deficiencias nutricionales. Todas las partes de la Moringa son aprovechables y pueden emplearse o consumirse de formas variadas. El contenido de proteínas, vitaminas y minerales es sobresaliente. El sabor es agradable y las diversas partes de la planta se pueden consumir crudas o cocinadas de diversas maneras, por lo que es una alternativa viable para enriquecer otros alimentos. México es el principal consumidor de tortilla en el mundo, se estima que es consumida por el 94 % de la población, constituye uno de los pilares más importantes de la alimentación a nivel nacional; en algunas zonas rurales contribuye el 70 % de la ingesta calórica y el 50 % del consumo proteico diario; más sin embargo, su calidad proteica es baja por deficiencia de aminoácidos esenciales: lisina y triptófano. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades nutricionales y sensoriales de una tortilla de maíz adicionada con polvo de Moringa oleifera deshidratada. Se realizó un análisis químico proximal de la Moringa oleifera fresca y deshidratada, posteriormente se elaboró una tortilla de maíz adicionada con polvo de Moringa deshidratada, la cual se caracterizó química y sensorialmente. Los resultados indican que la Moringa presenta un 25.75 % de proteína; así que se elaboró una tortilla de maíz adicionada con 3 % p/p de Moringa deshidratada en polvo; se logra incrementar significativamente en un 16.4 % el contenido proteico, 76.9 % de fibra cruda, 45.9 % los minerales totales, en donde se destaca el incremento en Magnesio; en cuanto a la evaluación sensorial de la tortilla de maíz adicionada con Moringa deshidratada, no tuvo una aceptación superior a la tortilla de maíz tradicional, pues la adición de Moringa le confiere un color verde por los pigmentos originales de Moringa y un sabor ligeramente perceptible, sin embargo no fue rechazada por los panelistas, lo que posibilita el consumo y comercialización de la misma; puesto que actualmente existe un mayor interés hacia los alimentos saludables; Por lo anterior se puede considerar a la Moringa oleifera como una alternativa viable para enriquecer una tortilla de maíz y con esto incrementar la calidad de un alimento básico y accesible para zonas de bajos recursos y poder combatir la desnutrición en sectores infantiles de alto riesgo.

Palabras clave: Moringa oleifera, tortilla, proteína, minerales.

ABSTRACT

The *Moringa oleifera* is a plant cultivated in the world, currently it occurs as an important vector in the fight against poverty and malnutrition, nutrition and water treatment applications. Apart from scientific studies on the subject, hypoglycaemic properties attributed to it, used as a palliative in diseases where there are nutritional deficiencies. All parts of the Moringa are usable and can be used or consumed in various ways. The content of proteins, vitamins and minerals is outstanding. The taste is pleasant and different parts of the plant can be eaten raw or cooked in different ways, so it is a viable alternative to enrich other foods. Mexico is the main consumer of tortillas in the world, it is estimated that it is consumed by 94% of the population, is one of the most important pillars of power at the national level; in some rural areas contributes 70% of caloric intake and 50% of daily protein consumption; more however, their protein quality is low due to deficiency of essential amino acids: lysine and tryptophan. The objective of the present study was to evaluate the nutritional and sensory properties of a corn tortilla with powder added for *Moringa oleifera* dehydrated. Proximal chemical analysis was performed of the *Moringa oleifera* fresh and dehydrated, was subsequently developed a corn tortilla added with powder of dried Moringa, which was characterized chemical and sensory. the results indicate that Moringa presents a 25.75% of protein; so developed a corn tortilla added with 3% w/w of Moringa dried powder; achieved significantly increase a 16.4% protein content, 76.9% of crude fiber, 45.9% total minerals, where stands the increase in magnesium; in terms of sensory evaluation of corn tortillas with dried Moringa added, he had no acceptance than the traditional corn tortilla, because the addition of Moringa gives it a green color by the original pigments of Moringa and a slightly perceptible taste, however not was rejected by the panelists, which enables the consumption and marketing thereof; Since there is a greater interest in healthy foods; For the above can be seen at the *Moringa oleifera* as a viable alternative to enrich a corn tortilla and with this increase the quality of a food basic and accessible to low-income areas and be able to combat malnutrition in high-risk children's sectors.

Key words: *Moringa oleifera*, tortilla, protein and minerals.

I. INTRODUCCIÓN

La Moringa es el único género de la familia *Moringaceae*. Este comprende trece especies las cuales son árboles de climas tropicales y subtropicales; la especie más popular es la *Moringa oleifera* conocida comúnmente como Moringa, es un árbol pequeño de crecimiento acelerado que usualmente alcanza entre 10-12 metros de altura (Liñán, 2010); exige poco cuidado agrícola, crece rápidamente hasta alcanzar una altura de entre 3 y 5 metros en un año y es resistente a la sequía por lo cual tiene un bajo costo de producción (González, 2010) aunque con tendencia a perder hojas en periodos de estrés hídrico (Magaña, 2012). En el tratamiento de agua las semillas son de utilidad como uno de los mejores floculantes naturales conocidos y se emplean ampliamente en la depuración y purificación de aguas pluviales y aguas turbias (Magaña, 2012). Puede emplearse en tratamiento de agua a nivel domiciliario, por su bajo costo y fácil manejo; también puede ser empleada en el lavado de manos por su acción antimicrobiana (Navarro, 2005) y en la medicina la *Moringa oleifera* es una planta utilizada para el tratamiento de diversas patologías, los estudios farmacológicos y químicos sobre la Moringa están en desarrollo pero se le atribuyen propiedades hipoglucemiantes por sus compuestos nutraceuticos. Es una de las plantas más utilizadas por su alto valor nutricional, antioxidante y potencial terapéutico en programas de salud (Gutierrez, Soto, & Valencia, 2015). Su consumo como alimento mejora las cualidades de la dieta. Puede emplearse tanto en la prevención de la desnutrición, como contribuir al tratamiento de la misma. Todas las partes de la Moringa son aprovechables y pueden emplearse o consumirse de formas variadas (Arguello, 2015). El contenido de proteínas, vitaminas y minerales es sobresaliente. El sabor es agradable y las diversas partes se pueden consumir crudas o cocinadas y de diversas maneras (Magaña, 2012). En los últimos años la hoja seca de la Moringa se ha vuelto muy popular en México y otros países particularmente para preparar infusiones (tés) a los que se atribuyen propiedades antiescleróticas, antioxidantes y para regulación de peso corporal. Por las propiedades benéficas atribuidas mencionadas anteriormente se puede proponer la adición de la hoja de Moringa fresca o deshidrata en alimentos con lo cual se espera aumentar algunos compuestos del alimento y más al adicionar la hoja deshidratada ya que se concentran los componentes. La fortificación de alimentos se refiere a la adición de micronutrientes a determinados alimentos. Esta estrategia es considerada actualmente como uno de los principales enfoques para mejorar el consumo de vitaminas y minerales en las poblaciones. Debido a los costos relativamente bajos y a los demostrados beneficios, la fortificación de alimentos aparece como una de las intervenciones de salud pública más rentables (O'Donnell, Roviro, & Zapata, 2011). México es el principal consumidor de tortilla en el mundo, pues se estima que es consumida por el 94 % de la población, por lo que el volumen de producción y consumo es cercano a 12 millones de toneladas por año, lo que

representa un porcentaje importante entre los productos alimentarios comercializados en el país (Sosa, 2013). La tortilla de maíz constituye uno de los pilares más importantes de la alimentación en México; se consumen diariamente alrededor de 300 millones de tortillas de maíz, la cual por su alto contenido de almidón y su aportación proteínica, en algunas zonas rurales contribuye el 70 % de la ingesta calórica y el 50% del consumo proteico diario; sin embargo, su calidad proteica es baja por deficiencia de aminoácidos esenciales: lisina y triptófano (Iriate, 2005) (Cortés, 2009). La adición del polvo de Moringa obtenido de la deshidratación podría ser una alternativa viable para enriquecer a la tortilla de maíz en algunos componentes como lo son las proteínas y minerales que se encuentran presentes en la hoja de Moringa oleifera.

II. JUSTIFICACIÓN

La Moringa oleifera es usada en algunos países contra la desnutrición, por sus propiedades medicinales y su semilla es usada para la potabilización de agua. En México existe la venta de cápsulas de Moringa y es de consumo común en la población por tener dichas propiedades. La hoja de la Moringa posee un alto contenido de proteínas y minerales lo que la hace candidata para ser usada en la fortificación de alimentos, particularmente en la tortilla, convirtiéndola en un alimento funcional que ayude a la población de bajos recursos a consumir el aporte de proteína que se requiere día con día. La Moringa al ser adicionada a la tortilla puede contribuir a disminuir la desnutrición al tener una buena ingesta de proteínas y minerales e incluso a prevenir algunas enfermedades.

III. HIPÓTESIS

La Moringa oleifera deshidratada adicionada a la tortilla de maíz incrementa su valor nutricional en proteínas y minerales sin afectar el nivel de agrado y la aceptación sensorial del producto.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar las propiedades nutricionales y sensoriales de una tortilla de maíz adicionada con polvo de Moringa oleifera deshidratada.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Caracterización de la Moringa oleifera fresca y deshidratada
- Formulación de tortillas control y adicionada con Moringa oleifera deshidratada.
- Evaluación sensorial de todas las tortillas elaboradas
- Evaluación nutricional y caracterización de las tortillas formuladas con Moringa oleifera deshidratada.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Moringa oleifera

La Moringa oleifera tuvo su auge recientemente en México debido a dos descubrimientos; en la década de 1990 se encontró que gracias a su alto contenido proteico (Olson & J.W., 2011), la administración de polvo de la hoja seca de Moringa a madres en lactancia en situación de inanición extrema aumentaba la producción de leche, posibilitándola supervivencia de los niños (Fuglie, 2001). El otro descubrimiento ocurrió en un laboratorio, cuando confirmaron sus propiedades quimioprotectoras anticáncer en animales (Bharali, Tabassum, & Azad, 2003).

A pesar de que es un cultivo incipiente en el país, Michoacán ya es líder nacional en producción de la Moringa, en la entidad se tienen registradas más de 30 hectáreas con este cultivo, pero pueden ser muchas más, ya que desde hace algunos años se promueve en los municipios de Apatzingán, Huacana, Buenavista, Tepalcatepec, Arteaga, Tumbiscatío, Tuzantla, Huetamo, Tepalcatepec y Tzitzio entre otros (MiMorelia.com, 2017).

Algunos nombres comunes de la Moringa en América Latina y el mundo son: Paraíso blanco, acacia, marango, Behembaun (alemán); West Indian ben (inglés); Benzolive (francés); sándalo ceruler (italiano); palo de abeja (República Dominicana); entre otros (Magaña, 2012).

La Figura 1 muestra la distribución geográfica de los principales países en donde se consume actualmente Moringa oleifera.

Este árbol es originario del sur del Himalaya, que se irá extendiendo a otras partes de la India, Afganistán, Pakistán, Asia Occidental, Caribe, África del Este y Oeste, Centroamérica y gran parte de América del sur. En América tropical se cultiva generalmente como planta ornamental, se creó que fue llevada de la India a África por los ingleses e introducida al caribe por los franceses y de allí a Centroamérica (Bonal, Rivera, & Emilia, 2012).



Figura 1. Principales países en donde se consume actualmente *Moringa oleífera*

La *Moringa* tiene una característica muy importante que es la resistencia a la sequía y puede ser cultivable en regiones áridas y semiáridas (Fayos, 2007) (Sánchez, G.C.G, & S.R, 2013).

La *Moringa* se presenta como un vector importante en la lucha contra la desnutrición y la pobreza, con aplicaciones en nutrición, tratamiento de agua, higiene y generación de ingresos, a su vez para acción contra el hambre (Navarro, 2005).

5.1.1 CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA

La clasificación taxonómica de la *Moringa oleífera* según el Integrated Taxonomic Information System (Itis report, 2016) es la siguiente:

- Reino: Plantae
- Subreino: Viridiplantae
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Brassicales
- Familia: Moringaceae
- Género: *Moringa*
- Especie: *Moringa oleifera* (García, Martínez, & Rodriguez, 2013).

5.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA

La Moringa es el único género de la familia *Moringaceae*. Este comprende trece especies las cuales son árboles de climas tropicales y subtropicales; la especie más popular es la Moringa oleífera (Bonat, Rivera, & Emilia, 2012).



Figura 2. Planta de *Moringa oleífera*

La *Moringa oleifera* conocida comúnmente como Moringa, es un árbol pequeño de crecimiento acelerado que usualmente alcanza entre 10-12 metros de altura (Liñán, 2010); es un árbol o arbusto perennifolio con copas abiertas y follaje pináceo y crece fácilmente por reproducción asexual por estacas en condiciones de sequía (Adedapo, G.M, & Emikpe, 2009), exige poco cuidado agrícola, crece rápidamente hasta alcanzar una altura de entre 3 y 5 metros en un año (Figura 2) y es resistente a la sequía por lo cual tiene un bajo costo de producción (González, 2010) aunque con tendencia a perder hojas en periodos de estrés hídrico, las flores son de color crema y aparecen principalmente en las épocas de sequía; se beneficia de algún riego esporádico; también se beneficia de algún pequeño aporte de fertilizante no es un árbol fijador de nitrógeno (Magaña, 2012).



Figura 3. Raíz de *Moringa oleífera*

Raíz: La raíz principal mide varios metros y es carnosa en forma de rábano (Figura 3). Es pivotante y globosa lo que le brinda a la planta cierta resistencia a la sequía en periodos prolongados. Cuando se le hacen cortes, produce una goma color rojizo parduzco (Fayos, 2007) (Sánchez, G.C.G, & S.R, 2013).

La raíz se usa en la elaboración de algunos alimentos como condimento, esta tiene un sabor a rábano picante (Mora & Gacharmá,

2015).

Hojas: Las hojas son compuestas, de unos 20 cm de largo, con hojuelas delgadas, oblongas u ovaladas de 1 a 2 cm de largo y de color verde claro (Figura 4); tienen cualidades nutritivas sobresalientes, que están entre las mejores de los vegetales perennes.

Las hojas son excepcionalmente ricas en vitaminas y diferentes aminoácidos por lo que se recomiendan para problemas de mal nutrición en niños. También se emplean para forrajes y para la producción de biogás entre otras (Martínez, Carballo, & Rocha, 2011).



Figura 4. Hojas de Moringa oleífera



Figura 5. Flores de Moringa oleífera

Flores: Las flores son de color crema, numerosas, fragantes y bisexuales. Miden de 1 a 1.5 cm de largo. Éstas se encuentran agrupadas y están compuestas por sépalos lineales a lineal-oblongo, de 9 a 13 mm de largo (Figura 5). Los pétalos son un poco más grandes que los sépalos. También sirven como alimento en algunos platillos y son útiles para tratar problemas urinarios; favorece la calidad y el flujo de la leche materna (Fayos, 2007); a su vez la flor es una importante fuente

de néctar para las abejas (Magaña, 2012).

Tallo: La corteza es blanquecina, el tronco generalmente espeso e irregular en tamaño y forma y la corona pequeña y densa, rara vez sobrepasa los 10 metros de altura (Figura 6). El tallo se utiliza como carbón vegetal; la corteza fresca funciona como antídoto contra picaduras de algunos insectos, contra el veneno de serpientes (Arias, 2014); es útil en la adsorción de metales pesados, así como para la fabricación de cuerdas y alfombras (Mora & Gacharmá, 2015).



Figura 6. Tallo de la planta de Moringa oleífera



Figura 7. Fruto de la *Moringa oleífera*

Fruto; los frutos son unas capsulas son de color pardo, de tres lados, lineales y pendientes, con surcos longitudinales, usualmente de 20 a 45 cm de largo, aunque a veces hasta de 120 cm de largo, y de 2 a 2.5 cm de ancho que dan apariencia de vaina (Figura 7). Si se corta transversalmente se observa una sección triangular con varias

semillas dispuestas a lo largo; estas vainas alcanzan la madurez aproximadamente 3 meses después del florecimiento.



Figura 8. a) semilla seca, b) semilla fresca

Semillas: Las semillas son carnosas, cubiertas por una cascara fina de color café (semilla seca) y verde claro (hojas semillas frescas). Poseen tres alas, o semillas aladas de 2.5 a 3 mm de largo (Figura 8). Al quitar la cáscara se obtiene el endospermo que es blanquecino y oleaginoso (García, Martínez, & Rodriguez, 2013). Las semillas contienen algunas proteínas funcionales de alto valor con capacidad coagulante, esta tecnología se ha fusionado con el tratamiento de aguas (Fayos, 2007); además se utilizan tanto en la alimentación, la medicina y como fertilizantes. La cascarilla de las semillas sirven de materia prima para la producción de carbón activado y de intercambiadores aniónicos (Martín, y otros, 2013).

5.1.3 PRINCIPALES PROPIEDADES

El aceite se encuentra en un 35 % en la semilla de la Moringa, éste es de alta calidad, poco viscoso y dulce (Magaña, 2012); se usa en la industria de perfumería y de cosméticos como lubricante, en la alimentación humana y la producción de biodiesel.

Además el aceite de la moringa es rico en ácido oleico (73 %); se utiliza en aderezos, aunque puede ser empleado también en el mejoramiento de la estabilidad oxidativa de otros aceites, lo que le confiere esta propiedad (estabilizante) es que el ácido oleico es más resistente a la oxidación en comparación con el linoleico; esto permite

obtener mezclas con propiedades mejoradas para el uso culinario sin afectar las propiedades nutricionales (Mora & Gacharmá, 2015).

El aceite de Moringa tiene la propiedad de arder al fuego sin producir humo, es apto por lo tanto como combustible para lámparas (Magaña, 2012). Los residuos de la extracción del aceite de las semillas pueden utilizarse como acondicionador del suelo o como fertilizante y tienen potencial para ser utilizados como suplemento alimenticio avícola y ganadero (Monteagudo, 2013).

5.2 PRINCIPALES USOS

En uno de los folletos promocionales, divulgados en Cuba por el Programa Nacional de la Agricultura Urbana se plantea que la moringa es una de las plantas que más utilidad tiene en el mundo, toda la planta se puede aprovechar (Bonaf, Rivera, & Emilia, 2012).

5.2.1 TRATAMIENTO DE AGUAS Y PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

Las semillas son de mucha utilidad como uno de los mejores floculantes naturales conocidos y se emplean ampliamente en la depuración y purificación de aguas fluviales y aguas turbias (Magaña, 2012), ya que poseen una sustancia coagulante y floculante que captura las partículas en suspensión en el agua y provocan sedimentación (Melo & Turriago, 2012) (Molano, 2011). Puede emplearse en tratamiento de agua a nivel domiciliario, por su bajo costo y fácil manejo; también puede ser empleada en el lavado de manos por su acción antimicrobiana.

Es una de las plantas en las que más se han hecho estudios en la evaluación como coagulante natural. La utilización de las semillas de Moringa molidas ha dado buenos resultados en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas. Las semillas de Moringa podrían llegar a ser una alternativa para evitar muertes que ocasionadas anualmente ingesta de agua contaminada (Melo & Turriago, 2012) (Molano, 2011).

Se ha investigado el aceite de *Moringa oleifera* como una posible fuente de biodiesel “El biodiesel se obtiene a partir de aceite de semillas de Moringa por medio de álcali –catalizada de trans-esterificación con metanol ácido después de pretratamiento y como resultado, los ésteres metílicos (biodiesel) obtenidos muestran un alto número de cetano de aproximadamente 67, uno de los más altos encontrados para un combustible biodiesel”. El aceite de Moringa parece ser un sustituto aceptable para el diésel de petróleo y para combustibles de biodiesel derivados de aceites vegetales (Amador, 2016).

5.2.2 USOS FARMACOLÓGICOS

La Moringa oleifera es una planta cultivada en todo el mundo y utilizada para el tratamiento de diversas patologías. Los estudios farmacológicos y químicos sobre la Moringa están en desarrollo. A la Moringa oleifera se le atribuyen propiedades hipoglucemiantes por sus compuestos nutraceuticos (Gutierrez, Soto, & Valencia, 2015).

La medicina alópata y homeópata se basa en la observación empírica, pero sus principios metodológicos y farmacológicos difieren en la producción de medicamentos, en la observación, tratamiento y objetivos terapéuticos (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014).

En la actualidad, la medicina alópata enfrenta una crisis de resistencia antimicrobiana que atiende al uso inapropiado de antibióticos, falta de sistemas de vigilancia efectivos y ausencia de legislación que permita controlar la venta y uso excesivo de estos medicamentos (Briseño, Correa, Valecia, T.J., & P., 2008); sin embargo la evidencia científica de su efectividad y sus contradicciones están bien establecidas. La medicina tradicional homeópata aún no tiene estudios científicos suficientes sobre sus potenciales resultados benéficos o perjudiciales; por lo tanto la eficacia, seguridad y eficiencia de la homeopatía con calidad metodológica y resultados comparables a los estudios realizados con tratamientos convencionales, así como estudios de la composición química de algunos principios activos y sustancias nutritivas (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014).

En el marco de las observaciones anteriores la Moringa oleifera es una de las plantas más utilizadas por su alto valor nutricional, antioxidante y potencial terapéutico en programas de salud; la Moringa es un árbol cuyas propiedades terapéuticas constan de manuscritos hindúes que se remontan hasta el año 150 a.C. ésta era conocida como “Shigon” y se mencionaba por sus efectos medicinales en el Shushruta Samnhita, un texto médico de esa época, también fue usado en la antigüedad por los romanos, griegos y egipcios como agente medicinal (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014).

En la india, donde tradicionalmente se usa la Moringa oleifera, se han reportado los siguientes efectos (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014):

- Raíz: Rubefaciente, carminativo, para la fertilidad, antiinflamatorio, para estimular a pacientes en estado paralítico; también actúa como tónico cardiocirculatorio, como laxante, como método abortivo y se emplea para

aliviar algunas afecciones: reumatismo, inflamaciones, dolores articulares y estreñimiento.

- Hojas: Pueden utilizarse como purgante, como cataplasma en las heridas, para minimizar los dolores de cabeza (frotarlas en la sien), las hemorroides, la fiebre, el dolor de garganta, la bronquitis, las infecciones óticas y oculares, el escorbuto y el catarro; el jugo de las hojas controla los niveles de glucosa y reduce la inflamación glandular.
- Corteza del tallo: Como rubefaciente, para curar enfermedades oculares y para el tratamiento de pacientes delirantes. Así mismo, previene el agrandamiento del bazo y la formación de glándulas tuberculosas en el cuello, destruye los tumores y sana las úlceras. El jugo de la corteza del tallo alivia los dolores de oídos, se pone en la cavidad dentaria como analgésico y tiene actividad antituberculosa.
- Goma o resina: Se emplea para corregir las caries dentales, es astringente y rubefaciente; mezclada con el aceite de ajonjolí, alivia el dolor de cabeza, la fiebre, las molestias intestinales, la disentería y el asma. Muchas veces se utiliza como abortivo y para tratar a pacientes con sífilis y afecciones reumáticas.
- Flores: Poseen alto valor medicinal como estimulante, afrodisíaco, abortivo y antiinflamatorio. Se emplean para aliviar enfermedades musculares, histeria, tumores, agrandamiento del bazo, para disminuir el valor del colesterol en sangre, los fosfolípidos y los triglicéridos; también disminuye el perfil lipídico del hígado, del corazón y de la aorta en conejos hipercolesterolémicos y aumenta la excreción de colesterol fecal.
- Semillas: El extracto de las semillas ejerce su efecto protector, disminuye los peróxidos lipídicos del hígado.

Al margen de los estudios científicos realizados al respecto, en la actualidad la planta de Moringa se usa como paliativo en más de 300 enfermedades incluyendo hipercolesterolemia, hipertensión, diabetes, padecimientos neurodegenerativos, anemia y problemas de fertilidad. La mayoría de las condiciones tratadas son consecuencia de deficiencias nutricionales ya que se utiliza principalmente en regiones de mayor pobreza (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014)

Los estudios científicos acerca de las propiedades benéficas de la *Moringa oleifera*, confirman que fomenta la reducción de la glucosa sérica en ratones diabéticos en un 69.2 %, con una dosis diaria de 200 mg/Kg (Jaiswal, Kumar, Kumar, Mehta, & Watal, 2009), disminuye los índices de anemia por deficiencia de hierro (Fernandez, 2010), reduce la aparición de úlceras gástricas por *Helicobacter pylori* (Olson & J.W., 2011) y es útil en la regulación de las hormonas tiroideas en ratones suizos adultos. Previene el daño cardíaco al modular las enzimas encargadas de la

peroxidación lipídica, reduce las convulsiones inducidas por penicilina, aumenta los niveles de serotonina y disminuye los de dopamina, inhibe el proceso inflamatorio en desordenes alérgicos como el asma por modulación de las citocinas producidas por los linfocitos Th1 y Th2 (Pandey, y otros, 2012).

Posee además fitonutrientes como Luteína, Zeaxantina y Clorofila, que limpian el cuerpo de toxinas, purifican los riñones, ayudan a fortalecer el sistema inmunológico y a la proliferación de glóbulos rojos, amortiguando el impacto del estrés oxidativo en el organismo, retrasando o previniendo así enfermedades asociadas al daño por radicales libres como el Alzheimer, la arteriosclerosis, cáncer, cataratas o cuadros inflamatorios crónicos (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014).

En los últimos años la hoja deshidratada de la Moringa se ha vuelto popular en México y otros países particularmente para preparar infusiones a las que se atribuyen propiedades antiescleróticas, antioxidantes y para bajar de peso (dicho comúnmente). A la hoja y a los té de la Moringa se les atribuyen otras propiedades benéficas ya mencionadas anteriormente.

5.2.3 CLARIFICANTE EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

La Moringa es empleada en la clarificación de miel y del jugo de caña de azúcar. También para el tratamiento de agua, la semilla de la moringa debe ser triturada y tamizada utilizando técnicas tradicionales para producir la harina de maíz; el polvo de la semilla bien triturada, al mezclarse con el agua produce proteínas solubles con una carga positiva. La dosis de solución (por lo general 1-3 %) actúan como un polielectrolito canónico durante el tratamiento (Magaña, 2012).

5.2.4 ALIMENTACIÓN HUMANA Y ANIMAL

La Moringa tiene un alto potencial en la generación ingresos a través del desarrollo de pequeñas explotaciones forestales (Navarro, 2005) debido a su viabilidad en bajo costo de producción y alto grado de adaptabilidad a condiciones de suelo y clima (Arguello, 2015).

La Moringa oleifera posee cualidades nutricionales sobresalientes y está considerada como uno de los mejores vegetales perennes, difícilmente se puede encontrar otro alimento más completo en el cual los frutos verdes, semillas y raíces también son comestibles (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).

El consumo, como alimento mejora las cualidades de la dieta. Puede emplearse tanto en la prevención de la desnutrición, como contribuir al tratamiento de la misma.

Todas las partes de la Moringa son aprovechables y pueden emplearse o consumirse de formas variadas (Arguello, 2015).

El contenido de proteínas, vitaminas y minerales es sobresaliente. El sabor es agradable y las diversas partes se pueden consumir crudas o cocinadas y de diversas maneras (Magaña, 2012).

ALIMENTACION ANIMAL

Por el contenido de proteínas, vitaminas, aminoácidos, minerales y carotenos la Moringa oleifera se ubica como un suplemento de importancia (debidamente balanceado) en la dieta de ganadería de leche, así como en la dieta de aves, peces, cerdos entre otros.; así como también para la elaboración de harina proteica y materia prima para fabricar alimentos balanceados para animales de alta conversión y bajo costo. Mediante el proceso de deshidratación, molienda, acondicionamiento, extruido (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).

Las hojas de la Moringa constituyen uno de los forrajes más completos; son ricas en proteínas, vitaminas y minerales con una excelente palatabilidad, las hojas son ávidamente consumidas por todo tipo de animales: rumiantes, camellos, cerdos, aves incluso carpas y otros peces herbívoros (Magaña, 2012). Las hojas sirven como fuente de alimento, ya que los contenidos nutricionales de la planta y el bajo costo de la producción de biomasa son ideales para la alimentación.

Las características nutricionales de esta planta son excelentes por lo que es usada como forraje en países africanos y en Nicaragua (Pérez, Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010). Se ha demostrado que aumenta el rendimiento de carne en animales, que tiene un efecto antiparasitario y curativo (Anwar, Muhammad, & Anwarul, 2007); sin embargo la variación considerable en las propiedades nutrimentales de la moringa depende de factores genéticos, medio ambiente y métodos de cultivo (Villarreal, Ortega, & Johana, 2014).

A veces es necesario combinar la hoja con otro tipo de planta para balancear la dieta de los animales sobre todo por la falta de fibra (la implementación de Moringa oleifera es negativa para alimentar lombrices) (Castro, 2013).

Las hojas se pueden emplear directamente o después de la extracción con etanol. Los altos niveles de proteína cruda y el índice de proteína digerible (PDI) hacen de las hojas de la moringa un buen suplemento proteínico para el ganado vacuno de alta productividad.

Las hojas extraídas con etanol son aún mejores ingredientes para piensos; tienen elevado contenido de proteínas, no contienen taninos, lectinas, inhibidores de tripsina, ni factores de flatulencia y sus niveles de saponinas son bajos. La torta desgrasada de moringa es una materia prima de interés para su alimentación (Martín, y otros, 2013).

Cuando se utiliza la Moringa oleifera en alimentación animal hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El alto contenido proteínico de las hojas de Moringa oleifera debe balancearse con otros alimentos energéticos. El alimento para ganado que consiste en un 40-50 % de hojas debe mezclarse con melaza, caña de azúcar, plantas de sorgo dulce (joven), o cualquier otra cosa que esté disponible en el ámbito local (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).

El contenido máximo de proteína y fibra del alimento para ganado debe ser como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad máxima (%) de proteína y fibra en el alimento para ganado considerada segura para vacas y cerdos.

	PROTEÍNA	FIBRA
Vaca lactante	18 %	26-30 %
Ganado/ vaca de engorde	12-14 %	36 %
Cerda lactante	16-18 %	5-7 %
Cerda para carne	12-14 %	5-7 %

Fuente: (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).

- Debe tenerse cuidado de evitar la ingesta excesiva de proteínas. Demasiada proteína en alimento para cerdos aumentará el desarrollo muscular, a expensas de la producción de grasa. En el ganado de engorde, demasiada proteína puede ser fatal (por la alteración del ciclo del nitrógeno) (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).
- El ordeño de las vacas debe hacerse al menos tres horas después de alimentar al animal a fin de evitar el sabor a hierbas de la Moringa oleifera

en la leche. Obteniéndose con alimento a base de Moringa oleifera la producción de leche de 10 L/día y sin alimento a base de Moringa oleifera, una reducción de 7 L/día (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).

- Con alimento a base de Moringa oleifera el aumento diario de peso en ganado de engorde es de 1,200 g/día. Sin alimento a base de Moringa oleifera el aumento diario de peso para ganado de engorde es de 900 g/día (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).
- Con el alimento a base de Moringa oleifera el peso más alto al nacer (3-5 kg) puede ser problemático para el ganado pequeño. Podría ser recomendable inducir el parto 10 días antes a la fecha para evitar problemas (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).
- Como todos los forrajes, es importante someter la Moringa oleifera a deshidratación en el mismo cultivo antes de suministrarla al ganado, con el fin de disminuir el nivel de agua en su organismo, y aumentar los niveles de proteína, grasa, fibra y cenizas. Es sabido que cuando el ganado consume forrajes con altos niveles de humedad, tiene excretas demasiado acuosas y retrocede del peso que hubiere podido ganar con pasturas de buena calidad (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).
- En el caso de no rumiantes principalmente en aves y cerdos el valor nutritivo de las hojas frescas se puede incrementar con la adición de la enzima fitasa que rompe los fitatos, lo que incrementa la absorción del fósforo contenido en las hojas frescas de Moringa oleifera (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).
- Los pollos, gallinas y pavos no suelen admitir el consumo directo de las hojas frescas o polvo de hojas de Moringa oleifera en forma voluntaria (García, Martínez, & Rodríguez, 2013), por ello son convenientes los concentrados de la hoja de moringa (Montesinos, 2010) (García, Martínez, & Rodríguez, 2013).

La cantidad de proteína recomendada para aves es 22 %, de ellas, más de la mitad se podría obtener a partir de este alimento de bajo costo. El contenido, húmedo o liofilizado, se mezcla y muele con los otros componentes del pienso: el primero para consumo inmediato, mientras el liofilizado se conserva por tiempos prolongados (Montesinos, 2010).

La preparación del concentrado de hojas se lleva a cabo de la siguiente manera: las hojas se ponen en agua e inmediatamente se pasan por molino o trituradora. La

mezcla se calienta a 70 °C/10 min. En el fondo se presenta una capa de proteínas precipitadas y una vez eliminado el exceso de agua se puede liofilizar, aunque no siempre hace falta secar la mezcla (Montesinos, 2010).

ALIMENTACIÓN HUMANA

El estilo de vida que se ha vivido desde finales del siglo XX, ha traído consigo cambios en materia alimentaria; los nuevos hábitos alimenticios son pocos saludables, a esto se le suma el sedentarismo, el estrés, entre otros factores se obtiene como resultado un incremento considerable en enfermedades como la diabetes, la hipertensión arterial, el cáncer y la obesidad entre otros, representando un grave problema (Arguello, 2015).

Toda la planta es muy apreciada por su valor nutricional y cada parte es utilizada en la elaboración de diferentes platillos en la India, Filipinas y varios países africanos entre otros.

- La hoja de Moringa tiene un alto contenido de vitaminas, minerales y proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales balanceado y un buen aporte de vitaminas A, C y antioxidantes y de las hojas se obtienen extractos e infusiones. Debido a su adaptabilidad y bajo costo de producción, parece ser un alimento con un buen pronóstico para el futuro, además presenta un 70.5 % de digestibilidad aparente en materia seca y un 65.5 % de digestibilidad aparente de proteína (Amador, 2016)

Las hojas tiernas pueden consumirse:

- Cocinadas: se utilizan en la elaboración de ensaladas, sopas y salsas.
- Crudas: en ensaladas (Marthur & W., 2005)

Las hojas de Moringa pueden combatir la desnutrición infantil y maternas desprotegidas (Majo, Masika, Hugo, & Muchenje, 2011).

- Las flores al ser cocinadas tienen un sabor similar al de las setas comestibles, comúnmente son usadas en tisanas por la medicina tradicional contra algunas enfermedades cardiovasculares ya que reduce los niveles de colesterol y triglicéridos (Amador, 2016).

- Las vainas (frutos jóvenes) son comestibles, se consumen en sopas y diferentes guisados. En Haití y en la India, se comercializan congeladas y frescas. (Amador, 2016).

Pueden consumirse:

- Tiernas: se preparan del mismo modo que las habichuelas y su sabor es similar a los espárragos.
 - Maduras: se tornan leñosas y pierden su cualidad como alimento (Marthur & W., 2005).
-
- Las semillas maduras se pueden preparar de forma similar a los guisantes; pueden consumirse fritas, tostadas, en infusiones y en salsas (Marthur & W., 2005).
-
- Las raíces se preparan en salsas, que por su sabor recuerdan al rábano picante (Marthur & W., 2005).

La Moringa contiene prácticamente todos los nutrientes que el cuerpo necesita y en cantidades altas como para poder mantener un equilibrio armónico. Por lo tanto, se puede consumir de la forma recomendada para notar mejoras en la salud (Amador, 2016).

5.3 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA Moringa oleifera

La mayoría de las fuentes revisadas parecen estar de acuerdo sobre los beneficios nutricionales de la Moringa oleifera, contienen una amplia variedad de antioxidantes exógenos como flavonoides, beta sitosterol , ácido cafeilquínico, zeatina, ácido ascórbico, fenoles, carotenoides, vitaminas A, C, E y K, complejo B entre otras principalmente contenidos en la hojas. En la Tabla 2 se muestra la composición química proximal de la planta de moringa.

Tabla 2. Composición química proximal de la Moringa (por cada 100 g)

	Hojas frescas	Hojas secas	Vainas
Calorías	92 cal	205 cal	26 cal
Carbohidratos	12.5 g	38.2 g	3.7 g
Grasa	1.70 g	2.3 g	0.1 g
Fibra	0.90 g	19.2 g	4.8 g
Proteína	6.70 g	27.1 g	2.5 g

Fuente: (Marthur & W., 2005) (Price, 2007).

En la Tabla 3 se muestran los valores de los nutrientes que proporcionan las hojas de la moringa; pero se desconoce la capacidad de absorción de cada uno de ellos en el cuerpo humano mientras que en la Tabla 4 se encuentra el perfil de aminoácidos y en la Tabla 5 las vitaminas que se encuentran presentes en las hojas y la vaina de la planta.

Tabla 3. Micronutrientes presentes en hojas (frescas y secas) y vainas Moringa (en cada 100 g)

Micronutrientes	Hojas frescas (mg)	Hoja seca (mg)	Vainas (mg)
Calcio	440	2000	30
Cobre	1.1	0.6	3.1
Hierro	7.2	28.2	5.3
Magnesio	42	368	24
Fósforo	70	204	110
Potasio	259	1.324	259
Zinc	0.16	3.3	

Fuente: (Marthur & W., 2005) (Price, 2007).

Tabla 4. Perfil de aminoácidos en las hojas (secas y frescas) de Moringa valores por cada 100 g de porción comestible

Aminoácido	Hoja fresca (mg)	Hoja seca (mg)
Arginina	406.6	1,325
Histidina	149.8	613
Isoleucina	299.6	825
Leucina	492.2	1,925
Lisina	342.4	1,325
Metionina	117.7	350
Fenilalanina	310.3	1,388
Treonina	117.7	1,188
Triptófano	107	425
Valina	374.5	1,063

Fuente: (Marthur & W., 2005) (Sánchez, G.C.G, & S.R, 2013).

Tabla 5. Vitaminas presentes en 100 g de Moringa

Vitaminas	Hojas frescas (mg)	Hojas secas (mg)	Vainas (mg)
Vitamina A	6.8	18	0.1
Vitamina B1	0.21	2.6	0.05
Vitamina B2	0.05	20.5	0.07
vitamina B3	0.8	8.2	0.2
Vitamina C	220	17.3	
Vitamina E		113	

Fuente: (Marthur & W., 2005).

5.4 FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS

La fortificación de alimentos se refiere a la adición de micronutrientes a determinados alimentos. Esta estrategia es considerada actualmente como uno de los principales enfoques para mejorar el consumo de vitaminas y minerales en las poblaciones. Debido a los costos relativamente bajos y a los demostrados beneficios, la fortificación de alimentos aparece como una de las intervenciones de salud pública más rentables. Sin embargo, deben tenerse en cuenta algunas condiciones para que los programas de fortificación sean efectivos:

- Que el alimento fortificado sea consumido en cantidades constantes y conocidas, por una gran proporción de la población objetivo.
- Que el compuesto de fortificación a utilizar presente buena biodisponibilidad y no afecte las propiedades sensoriales de los alimentos.
- Que los niveles seleccionados de fortificación sean adecuados para mejorar la ingesta de nutrientes de la población y que sean seguros, para evitar que aquellos que tienen un consumo elevado de alimentos fortificados tengan ingestas excesivas del nutriente (O'Donell, Rovirosa, & Zapata, 2011).

Se han identificado tres tipos de fortificación de los alimentos:

- Enriquecimiento o fortificación masiva (mass fortification en inglés): Suele ser propiciado por los gobiernos en casos en que exista una ingesta insuficiente a nivel poblacional, con consecuencias negativas para la salud pública. En general se utilizan alimentos básicos e inclusive condimentos como vehículo para aportar vitaminas y minerales adicionales al total de la población. El enriquecimiento es obligatorio, es decir, todas las marcas del alimento fortificado deben adicionar el/los micronutrientes, y todos utilizan los mismos niveles de fortificación y el mismo compuesto.
- Fortificación de alimentos específicos: En la cual los nutrientes se adicionan a alimentos dirigidos a subgrupos específicos de la población. Los ejemplos incluyen alimentos complementarios para lactantes y niños de corta edad, alimentos desarrollados para programas de alimentación escolar, galletas especiales para los niños y las mujeres embarazadas, y las raciones para la alimentación de emergencia y personas desplazadas.
- Fortificación voluntaria: Impulsada por el mercado (market driven fortification en inglés), en los casos en que una determinada empresa productora de alimentos toma la iniciativa de agregar cantidades específicas de uno o más micronutrientes a alguno de sus productos (O'Donell, Rovirosa, & Zapata, 2011).

5.4.1 VENTAJAS DE LA FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS

- No requiere modificación de los hábitos alimentarios, y a diferencia de lo que sucede con los suplementos, no requiere que la persona tenga que cumplir con la ingesta regular de un suplemento medicamentoso.
- El nutriente o nutrientes agregados se incorporan a la alimentación diaria en cantidades bajas pero constantes.
- Si se consumen de forma regular y frecuente, los alimentos fortificados mantendrán las reservas corporales de nutrientes de manera más eficiente que el uso intermitente de suplementos (O'Donell, Rovirosa, & Zapata, 2011).

La fortificación de alimentos destaca como una solución a mediano o largo plazo para corregir las deficiencias de micronutrientes específicos en una población, además de que en términos de costos y beneficios obtenidos a partir de la misma es un método rentable que permite llegar a un porcentaje importante de la población.

La importancia de la fortificación radica en su utilidad como estrategia para combatir y prevenir los padecimientos derivados las deficiencias de micronutrientes, mejorar el estado nutricional de la población, además de brindar atención a los problemas nutricionales de las poblaciones vulnerables que presentan un mayor riesgo de padecer deficiencias nutricionales.

5.4.2 FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS CON MORINGA

Los factores económicos y socio-culturales de un país como Guatemala han obligado a profesionales en el área de salud a recurrir al uso de mezclas vegetales para mejorar la alimentación de la población; adicionalmente, las mezclas vegetales también tienen aplicaciones para el tratamiento de personas afectadas con cáncer, por la aversión a las carnes que presentan los pacientes que la padecen (Monteagudo, 2013).

Las mezclas vegetales se elaboran con el fin de mejorar el valor biológico de la proteína vegetal. Cuando es posible, los alimentos de origen vegetal también pueden combinarse con productos de origen animal para obtener una mezcla de “alto valor nutritivo”, con el fin de mejorar el uso biológico dentro del organismo (Monteagudo, 2013).

Una de las características más importantes de la Moringa es el alto contenido de proteína en sus hojas; sus beneficios nutricionales son tan ampliamente reconocidos que no se puede dudar del impacto positivo del consumo de harina de

hoja de Moringa en situaciones de inanición inminente (Bonaf, Rivera, & Emilia, 2012).

Los análisis del contenido proteínico de las hojas secas muestran que hasta el 30 % de su peso está formado por proteína y que la mayor parte de esta parece ser directamente asimilable. Además, las hojas contienen todos los aminoácidos esenciales en un perfil alto y bien balanceado. Muchas plantas muestran estructuras ricas en proteínas, por ejemplo, los frijoles. Sin embargo, mientras la mayoría de ellas producen estas proteínas en sus frutos, la Moringa se destaca por contener las proteínas en sus hojas, las cuales están presentes en el árbol prácticamente todo el año (Marthur & W., 2005).

Las hojas de Moringa deshidratadas conservan su contenido de vitamina A después de 90 días de almacenamiento. Cabe mencionar que es probable que no cualquier proceso de secado conserve las propiedades de las hojas. Es casi seguramente esencial secar las hojas en la sombra y sin exposición a la luz ultravioleta artificial o del sol, pues esta luz fragmenta las largas cadenas moleculares de la vitamina. Si bien, muchos estudios apuntan fuertemente a la utilidad de la Moringa como suplemento nutricional escasean los estudios en seres humanos (Canett, Arvayo, & Rubalcaba, 2014).

Los altos valores nutritivos de la Moringa indican que la utilización de las hojas de en mezcla con los alimentos consumidos tradicionalmente constituye una alternativa para mejorar la alimentación de grupos de población rural e indígenas altamente vulnerables, como son las mujeres y los niños menores de cinco años. Una propuesta encontrada del uso del polvo de Moringa oleífera es mezclarlo con un vaso de jugo de naranja o cualquier otra bebida. Una cucharadita de polvo de moringa mezclada en un vaso de jugo de naranja se considera una bebida sana y nutritiva. También puede mezclarse en la preparación de alimentos diversos (Poliní, 2011).

5.4.3 FORMULACIÓN DE MEZCLAS VEGETALES

Las proteínas animales son las consideradas de mejor calidad o completas ya que brindan al organismo los aminoácidos en la proporción en que el cuerpo los necesita. Los huevos, leche, carnes y pescado son fuentes de proteínas completas. Las proteínas incompletas carecen o tiene muy bajo contenido de uno o más aminoácidos esenciales; el aminoácido esencial en concentración más baja se denomina aminoácido limitante (Monteagudo, 2013).

Las proteínas incompletas generalmente provienen de fuentes vegetales, por ejemplo, el maíz, cuyo contenido de lisina y triptófano es bajo, es decir que el aminoácido limitante es la lisina. La complementación de proteínas se basa en el principio de que una proteína deficiente o limitante en un aminoácido esencial puede mejorarse a través de la adición de pequeñas cantidades de otra proteína que sea una fuente rica en el aminoácido deficiente de la primera, por ejemplo, la proteína del frijol proporciona al maíz lisina y el maíz proporciona a la proteína del frijol metionina, el aminoácido limitante en el frijol. De tal manera que la combinación 7:3 maíz/frijol es superior en calidad del maíz o frijol individualmente (Monteagudo, 2013).

Tabla 6. Formulación de tortilla con Moringa.

Tortilla con moringa		
Ingredientes	Cantidad	Medida aproximada
Harina de maíz	250 g	
Agua	500 ml	2 tazas
Harina de Moringa (en polvo)	15 g	4 cucharadas

Fuente: (Poliní, 2011).

Tabla 7. Formulación de Caldo de moringa

Caldo de moringa		
Ingredientes	Cantidad	Medida aproximada
Hojas de moringa frescas	400 g	6 tazas
Agua	1 litro	4 tazas
Tomate	75 g	2 unidades pequeñas
Cebolla	15 g	½ unidad pequeña
Aceite	10 ml	1cucharada
Sal al gusto		

Fuente: (Poliní, 2011).

Tabla 8. Formulación de omelette de Moringa

Omelette de moringa		
Ingredientes	Cantidad	Medida aproximada
Huevos	8	½ kg
Hojas frescas de moringa	100 g	
Cebolla	30 g	1 unidad pequeña
Ajo picado	1 diente	
Tomates frescos picados en cubitos	200g	3 tomates pequeños
Sal, pimienta y pimientón al gusto		

Fuente: (Poliní, 2011).

Polini en el 2011 sugirió la incorporación Moringa en alimentos como tortilla, caldo y omelette, con la finalidad de incrementar el valor nutricional de los mismos (Tablas 6, 7, y 8).

5.5 TORTILLA DE MAIZ

México es el principal consumidor de tortilla en el mundo, se estima que es consumida por el 94 % de la población, por lo que el volumen de producción y consumo es cercano a 12 millones de toneladas por año, representando un porcentaje importante entre los productos alimentarios comercializados en el país (Sosa, 2013).

La tortilla de maíz constituye uno de los pilares más importantes de la alimentación en México; se consumen diariamente alrededor de 300 millones de tortillas de maíz, la cual por su alto contenido de almidón y su aportación proteínica, en algunas zonas rurales contribuye el 70 % de la ingesta calórica y el 50 % del consumo proteico diario; sin embargo, su calidad proteica es baja por deficiencia de aminoácidos limitantes esenciales: lisina y triptófano (Iriate, 2005) (Cortés, 2009).

La tortilla se define como un disco aplanado de masa de maíz nixtamalizado, cuyas dimensiones varían entre 12 y 18cm de diámetro y de 1 a 2 mm de espesor. Se le

cuece sobre una superficie caliente (260-280°C) generalmente metálica o de barro, denominada comal (Sosa, 2013).

Para poder hablar de la historia de la tortilla, es indispensable hacer primero una referencia de su insumo más importante, el maíz. Según registros arqueológicos, se han encontrado evidencias con más de 8,000 años de antigüedad, los cuales revelan la existencia del maíz en América (Sosa, 2013).

El maíz fue utilizado por los antiguos habitantes de Mesoamérica primero como fruto silvestre y posteriormente, a través del dominio de la agricultura, lo convirtió en un cultivo doméstico. A la par del dominio agrícola del maíz se desarrollaron sus formas de explotación, la principal de ellas fue la elaboración de tortillas que se calcula comenzó hace unos 3,500 años (Sosa, 2013).

El elemento clave de la nixtamalización es la adición de cal (Ca(OH)_2) en el proceso de remojado y hervido del maíz; con lo cual aumenta sus propiedades nutritivas de forma significativa, a tal grado que logro hacer de la tortilla de maíz el alimento base de las antiguas culturas de América. Las tortillas de maíz mesoamericanas, las cuales transmitieron este conocimiento a las culturas sudamericanas y norteamericanas (Cortés, 2009) (Sosa, 2013).

5.5.1 MÉTODO TRADICIONAL DE ELABORACIÓN DE TORTILLA

El propósito esencial del proceso de nixtamalización es la cocción de los granos de maíz en cal (Ca(OH)_2) por 50 minutos posteriormente se deja reposar 12 hr para la remoción del pericarpio. Después, se lava el maíz cocido (nixtamal) para remover el exceso de cal conocido como nejayote y el pericarpio, para su posterior molienda con metate (rodillo de piedra) para hacer una masa. Finalmente se laminaba la masa y se cortaban en forma de discos para cocerlas en parrillas de 30 a 60 segundos por cada lado (Iriate, 2005)

La cocción del maíz en cal (Ca(OH)_2) tiene varias ventajas: facilita la remoción del pericarpio, controla la actividad microbiana, destruye aflatoxinas provenientes de hongos (Cortés, 2009), mejora la absorción de agua, aumenta la gelatinización del almidón, y mejora el valor nutricional al aumentar la disponibilidad de niacina. El remojado en agua de cal distribuye la humedad y la cal en el grano, ayudando a dar el sabor característico de la tortilla (Iriate, 2005).

5.5.2 MÉTODOS MODERNOS DE LA NIXTAMALIZACIÓN DEL MAÍZ

Los productores modernos de nixtamal en los Estados Unidos y Latinoamérica cuecen maíz con un proceso comercial similar al método tradicional. En donde las variables importantes del proceso son el tiempo de cocción, temperatura, clase y concentración de la cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), tipo y frecuencia de agitación para disolver la cal, y el lavado de nixtamal (Iriate, 2005).

La solución de cal hidratada para la nixtamalización está formada por 1-3 % de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (Cortés, 2009); el tiempo de cocción varía entre 1 y 1.5 h, manteniendo su temperatura arriba de 80 °C (Iriate, 2005)

Después, el maíz cocido se deja reposar entre 8-12 hrs para distribuir la humedad y la cal uniformemente a través del grano cocido, después, el maíz se traslada a las lavadoras por transportadores a gravedad. La mayoría de las lavadoras son de tambor rotatorio con aspersión de agua presurizada para remover el pericarpio del nixtamal, la cal y los solutos del maíz cocido (Iriate, 2005).

El nixtamal lavado se muele usando piedras de lava o de óxido de aluminio que cortan, amasan y trituran el nixtamal para formar la masa. El molido por rozamiento es esencial. Un molino típico contiene una piedra inmóvil de 10.16 cm de grosor con 40.6 cm de diámetro, y otra de las mismas dimensiones que gira impulsada por un motor de 30 caballos de fuerza. Durante la molienda se agrega agua adicional al nixtamal para aumentar el nivel de humedad en la masa. Ellos transforman la masa en tortilla con una máquina que tiene un par de rodillos automáticos que la presionan formando una lámina de masa, la cual se corta en piezas circulantes. Finalmente, un horno de gas con banda-cadena metálica cuece la tortilla alrededor de 42 s entre 280-300 °C (Iriate, 2005).

En la Tabla 9 se muestra el contenido en porcentaje de algunos componentes, esto mediante el análisis químico proximal de la tortilla de maíz. Mientras que en la Tabla 10 se muestran algunos de los principales minerales presentes en la misma.

Tabla 9. Análisis Químico proximal de la tortilla de maíz

Producto	Tortilla de maíz (Carpia en 2008)	Tortilla de maíz (Quintero en 2014)
Humedad (%)	8.98	8.96
Cenizas (%)	1.75	1.37
Proteínas (%)	9.21	9.53
Grasas (%)	1.62	1.16
Fibra cruda (%)	2.35	2.58

Fuente: (Quintero, y otros, 2014) (Carpia, Jiménez, Lara, Morel, & Santamaria, 2008).

Tabla 10. Contenido de minerales en muestras de tortillas caseras (mg/100 g)

PRODUCTO	Mg ppm	Fe Ppm	Ca ppm
Tortilla de maíz	657.14	24.85	980

Fuente: (Morales de León, septiembre-octubre 1991).

VI. MATERIALES

6.1 MATERIALES Y EQUIPO DE LABORATORIO

- Cápsulas de porcelana
- Crisoles
- Pinzas para crisol
- Probetas graduadas
- Pipetas graduadas
- Bureta
- Vaso Berzelius
- Embudos
- Tela de lino
- Desecador

- Vasos de precipitado
- Matraces Erlenmeyer
- Balanza analítica
- Estufa
- Mufla
- Equipo Kjendhal
- Matraz balón
- Extractor tipo Soxhlet
- Cartuchos de celulosa
- Matraz balón

6.1.1 MATERIAL DE COCINA

- Prensa para hacer tortillas
- Contenedores
- Taza medidora
- Balanza granataria
- Comal
- Estufa

6.1.2 INSUMOS

- Masa
- Moringa seca en polvo
- Agua purificada

VII METODOLOGÍA

MATERIAL DE ESTUDIO

Las hojas de la planta *Moringa oleifera* fueron colectadas en Lázaro Cárdenas, Michoacán; se deshidrataron en un deshidratador solar por convección natural con una temperatura promedio de 50 °C con una desviación estándar de ± 3 °C, conservando una humedad relativa dentro de la cámara de deshidratación de 26 % con una desviación estándar de ± 6 %, durante un 4 horas. Se pulverizo la moringa deshidratada para incorporarla a la masa de maíz nixtamalizado

La masa nixtamalizada fue comprada en una tortillería local en la Ciudad de Morelia Michoacán, el mismo día que se elaboraron las tortillas.

7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HOJAS DE MORINGA

Las hojas de Moringa en fresco y deshidratadas fueron analizadas a través de un análisis químico proximal que consiste en la cuantificación de humedad, cenizas, proteínas, fibra y lípidos; así mismo se hizo un análisis de minerales (Ca, Fe, Mg) como parte de las características nutricionales de la Moringa. A continuación se describen los métodos utilizados.

7.1.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (MÉTODO DE CALENTAMIENTO DIRECTO)

Se determinó el contenido de humedad presente en las muestras de: Moringa, de acuerdo con la NOM-116-SSA1-1994 como la pérdida en peso que sufre un alimento al someterlo a condiciones de tiempo y temperatura establecidos.

7.1.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS (MÉTODO POR INCINERACIÓN)

La cantidad de cenizas presentes en las muestras se determinó por incineración NMX-F-607-NORMEX-2013.

7.1.3 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (MÉTODO DE KJENLDHAL)

De acuerdo con la norma NMX-F-608-NORMEX-2011; método basado en la cuantificación de Nitrógeno y convertido por un factor a contenido de proteína.

7.1.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA INDIGESTIBLE

Metodología basada en la norma NMX-F-090-S-1978; en la cual la muestra se sometió a una digestión ácida y básica cuyo residuo se seca y cuantifica.

7.1.5 DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS

También llamado extracto etéreo el cual es cuantificado gravimétricamente una vez extraído de la muestra con un solvente orgánico (NMX-F-615-NORMEX-2004).

7.1.6 DETERMINACIÓN DE Ca, Mg Y Fe

De acuerdo al método sugerido por el fabricante del espectro de absorción atómica Marca Perkin Elmer, Modelo PinAAcle 900 H. Se pesó 1 g de muestra seca y se transfirió a un vaso de precipitado de 150 ml y se le agregó 8 ml de ácido nítrico concentrado y 2 ml de peróxido de hidrógeno. Se dejó reposar 12 hrs y enseguida se calentó cuidadosamente en una parrilla caliente hasta la desaparición de humos rojos (NO_2). Se filtró sobre un matraz volumétrico de 100ml y se afora con agua desionizada. Posteriormente se inyectó en un espectrofotómetro de absorción atómica con las condiciones necesarias de cada elemento.

La lectura se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico en el Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Material de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Ciudad Universitaria.

7.2 FORMULACIÓN DE TORTILLAS ADICIONADAS CON Moringa Oleifera

Para llevar a cabo la formulación de las tortillas de maíz fortificadas con Moringa oleifera se utilizó masa de maíz nixtamalizado adquirida en una tortillería local.

A la masa adquirida se le adiciono la Moringa a dos concentraciones 3 % y 5 % (peso/peso) de acuerdo a la siguiente relación:

Para una concentración al 3 % se adicionaron a 97 g de masa 3 g de Moringa pulverizada, así que para 1000 g de masa correspondieron 30.928 g de polvo de Moringa en referencia a la concentración al 5 % a 95 g de masa se adicionaron 5 g de polvo de Moringa utilizando entonces para 1000 g de masa 50.632 g de Moringa deshidratada y pulverizada.

7.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA TORTILLA DE MAÍZ FORTIFICADA CON Moringa oleifera

Se llevó a cabo una evaluación sensorial de las siguientes formulaciones de tortillas:

- Tortilla con una concentración al 3 % de moringa (TM3) que se representó con la clave JO01
- Tortilla con una concentración al 5 % de moringa (TM5) que se representó con la clave KJ22
- Tortilla tradicional (TT) que se representó con la clave DC26, ésta formulación representa el control del experimento.

Para dicha evaluación se utilizó una escala hedónica para evaluar el nivel de agrado teniendo 5 puntos de evaluación (Figura 9):

1= Me disgusta mucho

2= Me disgusta

3= No me gusta ni me disgusta

4= Me gusta

5= Me gusta mucho

Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y textura posteriormente al tener esta evaluación se obtuvo el flavor (promedio de los otros atributos sensoriales medidos)

FECHA: _____ EDAD: _____ SEXO: _____

Indique EL NUMERO correspondiente según su evaluación para cada atributo del alimento.

Según la escala:

1= Me disgusta mucho 2= Me disgusta 3= No me gusta ni me disgusta

4= Me gusta 5= Me gusta mucho

ATRIBUTO	JO01	KJ22	DC26
COLOR			
OLOR			
SABOR			
TEXTURA			
FLAVOR			

Figura 9. Papeleta con escala hedónica para evaluación sensorial

La evaluación sensorial se aplicó en el laboratorio de desarrollo de alimentos de la facultad; a 31 panelistas no entrenados hombres y mujeres de entre 20 y 23 años. Las muestras se presentaron en un plato que tenía rotulada la respectiva clave de la tortilla formulada calientita, además se puso una galleta salada (habanera) y un vaso de agua para quitar el sabor entre cada tortilla y para enjuagarse la boca respectivamente.

7.4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS TORTILLAS FORMULADAS.

Las tres formulaciones de tortilla descritas anteriormente fueron analizadas utilizando el mismo esquema de análisis que para moringa fresca y deshidratada (apartado 7.1).

7.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis estadístico con el software JMP 2011 y la prueba de Tukey-Kramer para observar si hay una diferencia significativa en cada atributo de la evolución sensorial y entre las formulaciones de tortilla tradicional y la fortificada con Moringa en una concentración al 3 %.

VIII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HOJAS DE MORINGA EN FRESCO Y DESHIDRATADAS.

Como se observa en la Tabla 11, los resultados de los análisis realizados a las hojas de Moringa frescas (HF) y deshidratadas (HD) obtenidos, fueron similares a los reportados por Marthur en 2005 y Price en el 2007; Donde el componente mayoritario es agua por ser un tejido vegetal, una vez deshidratada los sólidos totales representan el 5.63 % del material original, los demás componentes se concentran en la HD, en el caso de los minerales totales se incrementan en un 73.85 %, la proteína se concentra 437.57 % este incremento es la razón por la cual se considera a la Moringa como una alternativa para fortificación de alimentos, el contenido de fibra se concentra en un 148.40 %, y por último el extracto etéreo en un 68.28 %.

Tabla 11. Análisis químico proximal de la hoja de Moringa fresca (HF) y Moringa deshidratada (HD)

DETERMINACIÓN	HF (%)	HD (%)	HF (%)*	HS (%)*
Humedad	82.33	4.64	NR	NR
Cenizas	3.48	6.05	NR	NR
Proteína	4.79	25.75	6.70	27.1
Fibra	1.88	4.67	0.9	19.2
Extracto etéreo	6.59	11.09	1.7	2.3
E.L.N	1.32	47.8	12.5	38.2

* Hoja fresca (HF) y * Hoja seca (HS) valores reportados por Marthur, 2005 y Price, 2007
 *NR No reportado

E.L.N: extracto libre de nitrógeno, calculado por diferencia.

Tabla 12. Determinación de minerales presentes en hojas de Moringa deshidratada

Muestra	HD Ppm	HS* ppm
Magnesio	4933	3680
Hierro	226	282
Calcio	226	2003

* Hoja seca HS valores reportados por Marthur, 2005 y Price, 2007

8.2 FORMULACIÓN DE TORTILLAS



Figura 10. a) Los 3kg de masa
 b) La masa separada por kg

Con base a la metodología planteada (apartado 7.2) las tortillas se desarrollaron bajo el esquema siguiente, se compraron 3kg (Figura 10a) de masa en una tortilleria; la cual se separo pesándola en partes iguales en 3 contenedores.

En un contenedor se colocó 1 kg de masa y se le agregó agua hasta conseguir una consistencia adecuada (Figura 10b); a las dos partes restantes se agregó el polvo de Moringa 30.928 g y 52.632 g para conseguir 3 % y 5 % p/p respectivamente; las muestras fueron amasadas hasta la incorporación de todos los ingrediente. Posteriormente se formaron unas pequeñas porciones de masa de 33.3 gr aproximadamente. El rendimiento fue por cada Kg de masa formulada fue de 30 porciones de masa, cada porcion troquelada para la obtencion de una bola (Figura 11).



Figura 11. Porciones de masa hechas bolita



Figura 12. Prensado de la masa para formar la tortilla

Cada bola de masa fue colocada en una prensa para tortillas (Figura 12) obteniendo así las tortillas (considerando que el tamaño ideal de la tortilla es de aproximadamente 15 cm de diámetro x 2 mm de espesor), una vez formada la tortilla se procedio a colocarlas en un comal (Figura 13), la cocción se llevo acabo con el siguiente procedimiento: se llevó a cocción 50 s por el lado 1, al termino se volteo al lado 2 por 50 s, se volteo nuevamente al lado 1 por

20 s más mientras se cocia la parte 1 nuevamente se obserbo la formacion de una ampolla en la mayoría de las tortillas , al término se retiraron del comal y se envolvieron en papel aluminio y en una servilleta y se colocaron dentro de una hielera para mantenerlas calientes hasta su evaluación; esto se realizó con las tres muestras de masa.



Figura 13. Tortillas en cocción

Las tortillas obtenidas de la formulación con Moringa al 3 % y 5% tenían un color verde, siendo más intenso el color en la formulación con el 5 % de la Moringa pulverizada además de que estas tenían una textura pastosa y se quebraba con facilidad no tenía facilidad de rolabilidad.

8.3 NIVEL DE AGRADO EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE TORTILLAS FORTIFICADAS CON HOJAS DE Moringa oleifera

Los resultados promedio por cada atributo evaluado se observa en la tabla 13,14, 15, 16 y 17 y la gráfica 1, se muestra en que atributos de la evaluación sensorial no existe diferencia significativa para la mayoría de los atributos. En la aceptación color no existe dicha diferencia entre las muestras; en el olor existe una diferencia significativa entre la TT y la TM3 siendo más aceptada la TT, sin embargo entre la TM5 comparada con TT y TM3 no existe una diferencia significativa pero es más aceptada TM5 que TM3 pero menos que TT; en el sabor no existe una diferencia significativa esto indica que las 3 formulaciones tuvieron la misma aceptación; mientras que la textura y en flavor se obtuvieron los mismos resultados existiendo una diferencia significativa entre TT y TM5 siendo la primera la aceptada, en cambio la TM3 al ser comparada con las otras dos no existe diferencia significativa.



Gráfica 1. Evaluación sensorial de tortillas formuladas

Tabla 13. Análisis estadístico de la evaluación del atributo color

Nivel	SIGNIFICANCIA	Número	Media	Desviación estándar
TM3%	a	31	3.74194	0.815179
TM5%	a	31	3.48387	0.926318
TT	a	31	4.00000	0.816497

Tabla 14. Análisis estadístico de la evaluación del atributo olor

Nivel	SIGNIFICANCIA	Número	Media	Desviación estándar
TM3%	b	31	3.45161	1.02758
TM5%	ab	31	3.51613	0.85131
TT	a	31	4.03226	0.79515

Tabla 15. Análisis estadístico de la evaluación del atributo sabor

Nivel	SIGNIFICANCIA	Número	Media	Desviación estándar
TM3%	a	31	3.83871	1.15749
TM5%	a	31	3.35484	1.08162
TT	a	31	3.93548	0.92964

Tabla 16. Análisis estadístico de la evaluación del atributo textura

Nivel	SIGNIFICANCIA	Número	Media	Desviación estándar
TM3%	ab	31	3.67742	1.10716
TM5%	b	31	3.54839	1.02758
TT	a	31	4.19355	0.87252

Tabla 17. Análisis estadístico de la evaluación del atributo Flavor

Nivel	SIGNIFICANCIA	Número	Media	Desviación estándar
TM3%	ab	31	3.67742	0.767011
TM5%	b	31	3.47581	0.653053
TT	a	31	4.07258	0.742163

8.4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS TORTILLAS FORMULADAS CON *Moringa oleifera* PULVERIZADA

Con base a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las muestras de tortilla adicionadas con Moringa deshidratada se seleccionó la que tuvo mayor nivel de agrado siendo la TM3 además de la tortilla de control (TT). El análisis químico proximal de ambas tortillas se presenta en la tabla 18. En el porcentaje de humedad y contenido de fibra no se muestra diferencia significativa entre TT y TM3, esto indica que la incorporación de Moringa a la tortilla no afecta ambos parámetros sin

embargo en el contenido de minerales, proteína y extracto etéreo si hay un incremento de 45.92 %, 16.41 % y 38.26 % respectivamente siendo significativo estadísticamente lo indica que al incorporar la moringa deshidratada fortifica la tortilla al aportarle una cantidad mayor de dichos componentes. Estos resultados son de gran relevancia ya que la planta de *Moringa oleifera* es una fuente importante de proteínas de alto valor biológico y minerales, infiriendo que le confieren un mayor valor nutricional a la tortilla con respecto a la tortilla control. No se encontró reportes científicos para comparar los resultados obtenidos en este trabajo.

Tabla 18. Análisis químico proximal de Tortilla Tradicional TT y TM3

Determinación	TT(%)	TM3 (%)
Humedad	7.23a	7.29a
Cenizas	1.35b	1.97a
Proteína	9.32b	10.85a
Fibra	0.65a	1.15 a
Extracto etéreo	2.30b	3.18a
E.L.N	79.15	75.56

E.L.N: extracto libre de nitrógeno, calculado por diferencia.

Medidas con distinta letra en la misma fila, tiene una diferencia significativa. ($P \leq 0.05$). (n=3)

Tabla 19. Determinación de minerales presentes en formulaciones de tortillas

Muestra	Mg Ppm	Fe Ppm	Ca ppm
TT	2440	80	216
TM3	2540	60	216

En la tabla 19 se presentan los resultados de la determinación de minerales presentes en ambas tortillas TT y TM3. Los resultados indican que el contenido de

Mg se incrementa en un 39 % en la TM3 comparada con la TT esto al igual que el incremento de proteínas, minerales y lípidos; mientras que existe una pérdida de un 25 % de Fe y el Ca se mantiene sin diferencia en ambas tortillas.

8.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENTRE TORTILLA TRADICIONAL Y FORTIFICADA CON Moringa oleifera

Se mostraron resultados importantes ya que si hay diferencia significativa entre el porcentaje de proteína, minerales y lípidos siendo estos los más importantes ya que se mostró que si hay una fortificación del alimento y no hay diferencias significativas en el porcentaje de humedad al igual que en el contenido de fibra.

IX CONCLUSIÓN

Con base en la metodología empleada en el presente trabajo de investigación se concluye que la Moringa deshidratada cumple la acción de fortificar a la tortilla de Maíz nixtamalizado aportando cantidades significativas de proteínas, lípidos y minerales a la tortilla convencional.

El nivel de agrado de la tortilla fortificada fue por arriba del rechazo del producto, específicamente la formulada al 3 % de Moringa deshidratada, abriendo la posibilidad de que ésta pueda colocarse en el mercado comercial para su distribución como producto alimenticio fortificado y con ello se podría ayudar a zonas de bajos recursos para que tengan en su dieta mayor aporte proteico de un producto económico y de fácil elaboración.

X PERSPECTIVAS

Antes de iniciar el trabajo se consideró implementarlo en ratas para conocer la eficiencia proteica pero se priorizó para primero comprobar que la planta de Moringa oleifera posee propiedades nutricionales necesarias para fortificar alimentos.

Se considera la posibilidad de realizar un análisis de perfil de aminoácidos presentes en la planta y si hay una diferencia significativa o no entre una tortilla tradicional y una fortificada; además de la evaluación de biodisponibilidad de las proteínas y minerales en ratas y un análisis reológico de las tortillas (dureza, rolabilidad, color,

fractura,) para publicar un artículo y realizar un proyecto para la elaboración y producción de esta formulación.

XI BIBLIOGRAFÍA

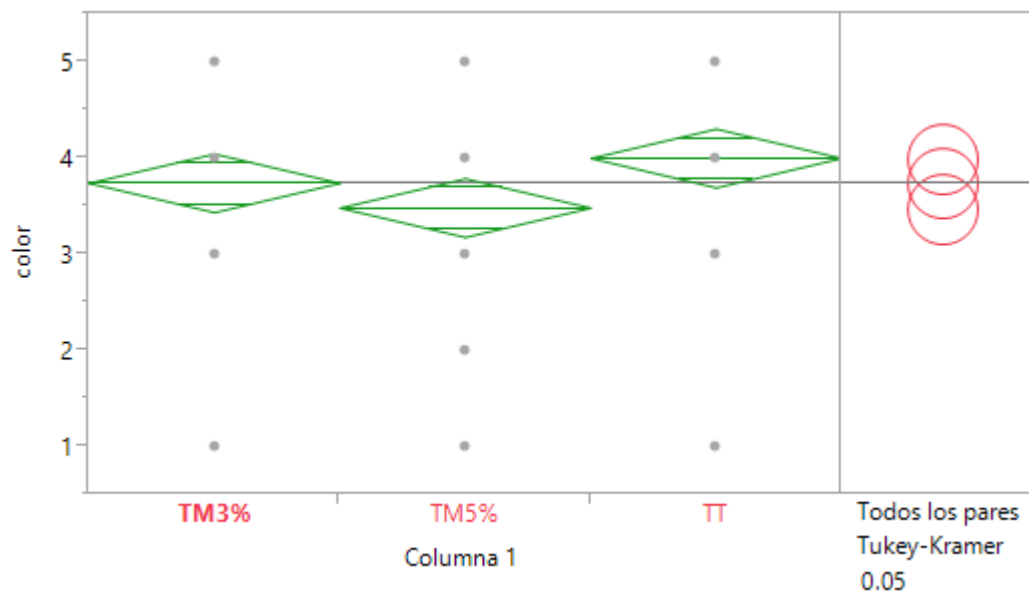
- Adedapo, A., G.M, M., & Emikpe, B. (2009). Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera* in rats. *Journal of Medicinal plants*, 586-591.
- Amador, O. (Noviembre de 2016). Tesis. *Estudio bromatológico de hojas de Moringa oleifera in vitro y ex vitro y análisis del efecto hipoglucemiante en ratas Wistar dibetizadas*. Aguascalientes .
- Anwar, F., Muhammad, A., & Anwarul, H. (6 de noviembre de 2007). PHYTOTHERAPY RESEARCH. *Moringa oleífera: a food plant with mulltiple medicinal uses* .
- Arguello, D. (noviembre de 2015). Generalidades de la *Moringa oleífera* y sus propiedades como alimento funcional. Saltillo, Coahuila, México.
- Arias, C. (2014). *ESTUDIO DE LAS POSIBLES ZONAS DE INTRODUCCIÓN DE LA Moringa oleifera Lam. EN LA PENÍNSULA IBÉRICA ISLAS BALEARES E ISLAS CANARIAS*. Madrid.
- Bharali, R., Tabassum, J., & Azad, M. R. (2003). Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam., on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 4, 131-139.
- Bonal, R., Rivera, R., & Emilia, B. M. (2012). *Moringa oleifera* una opcion saludable para el bienestar. Medisan.
- Briseño, Correa, A., Valecia, C., T.J., A., & P., R. (2008). *Actualizacin de la resistencia a antimicrobianos de bacilos gram negativos aislados en hospitales*. Biomedica.
- Canett, R., Arvayo, K., & Rubalcaba, N. (2014). Aspectos toxicos maás relevantes de *Moringa oleífera* y sus posibles daños. *Ciencias Biologicas de la salud*.
- Carpia, R., Jiménez, A., Lara, I., Morel, J., & Santamaria, M. (mayo de 2008). Elaboracion de tortillas de maiz adicionadas con harina Linaza. México.

- Castro, A. (2013). El árbol de la moringa oleífera. *Una alternativa renovable para el desarrollo de los sectores económicos y ambientales*. Colombia.
- Cortés, D. (2009). Estudios nutricionales y de absorción de Calcio en tortillas integrales de maíz elaboradas por el método ecológico de nixtamalización. Morelia, Michoacán, México.
- Fayos, G. (2007). Metodología de la extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Valencia, España.
- Fernandez, I. (2010). *Moringa oleifera y su impacto en el estado nutricional de vitamina A, Hierro y Zinc en preescolares*. Hermosillo Sonora.
- Fuglie, L. J. (2001). *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa*. Nueva York, Wageningen. Países bajos. : Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.
- García, A., Martínez, R., & Rodríguez, I. (Marzo de 2013). Evaluación de los usos potenciales del Taberino (Moringa oleífera) como generador de materia prima para la Industria Química. Buenos Aires, Argentina.
- González, G. N. (2010). *Datos generales sobre propiedades nutricionales y medicinales de la planta de Moringa oleífera*. La Habana.
- Gutiérrez, A., Soto, S., & Valencia, M. (2015). Repositorio institucional. Puebla: ASE Nutrición.
- Iriarte, C. (2005). Tesis. *Elaboración de tortilla de maíz blanco enriquecida con harina de amaranto*. Obregon, Sonora.
- Itis report. (20 de noviembre de 2016). Obtenido de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=503874#null
- Jaiswal, D., Kumar, P., Kumar, A., Mehta, S., & Watal, G. (2009). Effect of Moringa oleifera Lam. leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 392–396.
- Liñán. (2010). Moringa oleifera el árbol de la nutrición. *Ciencia y Salud*, 2:130.
- Magaña, W. (2012). Aprovechamiento post cosecha de la Moringa oleífera. *Revista Iberoamericana de Tecnología post cosecha*, 171-174.
- Majo, B., Masika, P., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011). nutritional characterization of moringa. *Biotech*.

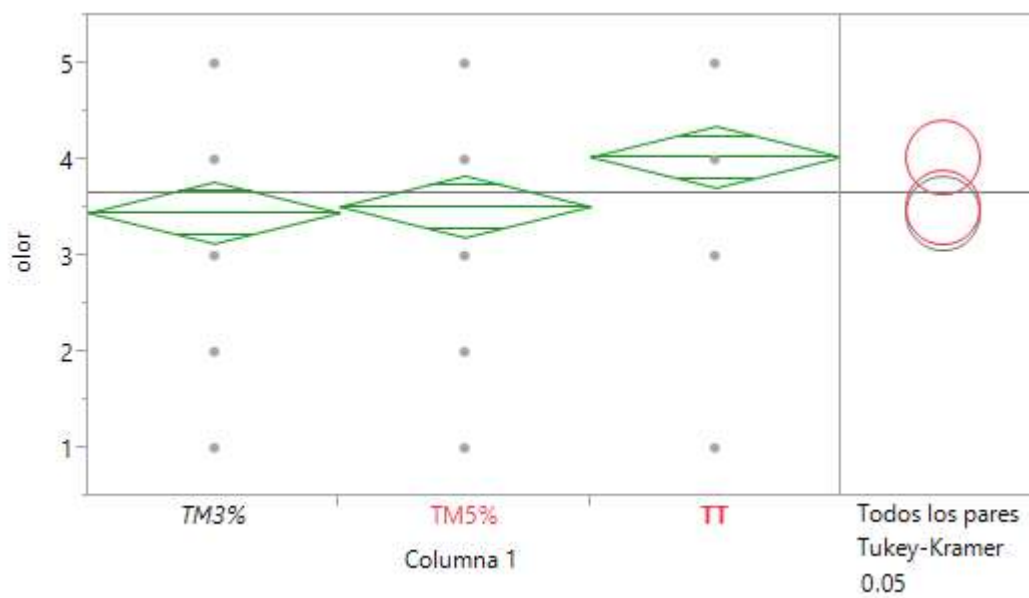
- Marthur, B., & W., J. (1 de diembre de 2005). threes for life a forum on beneficial trees and plants. *Moringa oleifera: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties*. USA.
- Martín, A., Fernandez, T., Hernandez, E., Jürgen, P., G., M., & García, A. (2013). *Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica*. cuba.
- Martínez, J., Carballo, A., & Rocha, R. (2011). Valoración de loa propiedades de Moringa oleifera. *Revistas Ciencias*, 15, 23-30.
- Melo, G., & Turriago, F. (2012). Evaluacion de la eficiencia de la utilizacion de semilla de Moringa oleífera como una alternativa de biorremediacion en la purificación de aguas superficiales del caño de cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias .
- MiMorelia.com. (14 de Eenero de 2017). *Mi Morelia*. Obtenido de <http://www.mimorelia.com/michoacan-en-el-gran-lider-nacional-en-produccion-de-moringa/>: <http://www.mimorelia.com/michoacan-en-el-gran-lider-nacional-en-produccion-de-moringa/>
- Molano, L. (2011). *Las semillas de la Moringa oleífera Lam como altermnativa de coagulante natural para purificación de agua*. Bogotá, Colombia.
- Monteagudo, A. (julio de 2013). Desafrrrollo de una formulación de atole de maíz con Moringa oleífera y su determinacion de aceptabilidad. Guatemala.
- Montesinos. (2010). Moringa oleífera un árbol promisorio para la ganaderia. *Artículos Técnicos*.
- Mora, J., & Gacharmá, N. (2015). La Moringa oleífera: Árbol milagroso. *Biodiversidaad*.
- Morales de León, J. (septiembre-octubre 1991). "La tortilla, fuente de energía siempre presente",. En *Cuadernos de Nutrición*, vol. 14, núm. 5, (págs. 33-34.).
- Navarro, P. (2005). Moringa oleífera. Un aliado en la lucha contra la desnutrición. Acción contra el hambre. *AFC Internacional*.
- O'Donell, A., Rovirosa, A., & Zapata, M. (2011). Fortificación de alimentos. *Centro de estudios sobre nutricion infantil*.
- Olson, M., & J.W., F. (2011). Moringa oleífera un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revistas Mexicana de Biodiversidad*, 1071-1082.

- Pandey, A., Pandey, R. D., Tripathi, P., Haider, J., Bhatt, S., & Singh, A. (2012). *Moringa Oleifera* Lam. (Sahijan) - A Plant with a Plethora of Diverse Therapeutic Benefits: An Updated Retrospection. *Medicinal & Aromatic Plants*.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Pastos y Forrajes. *Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark*.
- Poliní, S. (2011). Comer del monte. *Moringa oleífera un árbol multiusos para el chaco central*. cooperazione internazionale.
- Price, M. (2007). El árbol del marango. *Echo Nota Técnica*.
- Quintero, A., González, G., Solano, A., Gybran, R., Villanueva, J., & Bravo, G. (2014). Caracterización de una tortilla tostada elaborada con maíz (*Zea mays*) y alga (*Ulva clathrata*) como prospecto de alimento funcional. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*.
- Sánchez, Y., G.C.G, M., & S.R, S. (2013). Moringa oleífera: Importancia, fucionalidad y estudios involucrados. *Revista Científica de la Universidd Autonoma de Coahuila*.
- Sosa, M. (mayo de 2013). Caso de estudio "Tortillerías". *Beneficios económicos y ecológicos en la industria agroalimentaria obtenidos por sustitucion de energías*. México.
- Villarreal, A., Ortega, A., & Johana, K. (diciembre de 2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA MORINGA OLEÍFERA. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 309-330.

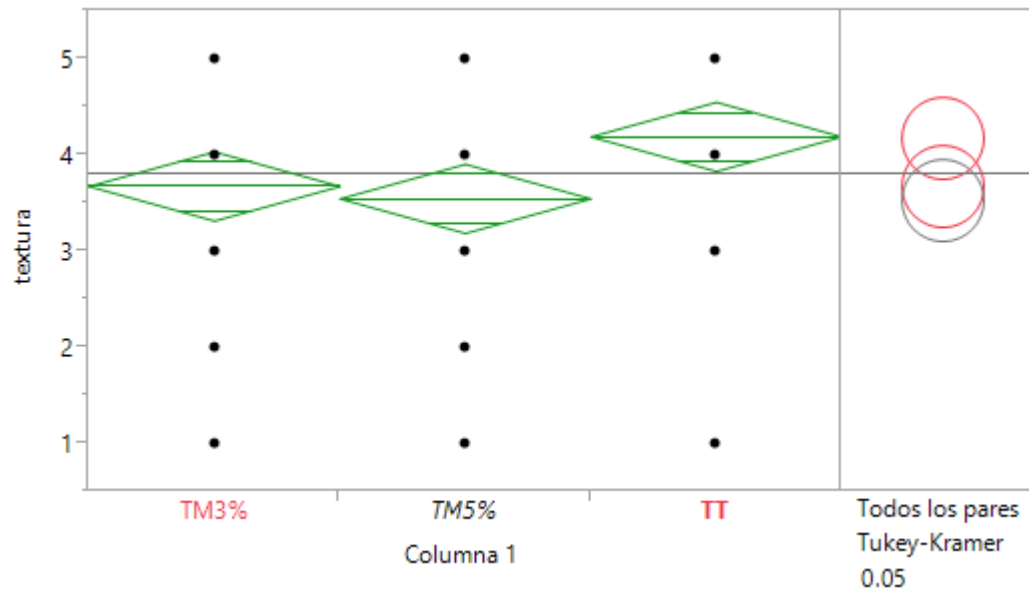
XII ANEXOS



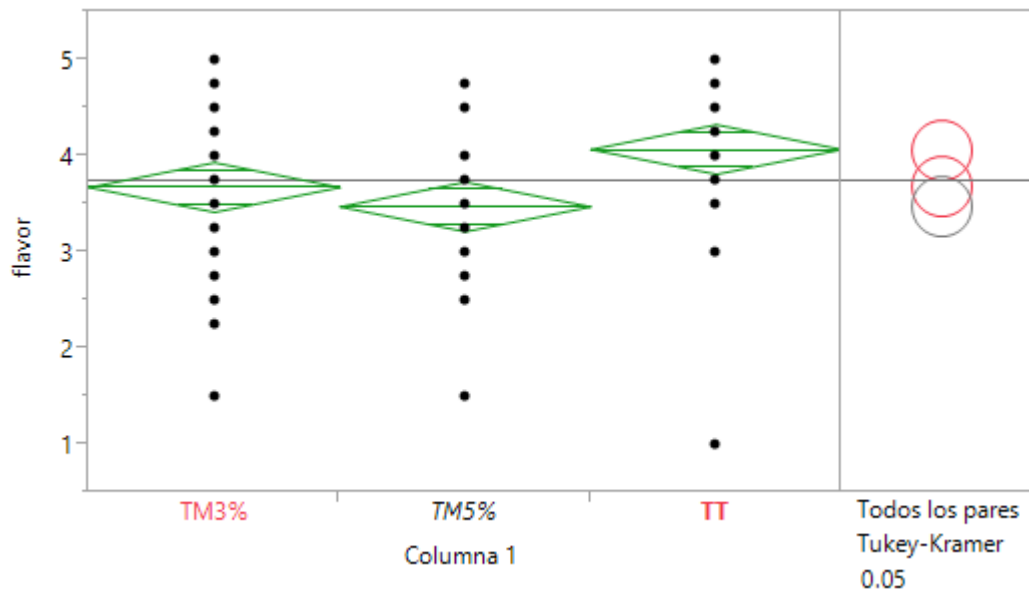
Gráfica 2. Análisis estadístico comparativo evaluación de atributo color entre tortillas formuladas



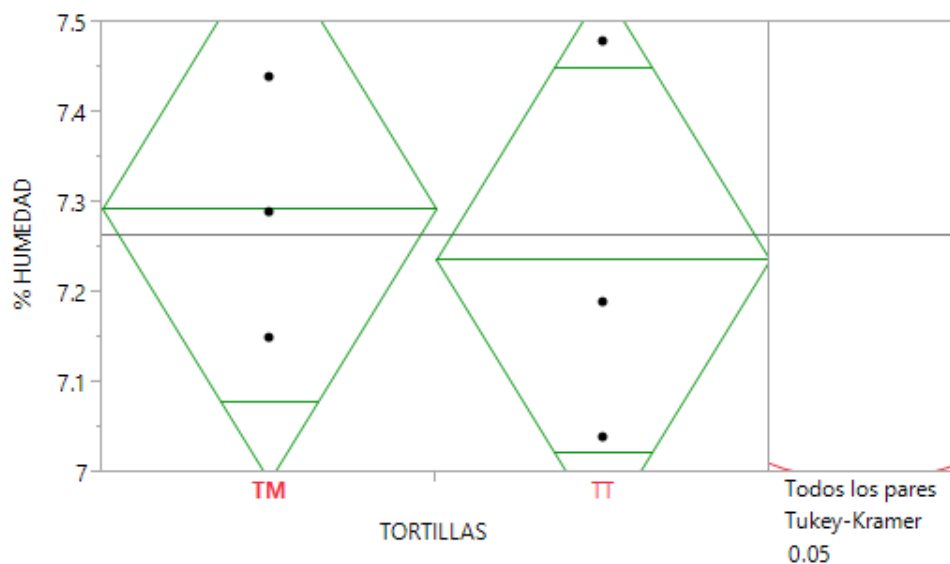
Gráfica 3. Análisis estadístico comparativo evaluación de atributo olor entre tortillas formuladas



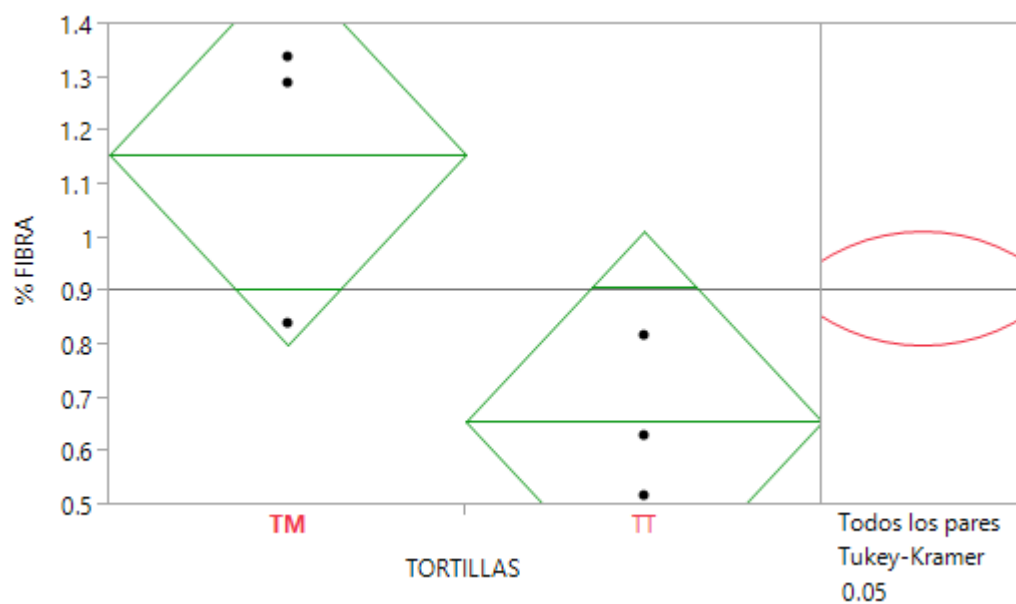
Gráfica 4. Análisis estadístico comparativo evaluación de atributo textura entre tortillas formuladas



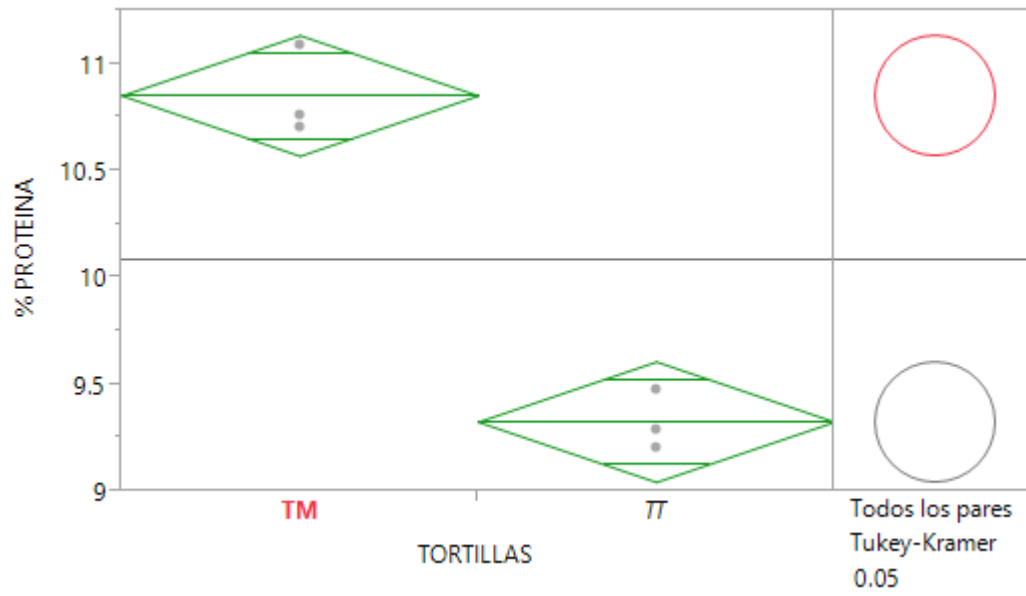
Gráfica 5. Análisis estadístico comparativo evaluación de flavor entre tortillas formuladas



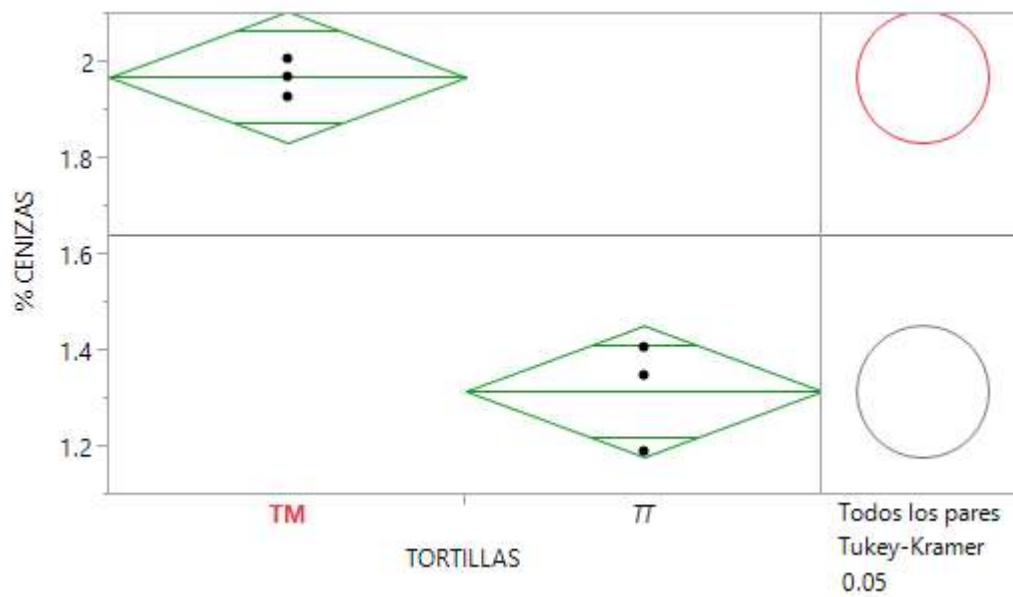
Gráfica 6. Análisis estadístico comparativo en contenido de humedad entre TT y TM3



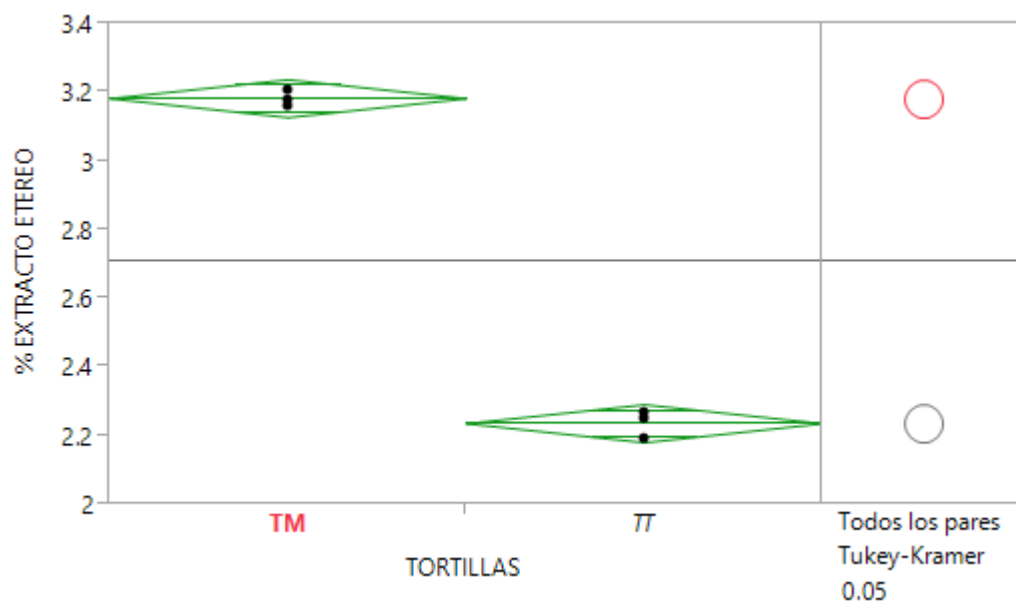
Gráfica 7. Análisis estadístico comparativo en contenido de fibra entre TT y TM3



Gráfica 8. Análisis estadístico comparativo en contenido de proteínico entre TT y TM3



Gráfica 9. Análisis estadístico comparativo en contenido de minerales entre TT y TM3



Gráfica 10. Análisis estadístico comparativo en contenido de lípidos entre TT y TM3