

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



Obtención de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de harina de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) para incrementar el contenido nutricional.

Por:

**ITZEL MONSERRAT MEDINA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2020.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Obtención de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de harina de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) para incrementar el contenido nutricional.

Por:

**ITZEL MONSERRAT MEDINA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Aprobada por el H. Jurado Examinador:



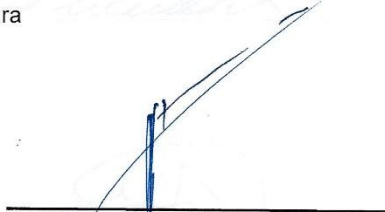
M. E. Laura Olivia Fuentes Lara

**Asesor principal**



Dra. Edna Barbarita Companioni  
González

**Asesor externo**



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

**Coasesor**



Dr. José Dueñez Alanís

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2020

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Obtención de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de harina de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) para incrementar el contenido nutricional.

Por:

**ITZEL MONSERRAT MEDINA DÍAZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

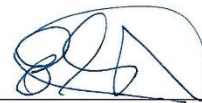
**M E. Laura Olivia Fuentes Lara**

**Asesor Principal**



**Dra. Edna Barbarita Companioni González**

**Asesor Externo**



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2020

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Obtención de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de harina de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) para incrementar el contenido nutricional.

Por:

**ITZEL MONSERRAT MEDINA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Con la participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación:



**T. L. Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2020.

*“El estudio de tus errores no te revelará el secreto del éxito, pero el estudio de la abnegación y el esfuerzo sí lo harán”.*

**Bernard Holdane**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres:**

**Antonio Medina Lara y Amparo Díaz Villanueva.**

**A mi hermana:**

**Miroslava Medina Díaz.**

**A mis Abuelas:**

**Florentina Lara y Galdina Villanueva.**

**A mis Abuelos:**

**Juan Medina y Tomás Díaz.**

**A mi Tía Abuela:**

**María Luisa Medina.**

**Este trabajo está dedicado de una manera muy especial para ustedes que son y serán lo más importante en mi vida.**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **En lo que creo**

Sin duda alguna por todo lo que he logrado y de donde estoy ahora, gracias por todas las bendiciones recibidas, la sabiduría y la inteligencia para guiarme y conducirme a las mejores decisiones y llevarme por el camino del bien.

### **A mis Padres**

Las personas a quienes más amo en el mundo y por quien yo daría todo pues ellos siempre son el pilar más importante en mi vida y me han demostrado lo importante que soy para ellos, les agradezco su apoyo incondicional, emocional y económico. Sus consejos, enseñanzas de vida y valores me forjaron a ser una mujer con iniciativa propia, amable, de carácter fuerte y capaz de salir adelante ante cualquier circunstancia. Les agradezco infinitamente todo lo que han hecho por mí, por estar a cada instante en que los necesite y por la confianza que me brindaron al salir de casa, me siento muy orgullosa de ser su hija. Los AMO con todo mi corazón, mil gracias.

### **A mi Hermana**

El regalo más hermoso que eh recibido y el cual me ha brindado los mejores momentos de la infancia, sabes que yo por ti daría lo que fuera, eres mi hermanita pequeña y siempre me esfuerzo y procuro darte los mejores consejos para que seas una mujer fuerte y mucho mejor que yo, sin duda alguna también eh recibido de tu parte apoyo, amor y mucha motivación para seguir adelante, siempre estaré al pendiente de ti. Te AMO, gracias por todo.

### **A mis Abuelos y Abuelas**

Personas muy importantes para mí, les agradezco cada muestra de afecto, que estuvieron y están al pendiente de mí a cada instante, gracias por los mejores y más sabios consejos. Los AMO.

### **A mi Tía Abuela**

Gracias por el carácter y la fuerza que siempre demostró, eso me forjó gran parte del carácter que tengo, de usted aprendí principalmente a ser fuerte y una persona noble, aunque a veces era muy dura para demostrar sus sentimientos, mil gracias porque a pesar de eso siempre estuvo pendiente de mí y me regaló las mejores risas por su forma tan peculiar, ocurrente y graciosa de platicar, para mí eso es la mejor muestra de afecto. La QUIERO MUCHO, gracias por todo.

### **A mis Tíos y Tías**

Rodrigo, Cristina, Roberto, Guadalupe, Rita, Edith, Socorro, Loyda, ustedes también son muy importantes para mí pues en más de una ocasión me han dado consejos, me alientan y motivan a que salga adelante, me han regalado muchas muestras de cariño desde que era pequeña y tengo recuerdos muy lindos con cada uno de ustedes. Los QUIERO, gracias.

### **A mis Primos**

Aldo, Abraham, Michelle, Paola, Omar, Leonardo, Diego, Victoria, Yesenia, Paloma, Armando, Gael, Roberto y a la más pequeña, Amorcito, sin duda mi infancia no hubiese sido la misma, tenemos miles de recuerdos hermosos y les agradezco cada uno de ellos, ahora que la mayoría ya estamos grandes también les doy las gracias pues algunos de ustedes de han brindado buenos consejos de vida y he aprendido demasiado. Los QUIERO, mil gracias por cada momento a su lado.

### **A mi Mejor Amiga**

María Fernanda León Ramírez, has sido mi amiga desde hace más de 15 años, lo cual agradezco infinitamente a la vida ya que siempre demostraste ser una amiga leal, buena y real, no por nada tenemos tanto tiempo siendo amigas, me has acompañado en muchos momentos difíciles, me aconsejas, me regañas, ríes conmigo, lloras conmigo, en fin, son tantas cosas las que hemos pasado juntas y te agradezco todos los momentos en los que hemos estado juntas, sé que nuestros caminos se separaron al irse cada quien a estudiar



a distintas escuelas y no pudimos permanecer juntas como tantas veces lo planeamos pero me da mucha alegría que aun estando lejos seguimos con nuestra amistad, que más prueba que esta para saber que no me equivoco al considerarte como una segunda hermana. Te QUIERO UN MONTÓN, gracias por todo.

### **A mi Novio**

Sergio Octavio González Aguilar, le agradezco tanto a la vida que nos puso en el mismo camino y nos permitió conocer, desde ese día mi vida cambio y mi estancia lejos de casa fue más sencilla pues tengo al mejor acompañante ya que me has ayudado a ser cada vez más fuerte cuando eh sentido rendirme y no poder más, me motivas y alientas a decir y demostrar que todo se puede cuando uno está dispuesto a hacer las cosas, hemos pasado por situaciones difíciles y gracias a Dios siempre permanecemos juntos apoyándonos el uno al otro y no me queda duda en que TÚ eres el amor de mi vida, tu sencillez, nobleza, amistad, carisma y esa hermosa forma de ser que te caracteriza son las que tanto aprecio de ti. Te AMO con todo mi corazón, mil gracias por todo mi amor y espero vivir el resto de la vida a tu lado.

### **A mis amigas de la UAAAN**

María Ángela, Mayra Celia, Jocabed y Sarahí por compartir sus alegrías y locuras durante esta hermosa estancia en la Universidad, gracias a ustedes pase los mejores momentos aunque también tuvimos algunos difíciles pero siempre los más hermosos, en especial agradezco enormemente a mi amiga Sarahí pues el último año de nuestra estancia en la Universidad fuimos muy unidas y nos conocimos muy bien que se forjo una comunicación y confianza muy linda por la cual la considero como otra mejor amiga que mi hermosa Alma Mater me regalo, mil gracias amiguita por brindarme esta hermosa amistad y ayudarme cuando más lo necesite al realizar todos los análisis para completar este trabajo, de verdad mil gracias. Las QUIERO MUCHO.

Mariel, Juvencia y Dennise por compartir su amistad conmigo y hacer más felices mis días con sus locuras, los años que vivimos juntas fueron los más bonitos pues aprendí mucho de ustedes y disfruté de toda la rica y deliciosa comida que traían cada vez que iban a su casa, mil gracias por todo. Las QUIERO INFINITAMENTE.

## **A mi Asesora**

Laura Olivia Fuentes Lara por su valiosa contribución desde el comienzo en la elección del tema de tesis, en tomar las mejores decisiones, por siempre tener la disposición en el desarrollo de un mejor y excelente trabajo de investigación, le agradezco la oportunidad y la confianza que me brindo para culminar esta maravillosa etapa de ser estudiante.

## **A la Dra.**

Xóchitl Ruelas Chacón por siempre tomarme en cuenta en cada uno de sus proyectos, cada una de las participaciones en las que me incluyo me ayudó a prepararme más como profesionalista, me brindo de sus conocimientos sobre temas importantes a la carrera y que esta no nos podía ofrecer, mil gracias por siempre estar a disposición y de la manera más amable para ayudar en cualquier duda o situación en la que pudiera estar, siempre demostró ser sincera y muy sencilla. GRACIAS.

## **A mi ALMA TERRA MATER**

**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por brindarme la maravillosa oportunidad de permanecer a ella, forjarme y crecer profesionalmente, me siento muy agradecida, bendecida y enormemente ORGULLOSA de haber pertenecido a esta gloriosa Universidad la cual es considerada como una de las mejores, gracias por haberme regalado buenos amigos, maestros y hermosas experiencias que nunca olvidare. Mil gracias por todo mi hermosa UAAAN, te llevaré en mi corazón por siempre, ¡BUITRE POR SIEMPRE!

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
Resumen.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Justificación.....	10
1.2. Objetivos.....	11
1.2.1. Objetivo general.....	11
1.2.2. Objetivos específicos.....	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1. Caracterización Química .....	12
2.1.1. Humedad o sustancias volátiles .....	13
2.1.2. Cenizas o material mineral.....	14
2.1.3. Extracto etéreo o grasa bruta.....	15
2.1.4. Fibra cruda o bruta.....	16
2.1.5. Proteína bruta o cruda .....	16
2.1.6. Extracto libre de nitrógeno (ELN) o extracto no nitrogenado .....	17
2.2. Maíz .....	17
2.2.1. Producción.....	18
2.2.2. Usos .....	19
2.3. Maíz nixtamalizado.....	20
2.2.1. Historia de la nixtamalización .....	20
2.2.2. Proceso de nixtamalización.....	21
2.2.3. Cambios en el maíz durante la nixtamalización .....	21
2.4. Masa.....	22
2.3.1. Definición.....	23
2.3.2. Composición.....	23
2.3.3. Usos .....	23
2.5. Generalidades de la Tortilla.....	23
2.4.1. Concepto general de tortilla .....	24
2.4.2. Usos .....	24

2.6.	Verdolaga.....	24
2.5.1.	Antecedentes.....	26
2.5.2.	Condiciones de cultivo .....	27
2.5.3.	Taxonomía.....	28
2.5.4.	Formas de uso.....	29
3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	30
3.1.	Localización del sitio experimental.....	30
3.2.	Materia prima utilizada.....	30
3.3.	Materiales utilizados.....	31
3.4.	Equipos utilizados.....	32
3.5.	Reactivos utilizados.....	33
3.6.	<b>ETAPA 1: Procedimiento para la elaboración de las diferentes formulaciones de harina de verdolaga y maíz nixtamalizado</b> .....	33
3.6.1.	Obtención de la harina de Verdolaga.....	34
3.6.2.	Elaboración de las tortillas .....	36
3.7.	<b>ETAPA 2: Realizar la caracterización química de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de diferentes formulaciones de harina de verdolaga</b>	38
3.7.1.	Preparación de las muestras para su análisis.....	38
3.7.2.	Determinación de la humedad en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación.....	39
3.7.3.	Determinación de cenizas totales en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación.....	40
3.7.4.	Determinación del extracto o grasa bruta en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación: Método Soxhlet.....	41
3.7.5.	Determinación de la fibra cruda en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación.....	43
3.7.6.	Determinación proteína cruda en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación: Método Macrokjeldahl .....	44
3.7.7.	Determinación de minerales en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación: Método Húmedo.....	46
3.7.8.	Determinación de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación.....	48
3.7.9.	Determinación del Contenido Calórico (kcal).....	49
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	50

5. CONCLUSIONES..... 66

6. LITERATURA CITADA ..... 67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Materiales utilizados.....	31
<b>Tabla 2.</b> Equipos utilizados.....	32
<b>Tabla 3.</b> Reactivos utilizados.....	33
<b>Tabla 4.</b> Diferentes formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada, utilizada en la experimentación.....	34
<b>Tabla 5.</b> Comparación de medias de cada una de las variables de estudio con respecto a las concentraciones de Verdolaga.....	50
<b>Tabla 6.</b> Comparación de medias de las variables de estudio; concentración de verdolaga .....	51
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la materia seca total y humedad.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de las determinaciones en una caracterización.....	13
<b>Figura 2.</b> Esquema de extracción por método Soxhlet.....	15
<b>Figura 3.</b> Producción mundial de maíz 2010-2020.....	19
<b>Figura 4.</b> Maíz Nixtamalizado .....	20
<b>Figura 5.</b> Proceso de nixtamalización industrial. ....	22
<b>Figura 6.</b> Portulaca Oleracea L.....	26
<b>Figura 7.</b> Clasificación Taxonómica.....	29
<b>Figura 8.</b> Valor nutricional de la Verdolaga .....	30
<b>Figura 9.</b> Procedimiento de lavado y desinfección del material vegetal utilizado en la experimentación. A) Verdolaga., B) Lavado., C) Desinfección., D) Reposo y escurrido .....	35
<b>Figura 10.</b> 1) Cortado., 2) Pesado en fresco., 3) Secado., 4) Verdolaga seca., 5) Pesado en seco., 6) Molienda .....	36
<b>Figura 11.</b> Procedimiento para la elaboración de las tortillas de maíz nixtamalizado según formulaciones descritas en la tabla 4. A) Pesado de verdolaga., B) Pesado de masa., C) Adición de Verdolaga., D) Mezclado .....	36
<b>Figura 12.</b> Procedimiento de elaboración de las tortillas según formulaciones descritas.....	37
<b>Figura 13.</b> Clasificación de forma visual de acuerdo a la cantidad de verdolaga añadida, en las tortillas obtenidas.....	38
<b>Figura 14.</b> Procedimiento de obtención de las muestras para sus posteriores análisis químicos y nutricionales .....	39
<b>Figura 15.</b> Procedimiento realizado para la determinación de la humedad en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado.....	40
<b>Figura 16.</b> Procedimiento para la determinación de cenizas totales en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado.....	41
<b>Figura 17.</b> Procedimiento para la determinación del extracto O grasa bruta en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado.....	42
<b>Figura 18.</b> Aparato de reflujo para determinar fibra cruda .....	43
<b>Figura 19.</b> Obtención del destilado en forma de amoniaco líquido.....	46
<b>Figura 20.</b> Lectura de minerales en espectrofotómetro de absorción atómica.....	47
<b>Figura 21.</b> Fórmulas para determinación del contenido calórico .....	49
<b>Figura 22.</b> Comparación de medias de ceniza total; concentración de verdolaga.....	53
<b>Figura 23.</b> Comparación de medias de extracto etéreo; concentración de verdolaga .....	54
<b>Figura 24.</b> Contenido promedio de clorofila en diferentes hortalizas por proceso de cocción ....	55
<b>Figura 25.</b> Comparación de medias de fibra cruda; concentración de verdolaga .....	56
<b>Figura 26.</b> Comparación de medias de proteína cruda; concentración de verdolaga .....	57
<b>Figura 27.</b> Comparación de medias de carbohidratos; concentración de verdolaga.....	58
<b>Figura 28.</b> Comparación de medias de kcal/100 g; concentración de verdolaga.....	59
<b>Figura 29.</b> Comparación de medias de Potasio (K); concentración de verdolaga .....	60
<b>Figura 30.</b> Comparación de medias de Sodio (Na); concentración de verdolaga.....	61
<b>Figura 31.</b> Comparación de medias de Calcio (Ca); concentración de verdolaga .....	62
<b>Figura 32.</b> Comparación de medias de Magnesio (Mg); concentración de verdolaga .....	63
<b>Figura 33.</b> Comparación de medias de Hierro (Fe); concentración de verdolaga.....	64
<b>Figura 34.</b> Comparación de medias de Manganeso (Mn); concentración de verdolaga.....	65

## Resumen

El siguiente trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de elaborar una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de harina de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*). Se determinaron las concentraciones de Verdolaga a utilizar en la elaboración de la tortilla de masa de maíz nixtamalizado. Se realizaron las pruebas correspondientes de la caracterización química (ceniza total, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda, ELN (carbohidratos) y contenido calórico (kcal/100 g) de las diferentes muestras de tortillas. Se compararon los resultados de una tortilla tradicional de maíz nixtamalizado con los resultados de una tortilla adicionada con 0, 0.5, 1, 3, 5 y 7 g de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) por cada 100 g de tortilla en donde se determinó que la tortilla con la concentración de 7/100 g presenta los mejores resultados en cuanto a las variables estudiadas (cenizas 5.51 %, proteína cruda 11.94 %, extracto etéreo (ELN) 2.19 %, fibra cruda 2.22 %, carbohidratos 78.15 %, así como contenido calórico 380.05 (kcal/100 g)) en comparación con los resultados de una tortilla con 0 g de Verdolaga con respecto a las mismas variables (cenizas 2.95 %, proteína cruda 10.44 %, extracto etéreo (ELN) 1.53 %, fibra cruda 1.37 %) y la mayor cantidad de carbohidratos 83.71 %, así como también más calorías 390.38 (kcal/100 g), además de los minerales, donde el potasio (K) sobresalió con un valor de 8.37 mg/100 g al igual que el Calcio (Ca) con un valor de 570 mg/100 g, considerando que la tortilla con menos concentración de verdolaga presenta aún más Calcio (Ca) debido a la cal que se utiliza en el proceso de nixtamalización.

### Palabras clave:

maíz, minerales, nixtamalizado, tortillas, verdolaga, *portulaca oleracea L.*

**Correo:** Itzel Monserrat Medina Díaz; imonse\_md96@hotmail.com

\* **M.D.I.M.** = Medina Díaz Itzel Monserrat, 2019 – 2020



## 1. INTRODUCCIÓN

La subsistencia se puede definir como todos los elementos básicos que los seres humanos necesitan para su bienestar. La alimentación es parte fundamental de la subsistencia de las poblaciones humanas (*Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México—ScienceDirect, s. f.*).

Actualmente, la alimentación de los mexicanos es resultado de la unión de diversos ingredientes y sabores, muchos de los cuales son de origen prehispánico. La variedad de productos, sobre todo alimentos de origen vegetal, que se utilizan desde la época prehispánica (por ejemplo, el maíz, el frijol, quelites o la calabaza) siguen siendo la base de la dieta mexicana hoy en día, con todo y sus variantes regionales (*Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México—ScienceDirect, s. f.*).

Una forma de estudiar las plantas que las poblaciones antiguas utilizaron como alimento, es a través de los materiales botánicos que se recuperan de los sedimentos procedentes de excavaciones arqueológicas (*Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México—ScienceDirect, s. f.*).

Sin duda alguna el maíz y la tortilla de maíz han sido desde tiempos inmemoriales dignos representantes de la vida y cultura culinaria de México. El maíz ha estado asociado con la vida del mexicano desde tiempos prehispánicos y en su significado lo lleva, ya que la palabra maíz proviene de un vocablo indio caribeño y significa “lo que sustenta la vida” (*SynthesisDigital 1.pdf, s. f.*).

En México, el maíz es consumido en varias formas: en elote, en tlaxcal, tamales, bebidas fermentadas, pero principalmente en forma de tortilla, con un consumo per cápita de 100 kg de maíz al año en diferentes formas. La tortilla es un alimento de forma circular aplanada de 10 a 30 cm de diámetro y 0.2 a 0.6 cm de grosor, se elabora a partir de diferentes tipos de maíz cocido con hidróxido de calcio; proceso conocido como nixtamalización que hace más biodisponible los nutrientes, y el agua residual del proceso de nixtamalización es conocido como nejayote (*Características y propiedades del maíz (Zea mays L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México, s. f.*).

La popularidad de la tortilla se hace patente al viajar por México y observar la cantidad de tortillerías y los molinos de nixtamal que existen aún en los poblados más pequeños. La tortilla de maíz es uno de los alimentos más consumidos en México, ya que es un alimento de fácil obtención, además que proporciona energía para las labores diarias, siendo esta la base de la dieta en México (Ursula Dolores *et al.*, s. f.).

El ritmo de vida tan acelerado que se lleva en la actualidad hace cada vez más difícil que la población pueda alimentarse adecuadamente y es así como el consumidor demanda alimentos con mayores aportes nutritivos, se pretende mejorar la calidad nutritiva de la tortilla y para esto es necesario la adición de nutrientes, por tal motivo se realizan estrategias de fortificación o enriquecimiento que se basa en el potencial para favorecer, en el menor tiempo, a la mayor parte de la población que padece desnutrición por medio del aumento de la calidad del alimento o alimentos que componen la mayor parte de la dieta (Mendoza Flores *et al.*, 2017).

*Portulaca oleracea* Linn. Conocido como verdolaga común, es miembro de la familia *Portulacaceae*. Es una hierba verde de clima cálido, con hojas obovadas, pequeñas flores amarillas que se abren individualmente en el medio de las hojas durante algunas horas en días soleados, especialmente por las mañanas, y tallos suculentos ramificados que están cerca de la base (*Los extractos de hojas lipofílicas e hidrofílicas de Portulaca oleracea (verdolaga) interrumpen las hormonas sexuales femeninas en ratas albinas (Rattus norvegicus)*—*ScienceDirect*, s. f.).

El uso de *Portulaca oleracea* en la medicina popular se remonta a la antigüedad y la Organización Mundial de la Salud (OMS) le ha dado el nombre de “Global Panacea”. Todas las partes de la planta, especialmente las hojas y los tallos, son útiles como remedios para muchas dolencias y generalmente se usan en estado fresco o seco. En Nigeria, la planta es utilizada por los profesionales de la medicina tradicional en el tratamiento de la infertilidad en las mujeres y en la parte oriental de Nigeria, las partes aéreas de las plantas se trituran para extraer el jugo con el fin de mejorar la fertilidad tanto en machos como en hembras (*Los extractos de hojas lipofílicas e hidrofílicas de Portulaca oleracea (verdolaga) interrumpen las hormonas sexuales femeninas en ratas albinas (Rattus norvegicus)*—*ScienceDirect*, s. f.).

La verdolaga *Portulaca oleracea* L. es una especie que recientemente se incorpora al cultivo. Esta planta cuyo centro de origen se sitúa en el Cercano Oriente, pudo distribuirse en Mesoamérica como maleza a la llegada de los españoles, tiempo desde el cual ha sido utilizada como complemento alimenticio por la población rural de México y que actualmente empieza a consumirse como planta cultivada, hecho que ha llevado a pensar producirla como ya viene sucediendo a pequeña escala en San Gregorio y Xochimilco en la Ciudad de México. Como maleza es común en jardines y campos cultivados. Es poco abundante en primavera y muy abundante en verano, se cultiva en algunas regiones del país, sobre todo en los suelos ricos en materia orgánica (Pérez Bartolo & Cepeda, s. f.).

Esta planta es ampliamente utilizada, se emplea como alimento humano, principalmente en ensaladas; sus cualidades medicinales son reconocidas: es diurética, entre otras. Es considerada como un buen fertilizante verde para enriquecer el suelo con materia orgánica. No requiere tantos cuidados ya que resiste mucho las sequías y la poca nutrición y cualquier tipo de suelo. Existe la posibilidad de ampliar el área de cultivo de la verdolaga gracias a su amplia adaptación en gran parte de los suelos. Sin embargo, la poca información de esta maleza como cultivo impide un manejo dinámico de esta futura hortaliza para su aprovechamiento intensivo (Pérez Bartolo & Cepeda, s. f.).

## 1.1. Justificación

Debido al ritmo de vida que se lleva en la actualidad y la demanda del consumidor por obtener productos de alta calidad nutritiva, crean la necesidad de elaborar una tortilla con un alto valor nutritivo. La tortilla de maíz nixtamalizado es uno de los alimentos más consumidos en México, pues son consideradas como una excelente fuente energética o calórica debido a su alto contenido de almidón, además el proceso de nixtamalización no es únicamente un proceso que le da el sabor y la textura característicos a las tortillas, la nixtamalización es un proceso muy completo pues desde el punto de vista nutricional es de gran importancia, ya que incrementa la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales, además también hace que se libere la niacina (vitamina B3), la cual no se encuentra disponible en el grano. También aporta potasio, fósforo, fibra, proteínas y algunas vitaminas como la A, tiamina, riboflavina y son una buena fuente de calcio, ya que durante el cocimiento y remojo con cal se incrementa y en esta forma el calcio puede ser bien absorbido por el organismo humano, lo que le hace un alimento muy completo (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.). La Verdolaga, *Portulaca oleracea*, es una planta silvestre comestible con diversas cualidades nutricionales, las cuales hacen que se amerite como opción novedosa y que pueda ser incluida en una alimentación sana, variada y equilibrada. Se propone a la verdolaga para el consumo de personas sanas como así también en personas con enfermedades cardiovasculares, ya que proporciona algunos nutrientes esenciales pues es de suma importancia brindar novedades alimentarias y demostrando que existen alimentos ocultos con propiedades saludables y que pueden llegar a formar parte de la alimentación diaria de la población. Por lo expuesto anteriormente se pensó en trabajar en este proyecto de mejorar una tortilla de maíz nixtamalizado adicionada con harina de Verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) para incrementar el contenido nutricional, con el fin de comparar las cualidades nutricionales con las de una tortilla tradicional.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Obtener una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de harina de Verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) para incrementar el contenido nutricional y comparar sus cualidades nutricionales con las de una tortilla tradicional de masa de maíz nixtamalizado.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización química de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de diferentes formulaciones de harina de verdolaga.
- Determinar las cualidades nutricionales de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de diferentes formulaciones de harina de verdolaga.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Caracterización Química

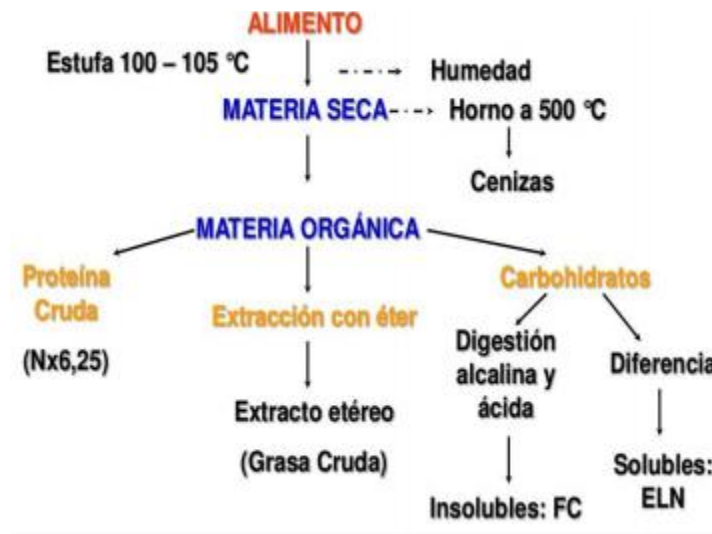
Los primeros estudios sobre la composición de los alimentos se realizaron con el objetivo de identificar y determinar las características químicas de los principios de los productos alimenticios que afectan a la salud humana y se ocuparon también de los mecanismos mediante los cuales los componentes químicos ejercen su influencia. Esos estudios, que constituyeron la base de las primeras etapas de las ciencias de la nutrición (McCollum, 1957), siguen hoy en día ocupando un lugar central en la evolución de este sector de la ciencia. Los conocimientos actuales sobre la nutrición son aún incompletos y se requieren nuevos estudios, a menudo con un nivel cada vez mayor de complejidad, sobre la composición de los alimentos y sobre la función de sus componentes y sus interacciones en la salud y la enfermedad (Greenfield *et al.*, 2006).

Estos sistemas se utilizan cada vez más para generar tablas de composición de alimentos y archivos de datos impresos e informatizados. Las tablas informatizadas e impresas contienen por lo general un subconjunto de nutrientes y alimentos y a menudo no figura en ellas ninguna otra documentación. Los estudios de la relación entre la alimentación y la salud han hecho que vaya en aumento el interés por la serie de componentes biológicamente activos presentes en los alimentos que acompañan a los nutrientes y, con frecuencia, se necesitan datos de estos componentes, al igual que datos relativos a los aditivos y contaminantes (Greenfield *et al.*, 2006).

La evaluación de los alimentos involucra tres tipos de análisis: análisis fisicoquímico, análisis microbiológico y análisis sensorial.

Entre los diversos análisis que se realizan, se encuentran un conjunto de determinaciones (Figura 1) que describen la composición nutritiva de una sustancia alimenticia a la cual se le da el nombre de análisis próximo (caracterización química), comprende las determinaciones de humedad o sustancias volátiles a 105 °C, cenizas o material mineral, extracto etéreo o grasa bruta, fibra bruta o cruda, proteína bruta y extracto no nitrogenado o extracto libre de nitrógeno (ELN). Además se incluyen análisis encaminados a

identificar y cuantificar sustancias o fenómenos que ocurren específicamente en ellos (Serna Rivera, y otros, 2010); (Mendoza Flores *et al.*, 2017).



**Figura 1.** Diagrama de las determinaciones en una caracterización

**Fuente:** Tomada de internet

Los determinantes se harán de acuerdo al manual de técnicas utilizadas por la A.O.A.C. (1990, Association of Official Analytical Chemist) Washington, D. C., que son las técnicas utilizadas como estándar a nivel internacional (Olvera Novoa, y otros, 1993).

### 2.1.1. Humedad o sustancias volátiles

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización al que haya sido sometido, contienen agua en mayor o menor proporción teniendo cifras en contenido de agua que varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existen en dos formas generales: “agua libre” y “agua ligada” (Hart, 1991).

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debido a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas. Aunque estos métodos dan buenos resultados que pueden interpretarse sobre bases de comparación, es preciso

tener presente que a) algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente; b) a cierta temperatura el alimento es susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua, y c) también pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua (Pearson, 1993); (*FUNDAMENTOS Y TECNICAS DE ANALISIS DE ALIMENTOS\_12286.pdf*, s. f.).

El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra (Nollet, 1996).

La materia seca total es el complemento de la humedad, que se obtiene mediante la evaporación total de esta a una temperatura que varía entre 100-105 °C. La materia seca total se calcula por diferencia (Mora Brautigán, 2007); (Mendoza Flores *et al.*, 2017).

### **2.1.2. Cenizas o material mineral**

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. En los vegetales predominan los derivados de potasio y en las cenizas animales los del sodio. El carbonato potásico se volatiliza apreciablemente a 700 °C y se pierde casi por completo a 900 °C. Los fosfatos y carbonatos reaccionan además entre sí (Hart, 1991).

#### **Determinación en seco**

En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550-600 °C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (Nollet, 1996).

#### **Determinación húmeda**

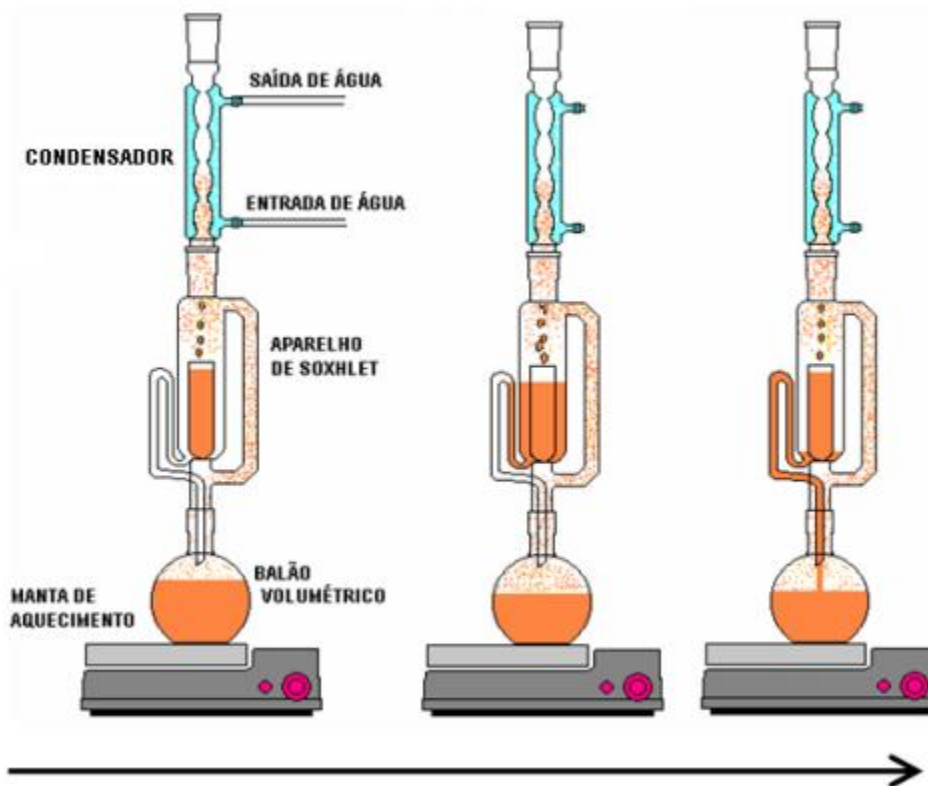
Se basa en la descomposición de la materia orgánica en medio ácido por lo que la materia inorgánica puede ser determinada por gravimetría de las sales que precipiten, y también por algún otro método analítico para las sales que permanezcan en disolución acuosa o ácida (Mendoza Flores *et al.*, 2017).



### 2.1.3. Extracto etéreo o grasa bruta

El término extracto etéreo se refiere a las sustancias extraídas con éter etílico que incluyen el grupo de nutrientes llamados grasa bruta o lípidos. La grasa bruta comprende ésteres de los ácidos grasos. Los lípidos, junto con las proteínas y carbohidratos constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos (Nielsen, 1998).

La extracción por método Soxhlet (Figura 2) es una extracción semicontinua con disolvente donde una cantidad de disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición, una vez que dentro del Soxhlet el líquido condensado llega a cierto nivel es sifoneado de regreso al matraz de ebullición, la grasa se mide por pérdida de peso de la muestra o por cantidad de muestra removida (Nielsen, 1998).



**Figura 2.** Esquema de extracción por método Soxhlet

**Fuente:** Tomada de internet

#### **2.1.4. Fibra cruda o bruta**

El contenido de fibra en los vegetales de consumo habitual oscila entre un 3-8% de alimento comestible. En la fruta es del 1.4-2.4%, siendo la media del 1.6% (Mendoza Montoya, 2008).

La fibra bruta constituye un índice de las sustancias presentes en los alimentos de origen vegetal cuyo valor alimenticio es igual al del heno. Está constituida fundamentalmente por celulosa, lignina y pentosanas, suberina, cutina, alginatos y pectinas; constituyentes, junto con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas, de las estructuras celulares de los vegetales (Grossi & Ohaco, s. f.)

La finalidad del método es la de eliminar las proteínas, carbohidratos solubles, residuos de grasas, vitaminas y otros compuestos diferentes que interfieren en su determinación; el fundamento del método es asemejar este proceso al que desempeña el organismo en su función digestiva. La muestra deshidratada y exenta de grasa obtenida de la extracción del extracto etéreo, se trata con ácido sulfúrico en ebullición y después con hidróxido sódico en ebullición. El residuo se somete a calcinación a 550 °C, la diferencia residuo – cenizas se considera fibra bruta (Bernal de Ramírez, 1993).

#### **2.1.5. Proteína bruta o cruda**

El término proteína se aplica a gran número de compuestos nitrogenados, clasificados como alimentos plásticos. Estructuralmente, son polímeros cuyas unidades básicas son amino o aminoácidos, unidos por un enlace característico que recibe el nombre de enlace peptídico.

En general, el procedimiento de referencia Kjeldahl determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas (Aurand, y otros, 1987).

Se caracteriza por el uso de ebullición del ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco, el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado *in situ* o por destilación alcalina y titulación. Este método puede ser dividido,

básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón (Martínez & Segovia, s. f.).

Ello condicionará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados (García, y otros, 2016).

Para convertir el nitrógeno a proteína se emplea el factor de 6.25 el cual proviene de la consideración de que la mayoría de las proteínas tienen una cantidad aproximada de 16% de nitrógeno (Nielsen, 1998). Y este varía dependiendo del tipo de alimento.

#### **2.1.6. Extracto libre de nitrógeno (ELN) o extracto no nitrogenado**

En el extracto libre de nitrógeno o extracto no nitrogenado se agrupan mono y disacáridos, la parte soluble de la celulosa, pentosanas y lignina, las hemicelulosas, el almidón, la inulina y toda clase de azúcares, materias pépticas, ácidos orgánicos y otras materias solubles libres de nitrógeno, constituyendo así la fracción más valiosa del alimento. Los carbohidratos son compuestos con características fuertemente polares, solubles en agua con algunas excepciones (polisacáridos), es por esto que su análisis se realiza generalmente en medio acuoso.

El extracto no nitrogenado se obtiene restando de 100 la suma de los porcentajes de agua, proteína bruta, cenizas, extracto etéreo y fibra bruta. A veces se usa el término “carbohidratos por diferencia” o “carbohidratos totales”, pero en este último se incluye con frecuencia también la fibra bruta (Bernal de Ramírez, 1993).

### **2.2. Maíz**

El maíz (*Zea mays L.*), es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria (Agropecuarios, s. f.).

El cultivo del maíz tuvo su origen en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de su existencia data de unos 7 mil años, y fue encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán, México. Este cereal fue de suma importancia para las civilizaciones maya y azteca y fue la base en su alimentación y dieta (*Reporte\_mercado\_maiz\_200120.pdf*, s. f.).

### **2.2.1. Producción**

El maíz (*Zea mays L.*) es el cultivo más importante de México, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social. Este grano se produce en dos ciclos agrícolas: primavera-verano y otoño-invierno, bajo diversas condiciones agroclimáticas de humedad: secano (temporal), punta de riego y riego (SIAP, 2007); (Luna Mena *et al.*, 2012).

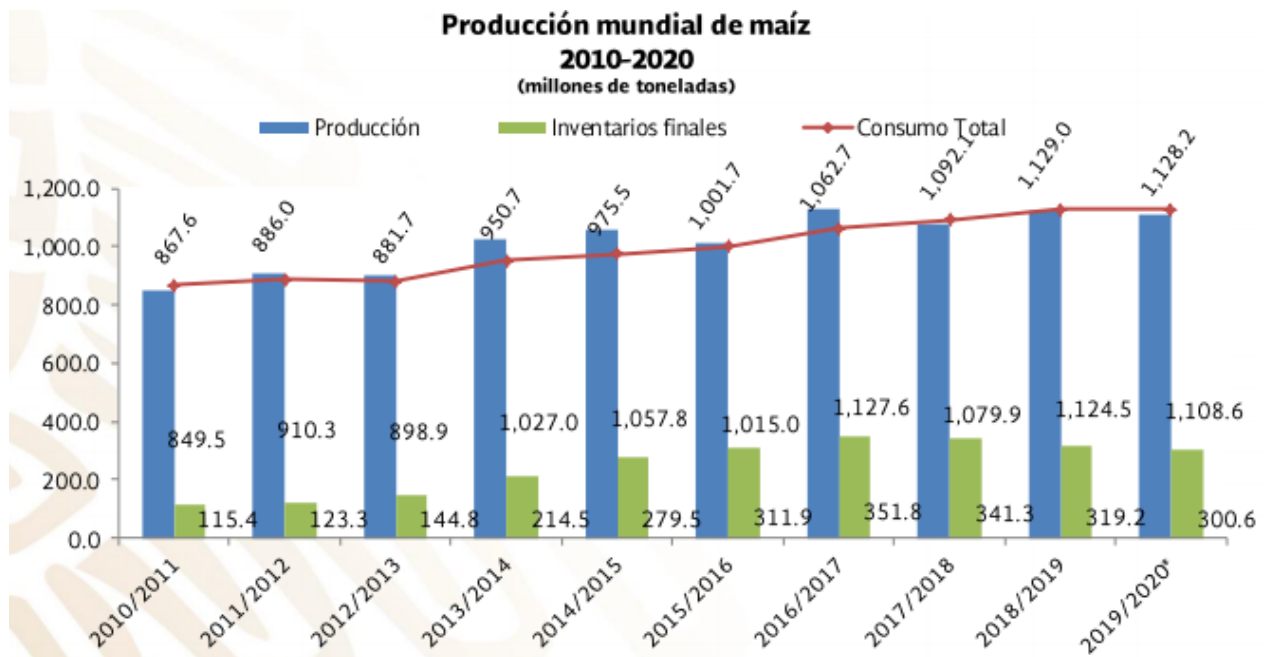
Para el desarrollo del maíz se requiere entre 25 y 30 °C, con amplios periodos de exposición a la luz solar ya que es un cultivo muy exigente en cuestión de agua en el orden de unos 5 mm al día, se adapta fácilmente a todos los tipos de suelo pero los profundos, ricos en materia orgánica y con pH entre 6 a 7 son ideales para su crecimiento, para la conservación del grano del maíz se requiere que contenga un máximo de humedad del 9% al 12 (*Reporte\_mercado\_maiz\_200120.pdf*, s. f.).

En la última década, la producción de maíz a nivel mundial presenta una tendencia de crecimiento, pasando de 849.5 MT a 1,108.6 MT, con una TMCA de 3.0%.

En el año 2019/20 se estima una producción de 1,108.6 MT, 1.4% inferior respecto al año previo, derivado de la reducción esperada en Estados Unidos, por condiciones climáticas desfavorables.

La estimación de consumo muestra también un ligero retroceso de 0.1% en el año 2019/20, respecto al año previo.

La disminución en la producción estimada se ve reflejada en una disminución de 5.8% en los inventarios finales como se muestra en la (Figura 3) (*Reporte\_mercado\_maiz\_200120.pdf*, s. f.).



**Figura 3.** Producción mundial de maíz 2010-2020

\*/ESTIMADO

**FUENTE:** USDA/FOREIGN AGRICULTURAL

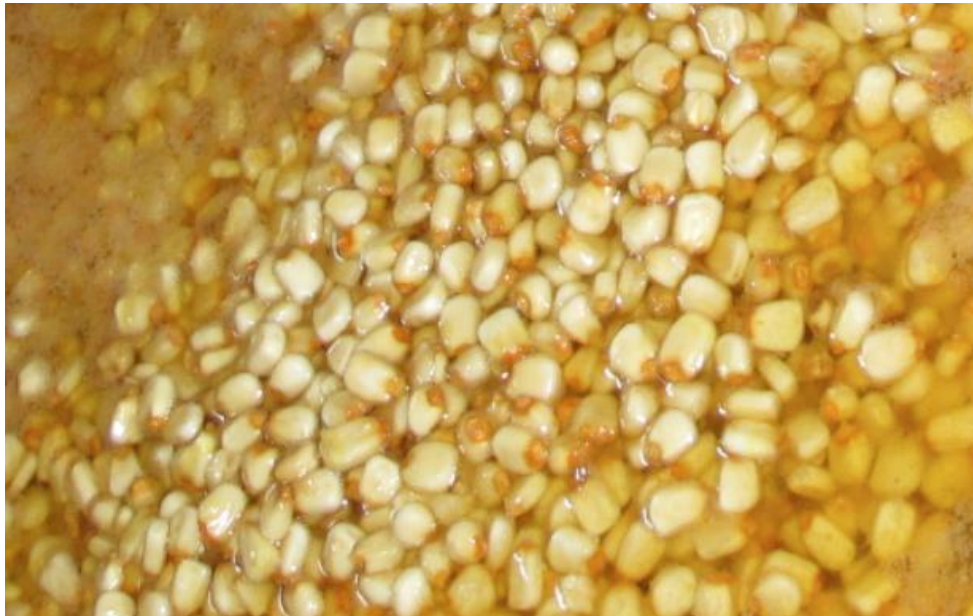
### 2.2.2. Usos

El maíz es el cultivo más importante y representativo de México por su importancia económica, social y cultural. Su producción se divide en amarillo y blanco, el maíz amarillo se produce en menos cantidad y se utiliza para consumo humano; aunque su principal destino es la alimentación del ganado y producción de almidones, mientras que la producción del maíz blanco se utiliza para la elaboración de las tradicionales tortillas y tamales, aunque también se obtienen aceites e insumos para la fabricación de diversos productos.

Con el maíz se produce almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, alimentos para mascotas, edulcorantes alimenticios, y combustible, entre otros. Asimismo, su uso como forraje, ha permitido el desarrollo de las industrias lácteas y cárnicas (*Reporte\_mercado\_maiz\_200120.pdf*, s. f.).

### 2.3. Maíz nixtamalizado

La norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002) define al Maíz Nixtamalizado o Nixtamal (Figura 4), como al maíz sano y limpio que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal), u otro material alcalino (*NORMA Oficial Mexicana NOM, s. f.*).



**Figura 4.** Maíz Nixtamalizado

**Fuente:** La maravillosa nixtamalización (tomada de internet)

#### 2.2.1. Historia de la nixtamalización

El proceso de nixtamalización (del náhuatl nixtli, cenizas, y tamalli, masa) se ha transmitido de generación en generación, todavía se elabora como en tiempos prehispánicos, aunque con el tiempo ha sufrido algunas modificaciones en su proceso. La nixtamalización está basada en los procesos artesanales desarrollados por las culturas mesoamericanas que, mediante procedimientos simples, como el empleo de cenizas, lograban el ablandamiento del grano para obtener la masa y tortillas (del náhuatl tlaxcalli, fue nombrado “tortilla” por los españoles).

Para llevar a cabo la nixtamalización es necesario que el grano de maíz madure y este seco. El uso de cenizas fue sustituido por hidróxido de calcio o cal para facilitar la remoción del pericarpio, para causar algunos cambios fisicoquímicos en el interior del grano, tener un mejor manejo de la masa y obtener tortillas con mejores características organolépticas.

No se sabe cómo fue que nuestros ancestros descubrieron el proceso de nixtamalización del maíz, pero sin duda es una herencia que prevalecerá y por la cual somos conocidos por todo el mundo (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

### **2.2.2. Proceso de nixtamalización**

En la actualidad el proceso de nixtamalización del maíz implica una etapa de cocimiento de una parte de maíz con dos partes de una solución de cal aproximadamente al 1% durante 0.5 a 1 hora. Más adelante el proceso es seguido de un reposo del grano durante 3 a 24 horas en una solución acuosa de hidróxido de calcio. Luego del reposo, el agua de cocción (conocida como nejayote) se retira y el maíz se lava dos o tres veces con agua; así se obtiene el maíz nixtamalizado o nixtamal (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

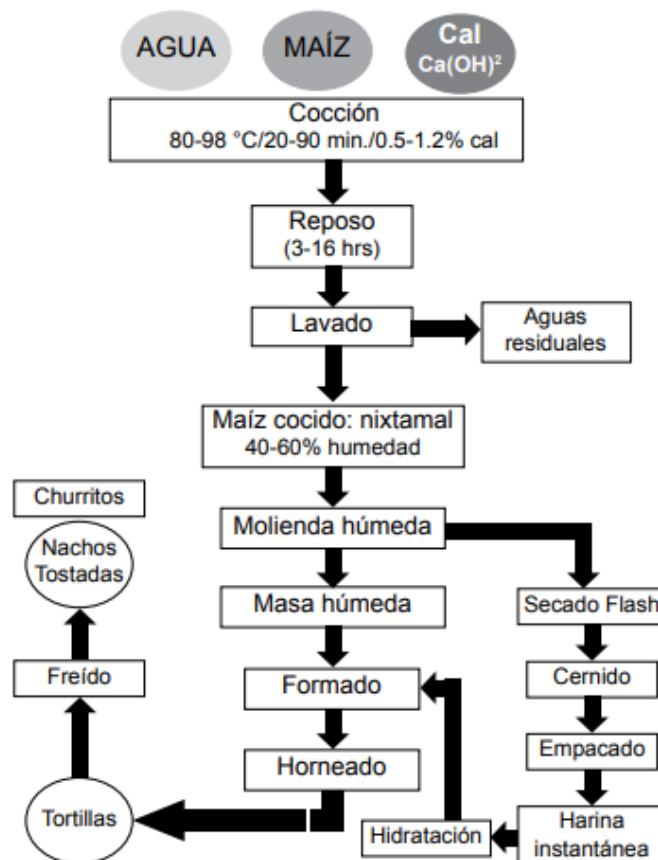
### **2.2.3. Cambios en el maíz durante la nixtamalización**

Debido al proceso de nixtamalización no solo se mejoran las características físicas y organolépticas de la masa, que son la clave en la elaboración de la tortilla, sino que también se obtienen beneficios nutricionales, como el de aumentar los aminoácidos esenciales. El proceso de nixtamalización no es únicamente un proceso que le da el sabor y textura característicos a las tortillas, la nixtamalización es un proceso muy completo y que desde el punto de vista nutricional es de gran importancia, ya que incrementa la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales. La nixtamalización también hace que se libere niacina (vitamina B3), la cual no se encuentra disponible en el grano. En cuanto al contenido de calcio, este se incrementa hasta 30 veces, ya que

durante el cocimiento y remojo con cal se incrementa; en esta forma el calcio puede ser bien absorbido por el organismo humano (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

## 2.4. Masa

El nixtamal es sometido a un proceso de molienda; anteriormente se hacía en un metate y se hacían las tortillas a mano, aun hoy este proceso es común en las zonas del centro y sur del país. En la actualidad se utilizan molinos industriales para moler el nixtamal, y alternativamente la masa es sometida a un proceso de secado para preparar la harina de maíz nixtamalizado instantánea; este proceso se muestra en la (Figura 5). Esta harina es posteriormente hidratada para producir tortillas en las tortillerías, especialmente en la zona norte de México (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).



**Figura 5.** Proceso de nixtamalización industrial.

**Fuente:** Del maíz a la tortilla: Nixtamalización.



### **2.3.1. Definición**

La norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002) define la Masa como el producto obtenido de la molienda húmeda de granos de maíz nixtamalizado o pasta que se forma a partir de harina de maíz nixtamalizado, harina de trigo, harinas integrales o sus combinaciones y agua. Pudiendo estar mezclada con ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos (*NORMA Oficial Mexicana NOM*, s. f.).

### **2.3.2. Composición**

La masa obtenida es una mezcla constituida por los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina) mezclados con gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, gránulos intactos, partes de endospermo y lípidos. Todos estos componentes forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua (Gómez *et al.*, 1987); (Ursula Dolores *et al.*, s. f.).

### **2.3.3. Usos**

El maíz nixtamalizado ha conquistado al mundo no solo por su sabor en las diversas formas de prepararlo en los platillos típicos, sino también en la industria de las botanas, que es una de las de mayor consumo y crecimiento alrededor del mundo (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

## **2.5. Generalidades de la Tortilla**

La tortilla es la forma principal de consumo del maíz para el mexicano, pues constituye la principal fuente de energía, según cifras de la Organización Mundial de la Alimentación (FAO), el 45% del consumo nacional de calorías proviene de alimentos derivados del maíz. La tortilla se consume a diario por el 94% de los mexicanos, acompañando los platillos típicos de nuestra gastronomía. Según el Consejo Regulador de la Masa y la

Tortilla (CRMT), en México se consumen al año aproximadamente 80 kilogramos de tortillas per cápita (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

#### **2.4.1. Concepto general de tortilla**

La tortilla se describe como un disco aplanado de masa de maíz nixtamalizado, cuyas dimensiones varían entre doce y dieciocho centímetros de diámetro y de uno a dos milímetros de espesor, la cual se cuece por un lado de la tortilla durante 30 a 45 segundos, se voltea para cocer el otro lado durante un minuto y se cuece otra vez el lado inicial por otros 30 segundos para completar la cocción. Se cuece sobre una superficie caliente (260 a 280 °C), generalmente metálica, denominada comal (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

#### **2.4.2. Usos**

Se puede combinar con toda clase de carne (como las de res, puerco o pollo) o bien con verduras, frijoles, queso, chile y una infinidad de posibles combinaciones, para preparar tamales, tacos, panuchos, quesadillas, sopes, chalupas, tostadas, tlacoyos, huaraches, memelas, picadas, enchiladas, chilaquiles, flautas, sopa de tortilla, totopos y una gran gama de platillos típicos cocinados a lo largo y ancho de México (*SynthesisDigital 1.pdf*, s. f.).

#### **2.6. Verdolaga**

La *Portulaca oleracea* o mejor conocida como Verdolaga (Figura 6), es una especie muy compleja taxonómicamente; presenta una gran transformación de características foliares y de porte, cambiando notablemente según las condiciones ambientales y edáficas. Es una hierba anual, suculenta, de tallos postrados, generalmente de color rojizo, hojas verdes brillantes, subopuestas, flores amarillas, frutos capsulares con abundantes semillas minúsculas de color café oscuro o casi negras. Se reconocen hasta nueve

subespecies, basadas principalmente en el tamaño de la semilla y morfología de la testa (Hernández-Aguilar, s. f.).

Debido a que es una planta con muchas transformaciones y cambios durante su crecimiento y debido a las condiciones en las que se reproduce a continuación se mencionan algunas de ellas:

### **Joven**

Cotiledones elípticos a ovales, con ápice redondeado, más o menos preciolados, hojas enteras, lanceoladas, carnosas.

### **Adulto**

Tallos de 20 a 40 cm, glabros, acostados, carnosos, ramificados en la base y de color rojo. Hojas: Hojas inferiores opuestas, las siguientes son alternas. Hojas carnosas, glabras y brillantes, verde-azules, en maza u obovales, hasta 4 cm de largo, violáceas en la parte superior. Inflorescencias: flores amarillas muy pequeñas, sésiles, aisladas o aglomeradas en grupos de 2 ó 3 entre las ramificaciones bifurcadas o en la base de las hojas superiores. Frutos: capsulas (píxides) ovoides, que se abren circularmente de través. Semillas numerosas, negras, brillantes, redondeadas (0,5 a 1 mm) (*Verdolaga Dicotiledóneas anuales | Syngenta, Agricultura responsable*, s. f.).

La verdolaga es comestible y medicinal (diurético, vermífuga, desinflamante, antiescorbútico, entre otros). En algunos países de Europa, Asia y América es cultivada para su consumo como verdura en ensaladas y otros guisos, sus hojas tienen un sabor acidulado bastante agradable, además se sabe que la verdolaga posee un alto contenido de antioxidantes y ácido grasos omega-3 y vitaminas (vitamina C, vitamina B, carotenoides y minerales (magnesio, calcio, potasio, hierro) (Hernández-Aguilar, s. f.).



**Figura 6.** *Portulaca Oleracea L.*

**Fuente:** Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales.

(Foto: G. Carnevalli).

### **2.5.1. Antecedentes**

Es una planta de origen incierto, aunque existen registros arqueológicos que sugieren su origen en el Nuevo Mundo; lo incierto es que se ha naturalizado en casi todo el mundo y es considerada como una de las diez malezas más agresivas, habitando en casi todos los tipos de vegetación, climas, suelos y altitudes que van desde nivel de mar hasta por arriba de los 2000 metros; es además muy resistente a la sequía (Hernández-Aguilar, s. f.).

A pesar del elevado potencial productivo, precocidad, rusticidad, uso eficiente del tiempo, del espacio de la verdolaga como cultivo de pequeñas superficies y de la ancestral cultura de consumo como hortaliza entre la población mexicana del centro del país (20 millones de habitantes tan solo en la Ciudad de México), las instituciones de enseñanza e investigación poco han hecho para el desarrollo de tecnologías, variedades y sistemas tecnificados de producción.

La verdolaga como algunos otros quelites se cultivan en superficies pequeñas, otros son de recolección, lo que los hace de escasa disponibilidad en el mercado y en ocasiones

esto hace que su precio se eleve, sobre todo en la temporada de invierno. En este caso, la verdolaga es de esperarse que tiene una demanda creciente, ya que se ha encontrado un alto contenido en ácidos grasos antioxidantes del grupo omega y en algunos países europeos como Francia, existen variedades mejoradas de verdolaga para su consumo como hortaliza. Pese a ello, hay muy pocas contribuciones mexicanas orientadas a reunir y sintetizar los conocimientos disponibles sobre esta especie, para valorar su potencial alimenticio, económico, medicinal y ornamental.

Hasta este momento solo existen dos regiones bien definidas como productoras de verdolaga como hortaliza: la región chinampera de Xochimilco-San Gregorio-Mixquic (clima templado) y la de Cuautla, Morelos (clima cálido), donde se cultiva desde hace ya muchos años en superficies pequeñas. Sin embargo, en el centro de México, hay muy poca información sobre las etapas fenológicas y su análisis de crecimiento; y nada sobre el desarrollo de descriptores varietales (*Importancia\_de\_la\_Verdolaga\_en\_M\_xico.pdf*, s. f.).

### **2.5.2. Condiciones de cultivo**

Los ciclos de siembra para la verdolaga son en primavera-verano (abril a octubre), siendo las heladas el principal factor que reduce su presencia de siembra más allá de la fecha antes mencionada, este ciclo de cultivo lo utilizan los productores de Mixquic, Ciudad de México. Pero el tiempo de siembra también puede depender de las características del lugar donde se realice (invernadero o cielo abierto) pues esta planta tiene la facilidad de crecer en cualquier parte siempre y cuando tenga humedad, por ejemplo en el estado de Morelos el cultivo se realiza en los meses de otoño-invierno (octubre-marzo) o en ocasiones se extiende hasta el mes de octubre por la factibilidad del riego y el uso de invernaderos (Pérez Bartolo & Cepeda, s. f.).

Como la mayoría de los quelites la verdolaga es una planta que de forma natural se desarrolla al interior de las parcelas de cultivo o bien se encuentra en áreas manejadas por el hombre, lo que facilita su recolección para la venta y consumo de las poblaciones rurales de México (*Importancia\_de\_la\_Verdolaga\_en\_M\_xico.pdf*, s. f.).

La siembra es directa y bajo cielo abierto. La preparación del terreno consiste en barbecho, rastreo y formación de melgas, utilizando el tractor. Las melgas son de 20 metros de largo por 2 metros de ancho. El terreno debe ser nivelado usando pala y rastrillo. La semilla mezclada con fertilizante y se esparce al voleo, posteriormente se aplica un riego para propiciar la germinación. Una vez germinada la semilla, las plántulas inician su crecimiento manteniéndose alrededor 25 días antes de ser cosechada, para esta fecha la altura de la planta alcanzado los 20 cm de altura aproximadamente y están listas para ser cortadas. Después de haber sido arrancadas o cosechadas se hacen manojos, la verdolaga con todo y raíz es lavada en áreas destinadas a este proceso, se empacan los manojos y luego las llevan a vender a los mercados (*Importancia\_de\_la\_Verdolaga\_en\_M\_xico.pdf*, s. f.).

### 2.5.3. Taxonomía

La familia *Portulacaceae*, que se caracteriza por incluir plantas carnosas de hojas enteras y fruto circunciso. Esta familia alberga 20 géneros con unas 400 especies de distribución mundial, pero principalmente americana (Calderón de Rzedowski, 2001).

El género *Portulaca* comprende 100 especies principalmente de regiones tropicales o subtropicales de ambos hemisferios; en América se reportan poco más o menos una quinta parte del total del número de especies. Las especies que se reportan para México son: *P. mexicana* Wilson, *P. pilosa* L., *P. umbratícola* Kunth, *P. retusa* Engelm, *P. oleracea* L. y la recién descrita *P. guanajuatensis* G. Ocampo (*Importancia\_de\_la\_Verdolaga\_en\_M\_xico.pdf*, s. f.).

Reino:Plantea

División:Magnoliophyta

Clase:Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Portulacaceae

Género: Portulaca

Especie: Oleracea L.

**Figura 7.** Clasificación Taxonómica


**Fuente:** Menéndez, 2008

#### 2.5.4. Formas de uso

**Medicinal:** De acuerdo con la literatura se recomienda para problemas digestivos, tales como infecciones intestinales, calor en el estómago, estreñimiento, parasitosis, todos ellos referidos en el centro del país (Argueta *et al.*, 1994).

**Alimento:** El primer reporte como planta comestible se encuentra en el Códice Florentino. Tradicionalmente la verdolaga se consume cocida, hervida o bien se prepara con carne de cerdo o pollo en una salsa de chile verde y tomate. Es muy común encontrarla en los meses de abril a septiembre en los mercados locales o regionales del país, incluyendo algunos centros comerciales.

Los primeros análisis bromatológicos han reportado que es una buena fuente de fibra, proteína, carbohidratos, potasio y magnesio (Aberoumand, 2009). Actualmente se han iniciado estudios sobre el contenido de ácidos grasos (omegas), pues se ha sugerido que es una planta con alto contenido de ellos (*Importancia\_de\_la\_Verdolaga\_en\_M\_xico.pdf*, s. f.).

verdolaga 	
Valor nutricional por cada 100 g	
Energía 20 kcal 84 kJ	
Carbohidratos	3.39 g
Grasas	0.36 g
Proteínas	2.03 g
Agua	92.86 g
Retinol (vit. A)	1320 µg (147%)
Tiamina (vit. B <sub>1</sub> )	0.047 mg (4%)
Riboflavina (vit. B <sub>2</sub> )	0.112 mg (7%)
Niacina (vit. B <sub>3</sub> )	0.48 mg (3%)
Vitamina B <sub>6</sub>	0.073 mg (6%)
Vitamina C	21 mg (35%)
Vitamina E	12.2 mg (81%)
Calcio	65 mg (7%)
Hierro	1.99 mg (16%)
Magnesio	1.99 mg (1%)
Manganeso	0.303 mg (15%)
Fósforo	44 mg (6%)
Potasio	494 mg (11%)
Zinc	0.17 mg (2%)
% de la cantidad diaria recomendada para adultos.	

**Figura 8.** Valor nutricional de la Verdolaga

**Fuente:** En la base de datos de la USDA

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Nutrición Animal, Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

#### 3.2. Materia prima utilizada

La materia prima utilizada fue Verdolaga (*Portulaca oleracea L.*), y la masa de maíz nixtamalizado que se utilizó en toda la experimentación se adquirió en un supermercado de Saltillo.



### 3.3. Materiales utilizados

Los materiales que se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1. Materiales utilizados**

Charolas de aluminio	Vidrios de reloj y perlas de vidrio	Bolsas de plástico	Agitadores	Vasos de Bercelius
Bolsas de papel	Matraz de aforación	Espátulas de acero inoxidable	Máquina manual para tortillas	Probetas de 10, 50, 100, 500 mL
Cartucho de celulosa	Cuchillos	Matraz Erlenmeyer	Frascos de plástico	Papel aluminio y papel filtro
Filtros de tela de lino	Recipiente de vidrio	Celdillas	Parrillas eléctricas	Comal de teflón
Tubos de ensaye	Pinzas para crisol y matraces	Papel secante	Matraz Kjeldhal	Crisoles de porcelana
Tabla para picar	Pizeta	Mortero y pistilo	Puntillas	Embudos
Licuadaora	Termómetro de mercurio	Matraz redondo de fondo plano	Parrilla de gas	Buretas y desecadores
Matraces de 50, 100, 500 mL	Papel encerado	Vasos de precipitado	Desecador	Papel sin cenizas N° 42

### 3.4. Equipos utilizados

Los equipos que se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Equipos utilizados

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>
Aparato Kjeldahl	-----
Plancha de calentamiento	Thermo Scientific; Modelo Type 2200
Aparato de reflujo	Labconco
Extractor Soxhlet	Labconco
Micro pipeta digital	Brandtech; Modelo Transferpette
Mufla	Thermo Scientific; Modelo Thermolyne
Balanza analítica	OHAUS; Modelo Thermolyne
Estufa de secado	Thelco; Modelo 27
Estufa de secado	Robertshaw
Balanza digital	OHAUS; Modelo Scout Pro SP601

### 3.5. Reactivos utilizados

Los reactivos que se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Reactivos utilizados

Acetona al 85%	Solución patrón de Fósforo	Granallas de Zinc	Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.313 N o al 25%
Solución Aminonaftolsulfónico (ANSA)	Ácido Nítrico ( $HNO_3$ )	Hidróxido de Sodio (NaOH) al 45%	Hexano
Sulfito de Sodio al 20%	Ácido Perclórico ( $HClO_4$ )	Indicador mixto	Agua desionizada
Bisulfito de Sodio al 15%	Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 10 N	Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ ) al 4%	Agua destilada
Molidabto de Amonio	Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0.225 N o al 25%	Mezcla reactiva de Selenio	Agua purificada
Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0.102564 N	Carbonato de Sodio ( $Na_2CO_3$ )	Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado	

### 3.6. ETAPA 1: Procedimiento para la elaboración de las diferentes formulaciones de harina de verdolaga y maíz nixtamalizado

A continuación, se muestran las diferentes formulaciones de verdolaga y masa de maíz nixtamalizado utilizadas en la experimentación, estas formulaciones están descritas a continuación en la Tabla 4 al igual que las formulaciones que se utilizaron.

**Tabla 4.** Diferentes formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada, utilizada en la experimentación

<b>Verdolaga</b>	<b>Masa de maíz nixtamalizado</b>
0 g	100 g
0.5 g	99.5 g
1 g	99 g
3 g	97 g
5 g	95 g
7 g	93 g

### **3.6.1. Obtención de la harina de Verdolaga**

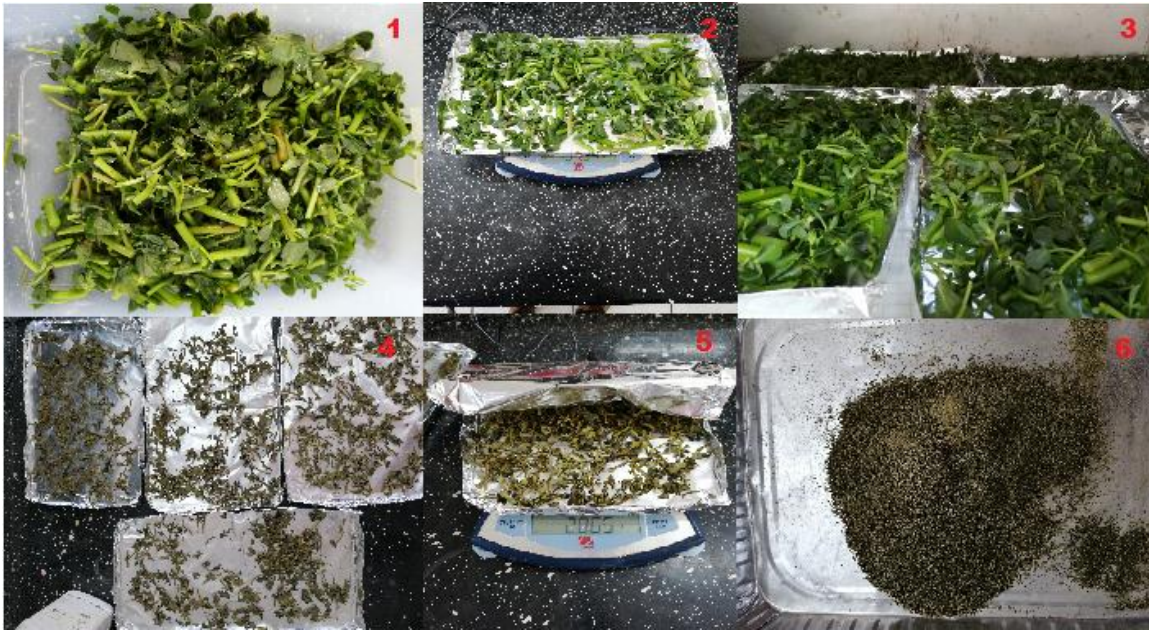
Las hojas frescas de verdolaga fueron lavadas con agua purificada; posterior a ello, se procedió a la desinfección durante 5 minutos, con 3 mL de cloro por cada litro de agua purificada. Transcurrido este tiempo se eliminó el agua, y se dejó escurrir el material vegetal se ilustra en la (Figura 9).



**Figura 9.** Procedimiento de lavado y desinfección del material vegetal utilizado en la experimentación. A) Verdolaga., B) Lavado., C) Desinfección., D) Reposo y escurrido

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

Después del proceso de lavado y desinfección el material vegetal se cortó en pequeños segmentos, de forma homogénea. Se colocó en charolas de aluminio; y se procedió al secado en una estufa (Robertshaw) a temperatura de 55 °C a 60 °C durante un periodo de 24 horas. Posterior a este tiempo, se procedió a moler el material seco de verdolaga en una licuadora (Ozer) hasta obtener una harina homogénea la cual se almaceno en un frasco plástico limpio (Figura 10).

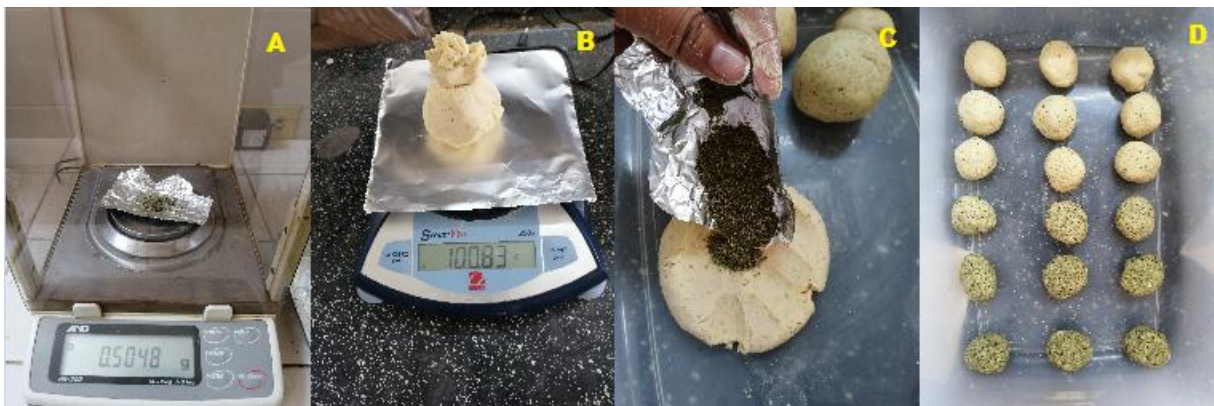


**Figura 10.** 1) Cortado., 2) Pesado en fresco., 3) Secado., 4) Verdolaga seca., 5) Pesado en seco., 6) Molienda

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### 3.6.2. Elaboración de las tortillas

Se procedió a elaborar las formulaciones de verdolaga y masa de maíz nixtamalizado como se describió en la tabla 4. Después del pesado, las mismas fueron mezcladas de forma homogénea como se aprecia en la (Figura 11).



**Figura 11.** Procedimiento para la elaboración de las tortillas de maíz nixtamalizado según formulaciones descritas en la tabla 4. A) Pesado de verdolaga., B) Pesado de masa., C) Adición de Verdolaga., D) Mezclado

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

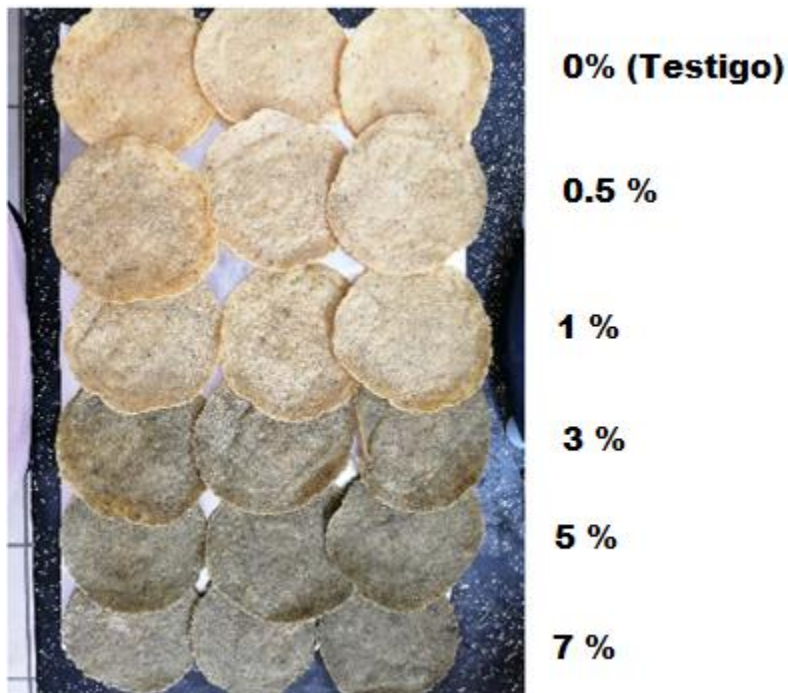
Las mezclas obtenidas según las formulaciones utilizadas (Tabla 4) se tomaron para elaborar las tortillas mediante una tortilladora manual, conocida como prensa. A la cual se le colocó un plástico con el objetivo que la masa no se adhiriera. Para ello, se realizó una presión suave para obtener la tortilla. La tortilla se colocó en un comal precalentado a 150 °C durante 1:40 min (Figura 12).



**Figura 12.** Procedimiento de elaboración de las tortillas según formulaciones descritas

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

Todas las tortillas obtenidas después de su cocción fueron clasificadas de forma visual de acuerdo a la cantidad de verdolaga añadida como se muestra en la (Figura 13).



**Figura 13.** Clasificación de forma visual de acuerdo con la cantidad de verdolaga añadida, en las tortillas obtenidas

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### **3.7.ETAPA 2: Realizar la caracterización química de una tortilla de maíz nixtamalizado mediante la adición de diferentes formulaciones de harina de verdolaga**

Se analizaron las muestras (0, 0.5, 1, 3, 5 y 7 g de Verdolaga) con masa de maíz nixtamalizado.

#### **3.7.1. Preparación de las muestras para su análisis**

Todas las tortillas obtenidas según las formulaciones descritas en la tabla 4 fueron pesadas y secadas, a una temperatura de 55-60 °C durante 24 horas. Transcurrido este



tiempo, se colocaron a temperatura ambiente. Se procedió a moler con ayuda de una licuadora (Ozer), (Figura 14).



**Figura 14.** Procedimiento de obtención de las muestras para sus posteriores análisis químicos y nutricionales

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### **3.7.2. Determinación de la humedad en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

Para la determinación de humedad en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación se procedió primero a determinar la materia seca o sólidos totales, y en base a estos datos se obtuvo el resultado correspondiente de la humedad.

Para ello, todas las muestras se colocaron en crisoles de porcelana; después en un desecador durante 20 a 25 minutos, para enfriar las muestras. Transcurrido este tiempo, se pesaron 2 g de cada muestra; y se procedió al secado en una estufa a temperatura de 100 a 103 °C, durante 24 horas. Después de este tiempo, se dejaron enfriar por 20 minutos en un desecador (Figura 15).

Se tomó el peso del crisol con muestra seca, se registraron los datos y se realizaron los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{MST} = \frac{\text{peso crisol con muestra} - \text{peso crisol solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

$$\% \text{H} = 100 - \% \text{MST}$$

Donde:

MST = Materia Seca Total

H = Humedad



**Figura 15.** Procedimiento realizado para la determinación de la humedad en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### **3.7.3. Determinación de cenizas totales en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

Las muestras secas fueron pre-incineradas en parrillas eléctricas (Figura 16), hasta observar la ausencia de humo. Seguido, los crisoles se colocaron en mufla durante 2 a 3 horas, a temperatura de 600 °C. Transcurrido, el tiempo de calor se extraen de los

crisoles, y se colocaron en un desecador para su enfriamiento durante 15 a 20 minutos. Después, se pesan los crisoles, y se registran los datos para sus respectivos cálculos correspondientes; según fórmula que se describe a continuación.

$$\% C = \frac{\text{peso crisol con ceniza} - \text{peso crisol solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Donde:

C = Ceniza



**Figura 16.** Procedimiento para la determinación de cenizas totales en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

#### **3.7.4. Determinación del extracto o grasa bruta en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación: Método Soxhlet**

Para la determinación del extracto o grasa bruta en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masas de nixtamalizado; se colocan matraces de bola con fondo plano con tres perlas de vidrio en una estufa durante 12 horas. Seguido, se colocaron en un

dsecador durante 10 minutos. Paralelo a este proceso se pesan 4 g de cada muestra encima de un papel de filtro. Terminado este proceso, se pesan los matraces; y se le añaden 250 mL de hexano. Se coloca el dedal en el sifón Soxhlet, junto al matraz de bola al refrigerante. Se enciende la parrilla; y se abre la llave de agua para dejar durante 8 horas sifoneando (Figura 17).

Culminado el proceso, se recupera el solvente, y se coloca el matraz en una estufa durante 12 horas. Seguido se deja enfriar; y se pesa para realizar posteriormente los cálculos según la fórmula siguiente:

$$\% \text{ EE} = \frac{\text{peso matraz con grasa} - \text{peso matraz solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Donde:

EE = Extracto Etéreo



**Figura 17.** Procedimiento para la determinación del extracto O grasa bruta en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### 3.7.5. Determinación de la fibra cruda en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación

Se utilizó la muestra previamente desengrasada, se pesaron 2 g y se colocaron en vasos de Bercellius de 600 mL, a cada vaso se le agrega 100 mL de ácido sulfúrico 0.255 N, se conectó el aparato de reflujo (Figura 18) por un periodo de 30 minutos conectados a partir de que comienza la ebullición y manteniéndola suave.

Transcurrido el tiempo se sacan los vasos y el contenido se filtra a través de una tela de lino que se lava con 300 mL de agua destilada caliente para cada vaso. Se pasa la fibra (residuo que quedo en la tela de lino) de nuevo al vaso de Bercellius agregando ahora 100 mL de hidróxido de sodio 0.313 N y se conectó al aparato de reflujo por otros 30 minutos contados a partir de que empezó la ebullición, transcurrido el tiempo se sacaron los vasos y nuevamente el contenido se filtró usando la misma tela de lino, lavando nuevamente con 300 mL de agua destilada caliente y exprimiendo el exceso de agua de cada tela.



**Figura 18.** Aparato de reflujo para determinar fibra cruda

**Fuente:** Tesis de M.F.S.C., 2017

Para obtener la muestra a evaluar, es necesario sacar la tela del embudo, extender y retirar la fibra con una espátula y depositarla en un crisol de porcelana previamente identificado, el crisol se pone a peso constante en na estufa de secado a una temperatura

de 100-103 °C por un periodo de 12 horas, transcurrido el tiempo se retiran los crisoles de la estufa y con las pinzas se colocan en el desecador por 20 minutos y una vez que se enfrían se pesan en la balanza analítica (usando siempre la misma balanza para evitar errores de peso).

Por ultimo las muestras en los crisoles se pre-incineraron en parrillas eléctricas y se metieron a la mufla por 3 horas a una temperatura de 600 °C, transcurrido el tiempo estos crisoles se sacaron de la mufla, se colocaron en un desecador y se dejaron enfriar por 20 minutos, una vez que se enfriaron se pesaron y se registraron los datos para realizar los cálculos correspondientes con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FC} = \frac{\text{peso crisol con fibra seca} - \text{peso crisol con fibra ceniza}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Donde:

FC = Fibra cruda

### **3.7.6. Determinación proteína cruda en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación: Método Macrokjeldahl**

La determinación de proteína por este método se realiza en tres etapas que se describen a continuación:

**Digestión:** Se pesó 1 g de cada muestra (previamente molida) en una balanza analítica sobre un papel filtro, el cual se dobla con mucho cuidado para luego colocar el papel filtro con la muestra dentro de un matraz Kjeldahl de 800 mL, a ese matraz se le agregan 3 perlas de vidrio (para mantener una ebullición constante y pareja), se coloca una cucharada de muestra de selenio (catalizador) y 30 mL de ácido sulfúrico concentrado, finalmente el matraz se coloca en el aparato digestor Kjeldahl, se enciende la parrilla, el extractor de gases y ahí se deja en ebullición hasta que la muestra cambie de color café oscuro a verde claro; este procedimiento se realiza para cada una de las muestras.

**Destilación:** La muestra obtenida de la digestión se diluyó con 300 mL de agua destilada y se deja enfriar. Mientras se enfría la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500 mL se agregan 50 mL de ácido bórico al 4% y 5-6 gotas de indicador mixto. Posteriormente al matraz Kjeldahl se le agregó 110 mL de hidróxido de sodio al 45% y tres granallas de zinc sin agitar. Se conectó a la parte destiladora del aparato Kjeldahl y se abrió la llave, se esperó hasta recibir en el matraz 250 mL del destilado en forma de amoníaco líquido (Figura 19).

**Titulación:** Se titularon los 250 mL del destilado con ácido sulfúrico 0.102564 N hasta obtener un vire de color azul a rosa pálido y con la lectura obtenida (mL gastados de ácido) se realizan los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ N} = \frac{(\text{ml gastados de ácido} - \text{ml del blanco})(\text{N del ácido})(0.014)}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

$$\% \text{ PC} = (\% \text{ N}) (\text{factor de conversión})$$

Donde:

N = Nitrógeno

PC = Proteína Cruda

N del ácido = 0.102564 N

0.014 = miliequivalente del Nitrógeno

Factor de conversión para tortilla = 6.25



**Figura 19.** Obtención del destilado en forma de amoniaco líquido

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### **3.7.7. Determinación de minerales en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación: Método Húmedo**

Para esta determinación por medio del espectrofotómetro de absorción atómica (Figura 20) se determinaron los minerales Potasio (K), Calcio (Ca), Sodio (Na), Hierro (Fe), Magnesio (Mg) y Manganeso (Mn) para todas las muestras de tortillas.

Se pesó 1 g de muestra molida y deshidratada, después se colocó en un vaso de precipitado de 100 mL, se le agrego una mezcla de ácido perclórico y ácido nítrico en una relación de 1:3, es decir 240 mL de ácido perclórico y 720 mL de ácido nítrico para 18 muestras en total, a cada vaso se le agrego 40 mL de la mezcla.

Después se colocaron todos los vasos de precipitados en una parrilla de calentamiento y se taparon con vidrios de reloj; llevando las muestras a digestión hasta obtener un líquido



claro/transparente, el líquido resultante se filtró en un matraz volumétrico de 100 mL en el cual se usó un papel filtro sin cenizas N°42 y se aforo hasta la marca con agua desionizada.

Se procedió a la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica, se registraron los datos del mineral en porcentaje (%) o en partes por millón (ppm) y se convirtió en mg/100 g mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{mg}{100 g} = (ppm * 0.1 * 50) * 100$$

Donde:

Ppm = Lectura de las partes por millón del espectrofotómetro

0.1 = Factor de la primera dilución a 100 mL

50 = Factor de la segunda dilución a 50 mL



**Figura 20.** Lectura de minerales en espectrofotómetro de absorción atómica

**Fuente:** M.D.I.M., 2019

### **3.7.8. Determinación de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos en las muestras de las formulaciones de verdolaga, y masas de nixtamalizado utilizadas en la experimentación**

El ELN corresponde a los azúcares, el almidón y gran parte del material clasificado como hemicelulosas. En realidad, esta determinación no se realiza con pruebas o análisis de laboratorio, sino que solo se calcula restando de 100 partes de muestra analizada la suma de los resultados de % ceniza, % fibra cruda, % extracto etéreo y % proteína cruda y solamente se considera el % de humedad cuando los anteriores resultados no están ajustados en base seca, teniendo en cuenta todos los cálculos ajustados en base seca proseguimos a determinar los resultados de ELN a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ELN} = 100 - (\% \text{C} + \% \text{EE} + \% \text{FC} + \% \text{PC})$$

Donde:

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

C = Cenizas

EE = Extracto Etéreo

FC = Fibra Cruda

PC = Proteína Cruda

### 3.7.9. Determinación del Contenido Calórico (kcal)

Se utilizaron los resultados obtenidos de % extracto etéreo, % proteína cruda y % extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), realizando los cálculos a partir de las siguientes fórmulas:

$$\frac{4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} - 100 \%}{x - \text{PC} \%} \quad \frac{9 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} - 100 \%}{x - \text{EE} \%} \quad \frac{4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} - 100 \%}{x - \text{CHO} \%} \quad \longrightarrow \quad \frac{\text{Kcal}}{100 \text{ g}} = \left( \text{PC} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} + \text{EE} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} + \text{CHO} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} \right) * 100$$

**Figura 21.** Fórmulas para determinación del contenido calórico

**Fuente:** Tesis M.F.S.C., 2017

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante la etapa experimental del presente trabajo se efectuaron empleando el paquete estadístico InfoStat, versión 2008 con un análisis de varianza de los datos (ANOVA) y prueba de medias de Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

Se determinaron los resultados de las siguientes variables de estudio: Cenizas (%), Proteína Cruda (%), Extracto Etéreo (%), Fibra Cruda (%), ELN (Carbohidratos) (%), Contenido Calórico (kcal/100 g), Minerales (mg/100 g) como Potasio (K), Calcio (Ca), Sodio (Na), Hierro (Fe), Magnesio (Mg) y Manganeso (Mn) de las diferentes muestras de tortillas (tres repeticiones para cada tratamiento).

**Tabla 5.** Comparación de medias de cada una de las variables de estudio con respecto a las concentraciones de Verdolaga.

Determinaciones	Concentraciones de Verdolaga en Tortilla de Maíz Nixtamalizado					
	0 g	0.5g	1 g	3 g	5 g	7 g
% Cenizas	2.95 f	3.12 ef	3.3 e	4 d	4.66 c	5.51 b
% Proteína Cruda	10.44 cd	10.45 cd	10.05 d	10.46 cd	11.26 bc	11.94 b
% Extracto etéreo	1.53 a*	1.77 a*	1.88 a*	2.14 a*	2.57 a*	2.19 a*
% Fibra Cruda	1.37 b	1.18 b	1.48 b	1.84 b	2.24 b	2.22 b
% Carbohidratos	83.71 a*	83.48 a*	83.3 a*	81.56 ab	79.28 bc	78.15 c
Contenido calórico (kcal/g)	390.38 a*	391.66 a*	390.31 a*	387.33 a*	385.22 a*	380.05 a*

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

Los resultados de la comparación de medias de las variables de estudio por la concentración de verdolaga se expresan en la Tabla 6, además en base a los gráficos

correspondientes se hace una discusión de estos de acuerdo con lo antes mencionado en la literatura.

**Tabla 6.** Comparación de medias de las variables de estudio; concentración de verdolaga

<b>Determinaciones</b>	<b>Verdolaga</b>	<b>0 g</b>	<b>0.5 g</b>	<b>1 g</b>	<b>3 g</b>	<b>5 g</b>	<b>7 g</b>
<b>Extracto etéreo (%)</b>	1.14 a	1.53 a	1.77 a	1.88 a	2.14 a	2.57 a	2.19 a
<b>Ceniza Total (%)</b>	20.67 a	2.95 f	3.12 ef	3.3 e	4 d	4.66 c	5.51 b
<b>Proteína Cruda (%)</b>	25.3 a	10.44 cd	10.45 cd	10.05 d	10.46 cd	11.26 bc	11.94 b
<b>Fibra Cruda (%)</b>	13.26 a	1.37 b	1.18 b	1.48 b	1.84 b	2.24 b	2.22 b
<b>ELN (CHO) (%)</b>	39.64 d	83.71 a	83.48 a	83.3 a	81.56 ab	79.28 bc	78.15 c
<b>Contenido calórico (kcal/100 g)</b>	269.99 b	390.38 a	391.66 a	390.31 a	387.33 a	385.22 a	380.05 a
<b>Potasio (K) (mg/100 g)</b>	19.8 a	3.9 c	5.1 c	4.67 c	5.18 c	7.97 b	8.37 b
<b>Calcio (Ca) (mg/100 g)</b>	18.9 a	14.78 a	14.25 ab	9.63 bc	7.77 c	9.87 bc	9.62 bc
<b>Magnesio (Mg) (mg/100 g)</b>	0.43 b	1.53 b	1.88 b	1.78 b	2.18 ab	3.92 a	1.9 b
<b>Sodio (Na) (mg/100 g)</b>	7.25 a	0.05 d	0.07 d	0.08 d	0.09 d	1.33 c	2.2 b
<b>Hierro (Fe) (mg/100 g)</b>	0.28 a	0.03 b	0.05 b	0.06 b	0.05 b	0.05 b	0.07 b
<b>Manganeso (Mn) (mg/100 g)</b>	0.01 a	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

➤ **Determinación de materia seca total y humedad en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa utilizadas en la experimentación**

En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de Materia Seca total (%) y de Humedad (%), de las muestras de tortillas.

Se obtuvieron los resultados en base seca de las Cenizas (%), Extracto Etéreo (%), Fibra Cruda (%), Proteína Cruda (%) y a partir del resultado en base seca determinar el ELN (Extracto Libre de Nitrógeno) (CHO) (%) y el Contenido Calórico (kcal/100 g).

**Tabla 7.** Resultados de la materia seca total y humedad

<b>Formulaciones</b>	<b>% Materia seca total</b>	<b>% Humedad</b>
0 g de verdolaga (Testigo)	95.67 a	4.33 b
0.5 g de verdolaga	96.12 a	3.88 b
1 g de verdolaga	95.88 a	4.12 b
3 g de verdolaga	95.84 a	4.16 b
5 g de verdolaga	96.12 a	3.88 b
7 g de verdolaga	95.89 a	4.11 b

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

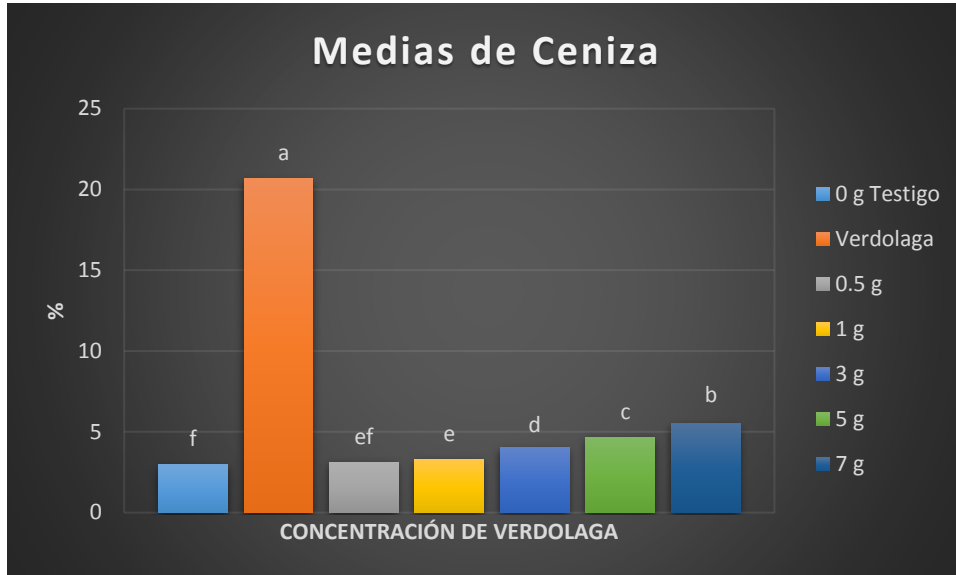
La humedad de las tortillas varía de acuerdo con cada concentración de verdolaga utilizada en cada una de las formulaciones.

El mayor porcentaje de humedad la presenta la formulación de 0 g de verdolaga (Testigo), la cual era solamente la masa de maíz nixtamalizado; esto se puede deber al proceso tradicional de nixtamalización pues se usan cantidades más grandes y menos reguladas de agua dentro del proceso pues se ha podido observar que la humedad del grano aumenta hasta 42 g/100 g durante un tiempo de cocción de 45 minutos, alcanzando un máximo (52-53 g/100 g) al someterlo a reposo durante 4 horas (Arámbula Villa *et al.*, 2001).

O bien puede ser por la variedad del maíz utilizado para elaborar la masa debido a las diferencias en calidad de estos maíces y se deben a su composición química, en la que destacan los contenidos de almidón y amilosa; la menor absorción de agua durante la nixtamalización se relaciona con menor humedad en las tortillas y menores rendimientos por kilogramo de maíz nixtamalizado (Estrada *et al.*, 2008).

➤ **Determinación de cenizas totales en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

En la Figura 22 se muestra que el contenido de ceniza total (%) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



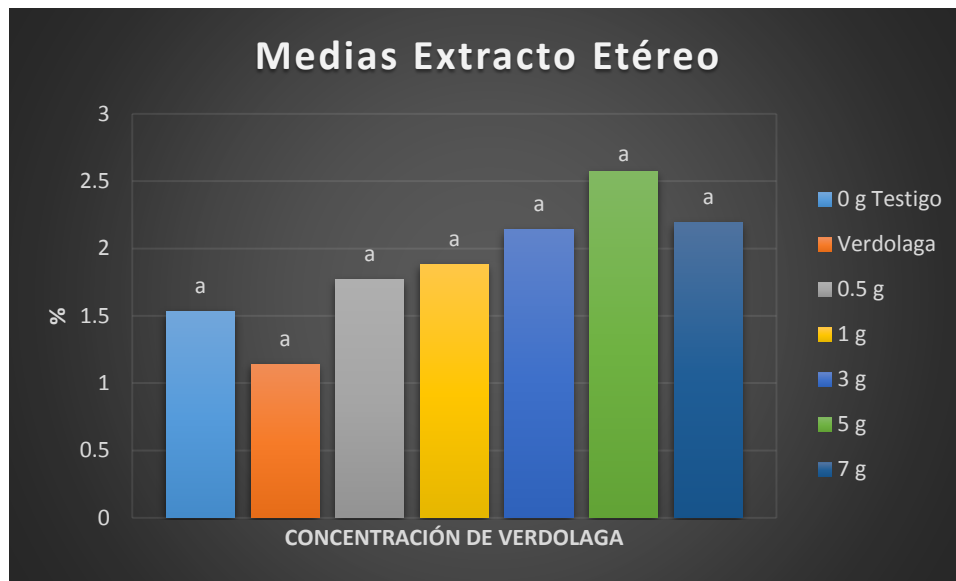
**Figura 22.** Comparación de medias de ceniza total; concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En cuanto al porcentaje de ceniza total por concentración de verdolaga, aquellas tortillas en las que se agregó 7 g de verdolaga presenta el mayor porcentaje con un 5.51% a comparación de aquellas donde se utilizaron las demás concentraciones menores ya que según (Heras *et al.*, 2017) por cada 50 g de la muestra previamente seca y molida se obtienen valores de 3.03/0.01 % de cenizas totales, por lo que se llega a la conclusión de que al haber una mayor concentración de verdolaga en la tortilla, habrá mayor porcentaje de ceniza total.

➤ **Determinación del extracto etéreo o grasa bruta en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

En la Figura 23 se muestra que el contenido de extracto etéreo o grasa total (%) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga no son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



**Figura 23.** Comparación de medias de extracto etéreo; concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

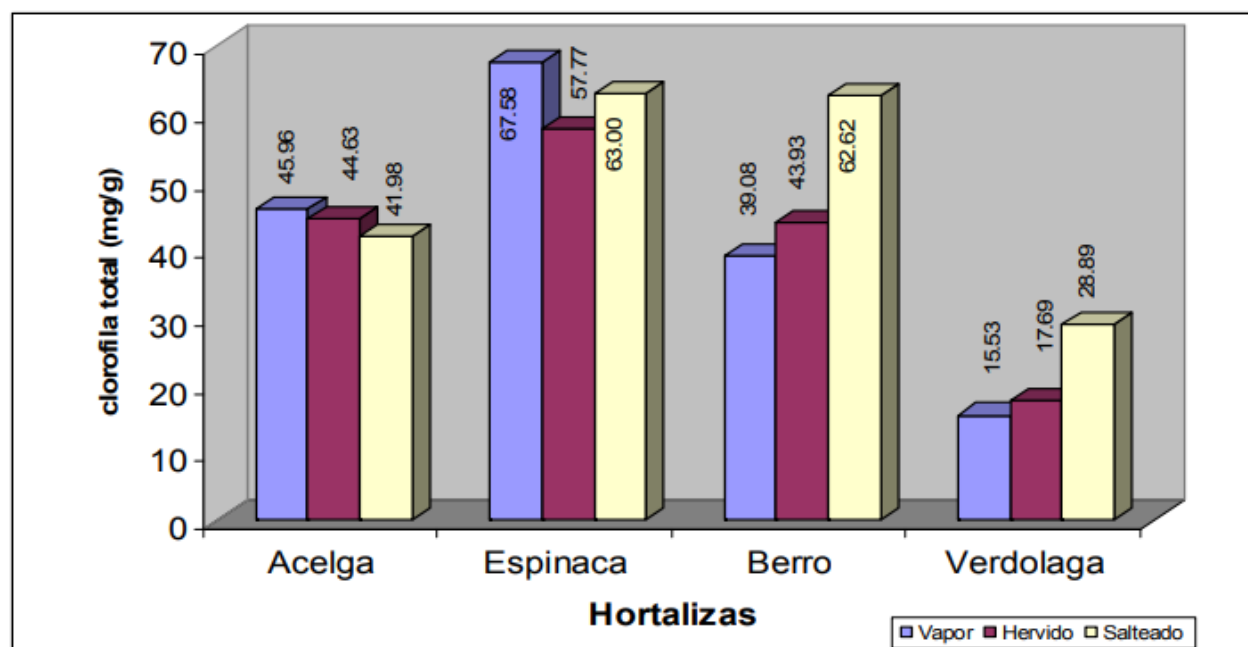
En cuanto al porcentaje de extracto etéreo por concentración de verdolaga, aquellas tortillas adicionadas con 5 g de verdolaga presentan mayor porcentaje de grasa con un 2.57 % a comparación de aquellas donde se utilizaron las demás concentraciones menores, ya que (Páez *et al.*, 2007) menciona que la verdolaga ha sido reconocida recientemente como una fuente rica de ácido linoleico que puede llegar a tener 4 mg/g en peso fresco en los vegetales de hojas verdes y hasta 8.5 mg/g de peso fresco de ácidos grasos, aunque este contenido de ácidos en la verdolaga varía con la edad, el tipo de tejido y con hojas que contienen concentraciones más altas que en los tallo.

Aunque también se debe decir que revisando el contenido nutricional de la Verdolaga se dice que esta no posee grandes cantidades de grasa, esto por no decir que realmente no



las contiene, pues son cantidades muy pequeñas (0.36 g por cada 100 g) y una explicación clara del por qué obtuvimos resultados mayores a lo que reporta la literatura es que al extraer esa “grasa” el solvente utilizado para la realización de este procedimiento no solo arrastro la grasa sino que también extrajo la clorofila que contiene la verdolaga.

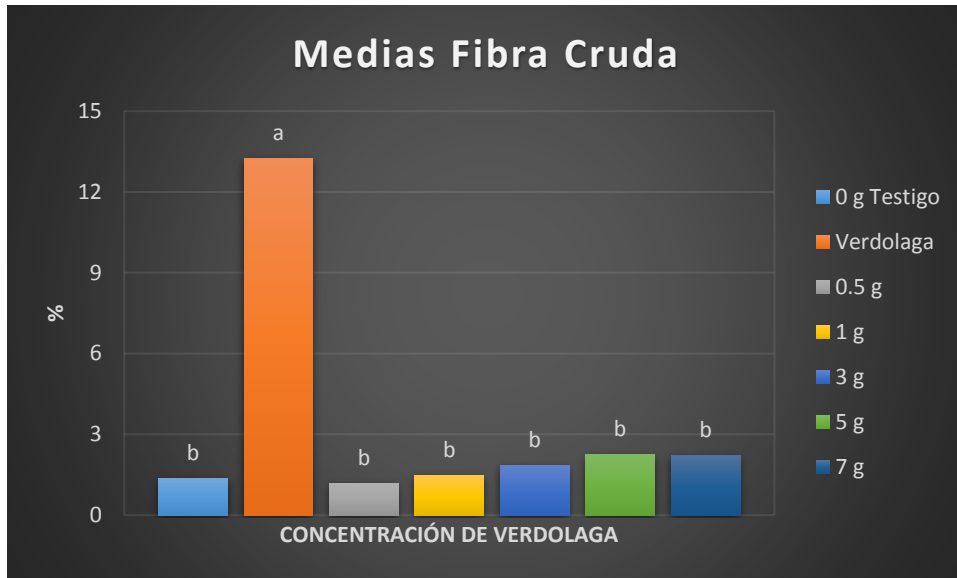
El valor más alto con el proceso de salteado en verdolaga obtuvo 28.89 mg/g, siendo este contenido diferente estadísticamente a los valores obtenidos en vapor y hervido, además un estudio de las pérdidas de clorofila durante el escaldado y el secado reporto que el método de escaldado influye más que la temperatura de secado en la misma (Núñez *et al.*, s. f.).



**Figura 24.** Contenido promedio de clorofila en diferentes hortalizas por proceso de cocción

➤ **Determinación de fibra cruda en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

En la Figura 25 nos señala que el contenido de fibra cruda (%) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga no son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



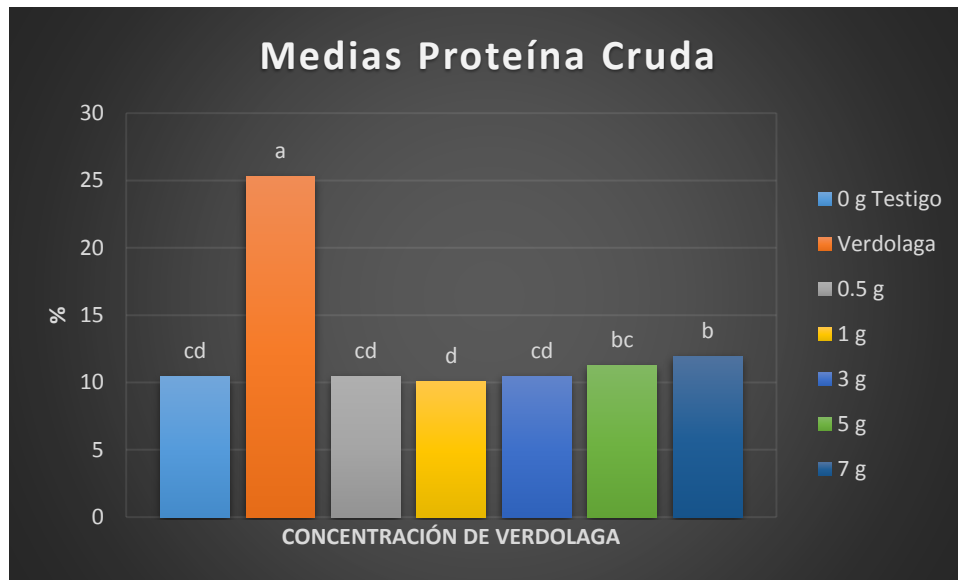
**Figura 25.** Comparación de medias de fibra cruda; concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En cuanto al porcentaje de fibra cruda por concentración de verdolaga, aquellas tortillas a las que se les adiciono hasta 5 g de verdolaga presenta el mayor porcentaje con un 2.24 % a comparación de aquellas donde se utilizaron las concentraciones menores, según (Velázquez-Ibarra *et al.*, 2016) la utilización de plantas silvestres es una alternativa en la alimentación (Ortiz Gómez *et al.*, 2005). Un claro ejemplo son los diversos tipos de quelites que crecen de manera espontánea en los campos de cultivo y que proporcionan un alto valor nutricional en vitaminas, minerales, fibra y proteínas (Mercadante, 1990; Mera *et al.*, 2003). Y uno de esos quelites ricos en fibra es la verdolaga pues contiene 18.6 % en base seca.

➤ **Determinación de proteína cruda en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

En la Figura 26 se muestra que el contenido de proteína cruda (%) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



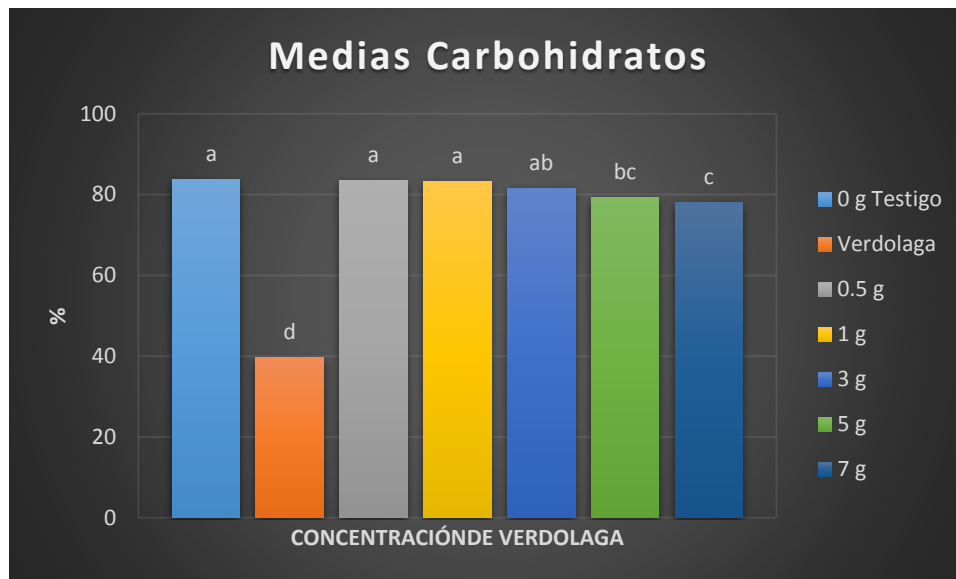
**Figura 26.** Comparación de medias de proteína cruda; concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En cuanto al porcentaje de proteína cruda por concentración de verdolaga, aquellas tortillas que se les adicionó hasta 7 g de verdolaga presenta el mayor porcentaje con un 11.94 % en comparación de aquellas donde se utilizaron las demás concentraciones menores, como lo marca (Velázquez-Ibarra *et al.*, 2016) la verdolaga en una porción de 100 g contiene 2.03 g de proteína, por lo cual el contenido de proteína aumentara al tener mayor concentración de verdolaga.

➤ **Determinación de extracto libre de nitrógeno (Carbohidratos) en las muestras de las formulaciones de verdolaga y masa nixtamalizada utilizadas en la experimentación**

En la Figura 27 nos señala que el contenido de ELN (CHO) (%) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



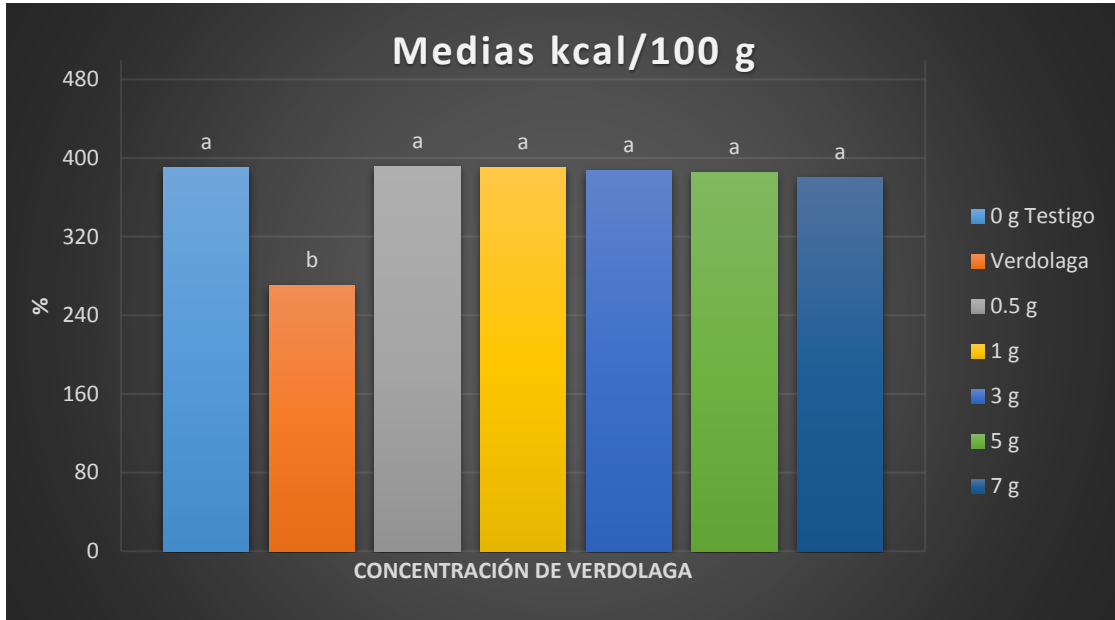
**Figura 27.** Comparación de medias de carbohidratos; concentración de verdolaga.

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En el caso de la concentración de verdolaga, a más concentración de verdolaga en la tortilla, ésta va disminuyendo en el porcentaje de ELN (CHO) donde las tortillas sin concentración de verdolaga tuvo un porcentaje de 83.71 % a diferencia de donde la que tenía mayor concentración de verdolaga (7 g) disminuyo hasta un 78.15 %, según reporta (2016\_N\_026.pdf, s. f.) 100 g de verdolaga cruda contiene un valor de 3.43 g de carbohidratos por lo cual una tortilla de maíz adicionada con harina de verdolaga es una alternativa viable para la disminución en el consumo de carbohidratos.

### ➤ Contenido Calórico

En la Figura 28 nos señala que el contenido calórico (kcal/100 g) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga no son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



**Figura 28.** Comparación de medias de kcal/100 g; concentración de verdolaga.

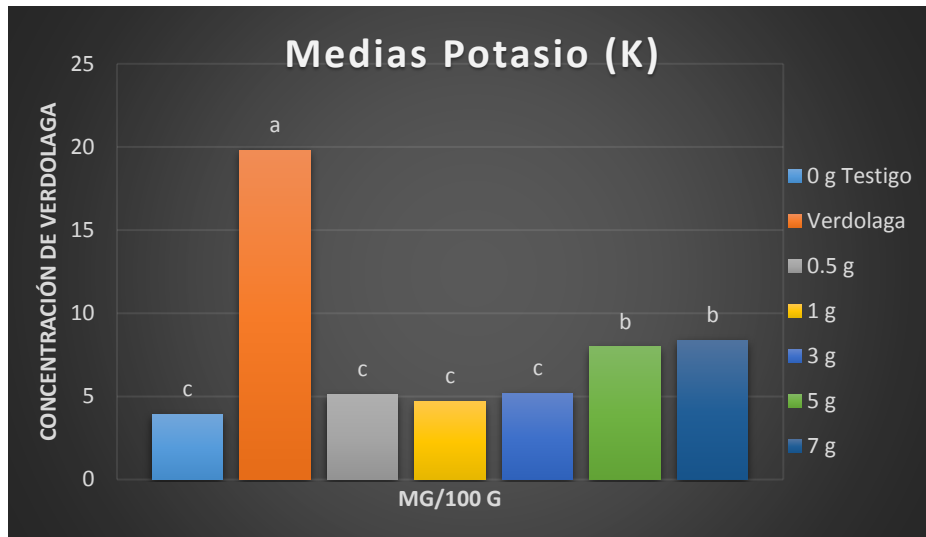
\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En el caso de la concentración de la verdolaga, a mayor concentración de verdolaga en la tortilla, disminuye el porcentaje del contenido calórico, donde las tortillas sin concentración de verdolaga tuvo un porcentaje de 390.38 % a diferencia de donde la que tenía mayor concentración de verdolaga (7 g) disminuyo hasta un 380.05 %, según reporta («Portulaca oleracea», 2019) 100 g de verdolaga fresca aporta 20 kcal y a mayor concentración de verdolaga adicionada a una tortilla, menor porcentaje del contenido calórico se tiene, y donde una tortilla adicionada con verdolaga es una alternativa viable para la disminución en el consumo de calorías (Benítez Rodríguez, 2016).

➤ **Minerales (K), (Na), (Ca), (Mg), (Fe), (Mn)**

➤ **Potasio (K)**

En la Figura 29 se muestra que el contenido de Potasio (K) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



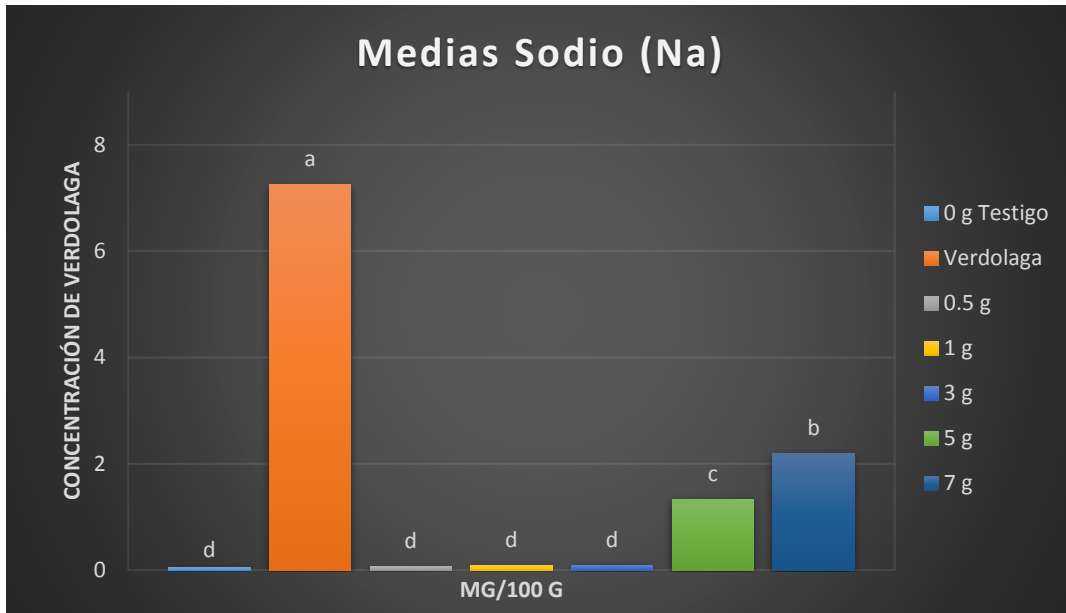
**Figura 29.** Comparación de medias de Potasio (K); concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En cuanto al contenido por concentración tenemos que aquellas tortillas donde se agregó 7 g de verdolaga tiene e mayor contenido de Potasio (K) con 8.37 mg/100 g, según reporta (2016\_N\_026.pdf, s. f.) 494 mg por cada 100 g de verdolaga cruda lo que nos hace entender que en cuanto más concentración de verdolaga se agregue a la formulación mayor será el contenido de Potasio (K) que tendrá, este mineral es uno de los que mayor proporción se encuentra en la verdolaga, por lo que es una buena fuente.

➤ **Sodio (Na)**

En la Figura 30 nos señala que el contenido de Sodio (Na) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



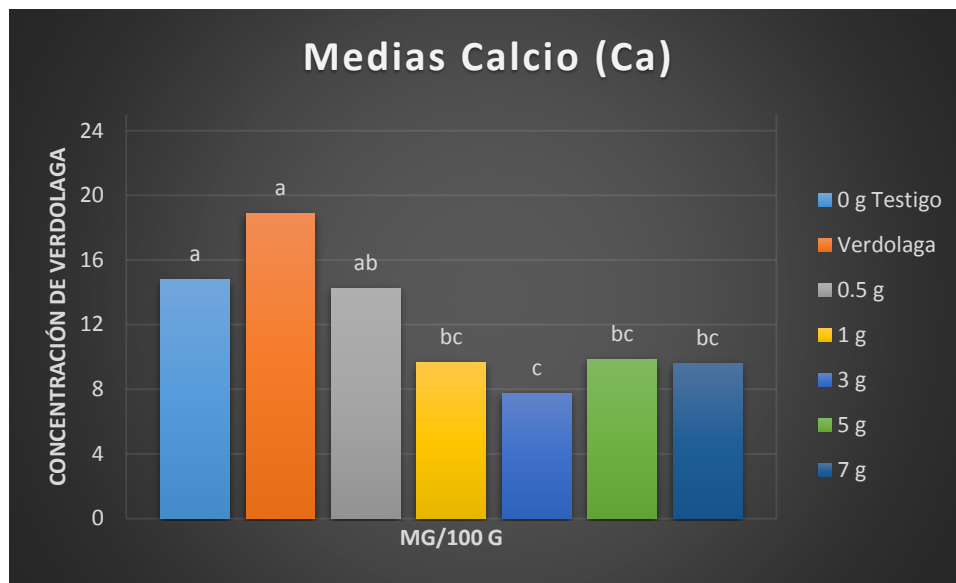
**Figura 30.** Comparación de medias de Sodio (Na); concentración de verdolaga.

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En relación a los resultados obtenidos por concentración de verdolaga el que presento mayor contenido fue el que tiene la mayor concentración de verdolaga (7 g) con 2.2 mg/100 g ya que como lo menciona (Martínez, y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2003) la verdolaga en su porción comestible es de 147 mg/100 g, por lo que al aumentar la cantidad de verdolaga agregada aumenta el contenido de sodio en la tortilla, y esto también repercute en el sabor característico que tiene la verdolaga.

➤ **Calcio (Ca)**

En la Figura 31 nos señala que el contenido de Calcio (Ca) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



**Figura 31.** Comparación de medias de Calcio (Ca); concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

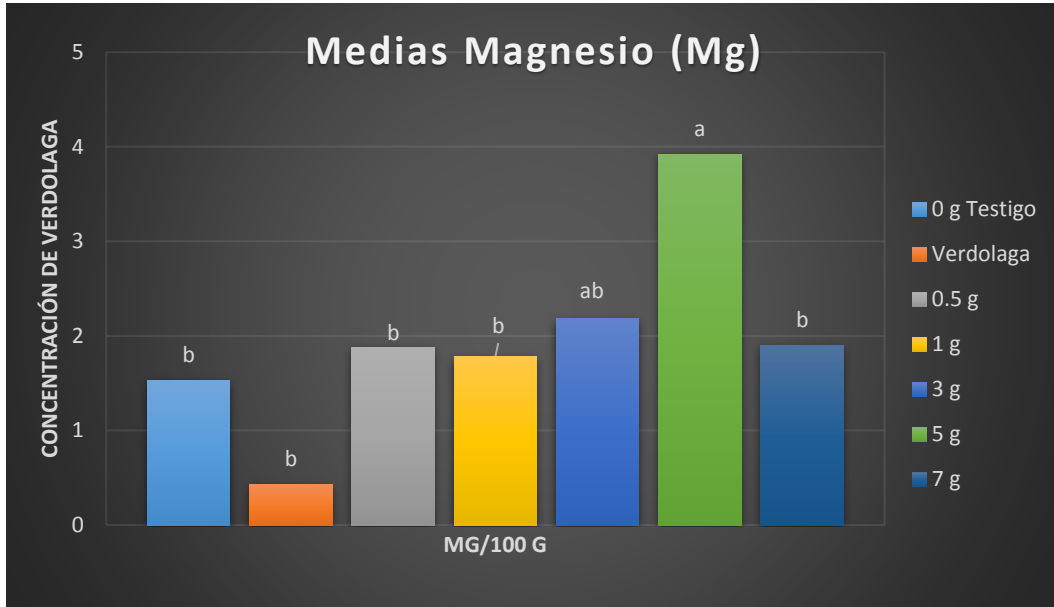
En relación a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de verdolaga también fue en aumento el Calcio (Ca) con la cantidad de verdolaga agregada ya que como lo marca (2016\_N\_026.pdf, s. f.), la verdolaga contiene 65 mg por cada 100 g en forma cruda, por lo que al ir disminuyendo la concentración agregada, ira aumentando el contenido total de estos minerales en la tortilla y esto gracias a la concentración de Calcio que ya vienen en el maíz nixtamalizado.

Esto se debe al proceso de nixtamalización ya que, si el maíz se remoja antes de la cocción, el contenido de calcio aumenta en el grano nixtamalizado, que generalmente puede contener alrededor de 30 veces el nivel original de calcio del grano crudo (Paredes López; y otros, 2009). El cocimiento con cal hace que las cantidades de cenizas y calcio aumenten (12.pdf, s. f.). Es interesante hacer notar que el calcio de la tortilla es altamente biodisponible, ya que cuando se alimentan las ratas con tortilla absorben y retienen más calcio que aquellas que se alimentan con granos crudos de maíz (Mendoza Flores *et al.*, 2017).



➤ **Magnesio (Mg)**

En la Figura 32 nos señala que el contenido de Magnesio (Mg) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



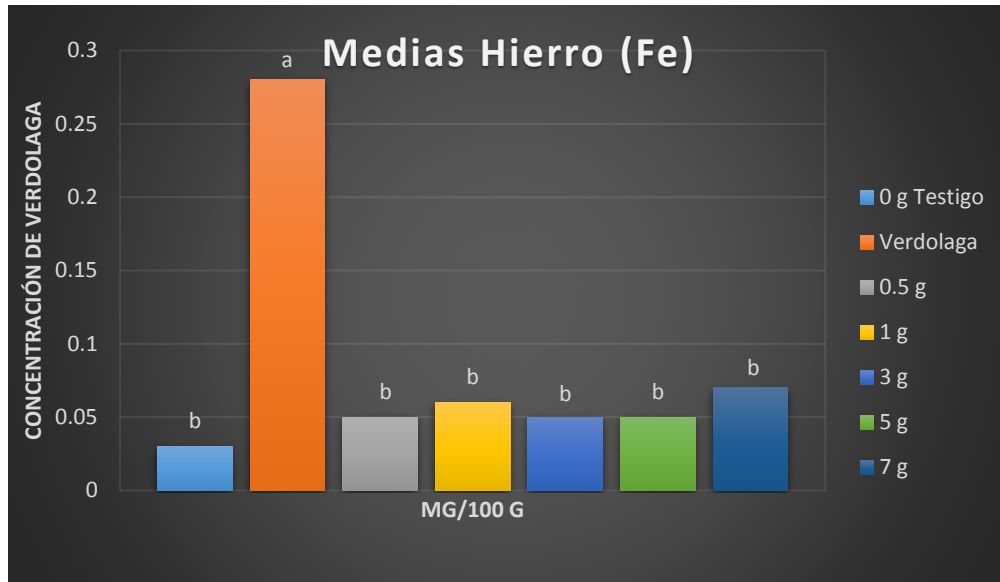
**Figura 32.** Comparación de medias de Magnesio (Mg); concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En relación a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de verdolaga también hubo un aumento de la concentración de Magnesio (Mg) con un contenido de 3.92 mg/100 g en la concentración de 5/100 g de verdolaga ya que como lo marca (2016\_N\_026.pdf, s. f.), la verdolaga contiene 68 mg de Magnesio (Mg) por cada 100 g de verdolaga cruda, por lo que al ir aumentando la concentración de verdolaga agregada, irá aumentando el contenido total de este mineral en la tortilla, aunado a la concentración que ya viene en el maíz nixtamalizado (Mendoza Flores *et al.*, 2017).

➤ **Hierro (Fe)**

En la Figura 33 nos señala que el contenido de Hierro (Fe) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga no son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



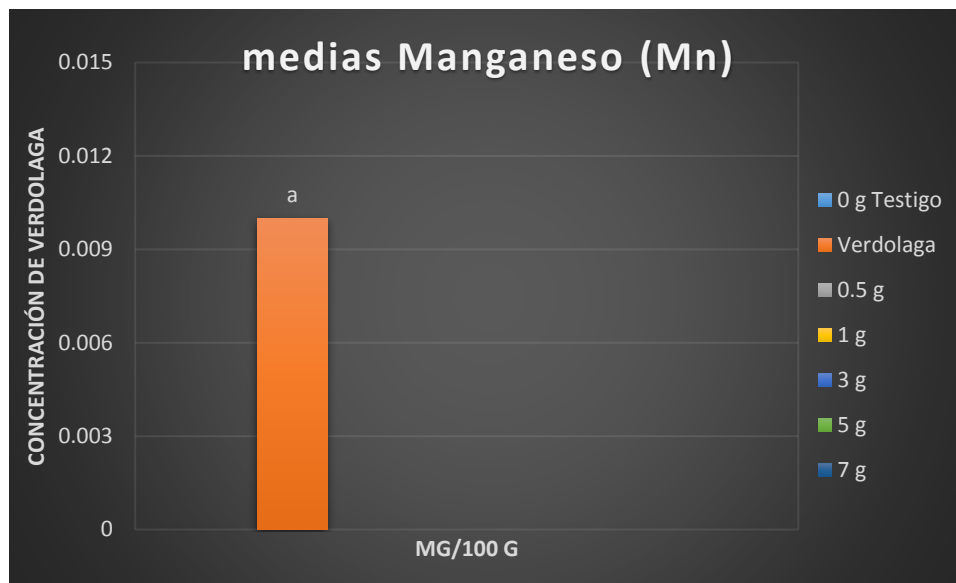
**Figura 33.** Comparación de medias de Hierro (Fe); concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

Para los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de verdolaga, se presentó el mayor contenido en aquellas tortillas donde se le adicionó la mayor concentración de verdolaga (7 g) ya que como lo menciona (2016\_N\_026.pdf, s. f.), la verdolaga contiene 1.99 mg de Hierro (Fe) por cada 100 g de verdolaga cruda, lo que nos demuestra que a mayor o menor cantidad de verdolaga agregada no es muy relevante el aumento de Hierro (Fe).

➤ **Manganeso (Mn)**

En la Figura 34 nos señala que el contenido de Manganeso (Mn) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de verdolaga no son estadísticamente diferentes según Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).



**Figura 34.** Comparación de medias de Manganeso (Mn); concentración de verdolaga

\* Medias con letras iguales no difieren estadísticamente para ANOVA, Tuckey ( $\alpha \geq 0.05$ ).

En relación a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de verdolaga no hubo un aumento ni disminución del nutriente ya que los resultados nos dieron cantidades de 0 en cada una de las distintas concentraciones de verdolaga en las tortillas y según lo menciona (2016\_N\_026.pdf, s. f.), la verdolaga contiene 0.303 mg por cada 100 g de verdolaga cruda, lo que explica que esta hortaliza tiene bajo % de Manganeso (Mn).

## 5. CONCLUSIONES

Se obtuvo una tortilla de maíz nixtamalizado, adicionada con Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) con diferentes concentraciones, en las que se determinaron y compararon sus condiciones nutricionales con las de una tortilla tradicional de masa de maíz nixtamalizado.

Se realizó la caracterización química de las diferentes concentraciones de las muestras de tortillas elaboradas donde se demostró que la concentración 7/100 g presento los mejores resultados.

Se compararon los resultados de una tortilla tradicional de maíz nixtamalizado con los resultados de una tortilla adicionada con 0, 0.5, 1, 3, 5 y 7 g de Verdolaga (*Portulaca Oleracea L.*) por cada 100 g de tortilla en donde se determinó que la tortilla con la concentración de 7/100 g presenta las mejores cualidades nutricionales en cuanto a las variables estudiadas (cenizas 5.51 %, proteína cruda 11.94 %, extracto etéreo (ELN) 2.19 %, fibra cruda 2.22 %, carbohidratos 78.15 %, así como contenido calórico 380.05 (kcal/100 g)) en comparación con los resultados de una tortilla con 0 g de Verdolaga con respecto a las mismas variables (cenizas 2.95 %, proteína cruda 10.44 %, extracto etéreo (ELN) 1.53 %, fibra cruda 1.37 %) y la mayor cantidad de carbohidratos 83.71 %, así como también más calorías 390.38 (kcal/100 g), además de los minerales, donde el potasio (K) sobresalió con un valor de 8.37 mg/100 g al igual que el Calcio (Ca) con un valor de 570 mg/100 g, considerando que la tortilla con menos concentración de verdolaga presenta aún más Calcio (Ca) debido a la cal que se utiliza en el proceso de nixtamalización.

Se determinó que la tortilla adicionada con Verdolaga en sus diferentes concentraciones si tiene mejores propiedades nutrimentales que una tortilla convencional por lo cual es recomendable su utilización.

## 6. LITERATURA CITADA

12.pdf. (s. f.). Recuperado 7 de marzo de 2020, de

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4349/1/12.pdf>

2016\_N\_026.pdf. (s. f.). Recuperado 6 de marzo de 2020, de

[http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1271/2016\\_N\\_026.pdf?sequence=1](http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1271/2016_N_026.pdf?sequence=1)

Agropecuarios, A. de S. a la C. y D. de M. (s. f.). *Maíz grano cultivo representativo de México*. gob.mx. Recuperado 12 de febrero de 2020, de

<http://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>

Arámbula Villa, G., Barrón Ávila, L., González Hernández, J., Moreno Martínez, E., &

Luna Bárcenas, G. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. *Archivos latinoamericanos de nutrición*.

<https://www.scienceopen.com/document?vid=ed66a012-b58c-418e-9752-3da9c68f8b2c>

*Características y propiedades del maíz (Zea mays L.) criollo cultivado en*

*Aguascalientes, México*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2020, de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000300669#B17](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300669#B17)

Estrada, B. C., Vázquez, G., Morales, B. T., & Moreno, Y. S. (2008). *CALIDAD DE GRANO, TORTILLAS Y BOTANAS DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ DE LA RAZA COMITECO*. 31, 7.

*FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\_12286.pdf*. (s. f.).

Recuperado 2 de marzo de 2020, de

[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\\_12286.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf)

Greenfield, H., Southgate, D. A. T., Burlingame, B. A., & Charrondiere, U. R. (2006).

*Datos de composición de alimentos: Obtención, gestión y utilización.*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Grossi, G. V., & Ohaco, E. H. (s. f.). *DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL, SOLUBLE E INSOLUBLE EN HONGOS COMESTIBLES DE CULTIVO*. 19.

Heras, L. E. G., Mir, V. G., Rubio, O. C., Jaramillo, C. G. J., & Japón, G. E. R. (2017).

Composición química y actividad antiinflamatoria de extracto de partes aéreas de *Portulaca oleracea* (verdolaga). *Revista Cubana de Farmacia*, 51(1), Article 1.

<http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/185>

Hernández-Aguilar, S. (s. f.). *LA VERDOLAGA, PORTULACA OLERACEA, UNA MALEZA DE ALTO VALOR ALIMENTICIO IGNORADA POR MUCHOS*. 1.

*Importancia\_de\_la\_Verdolaga\_en\_M\_xico.pdf*. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2020, de

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/168850/Importancia\\_de\\_la\\_Verdolaga\\_en\\_M\\_xico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/168850/Importancia_de_la_Verdolaga_en_M_xico.pdf)

*Los extractos de hojas lipofílicas e hidrofílicas de Portulaca oleracea (verdolaga) interrumpen las hormonas sexuales femeninas en ratas albinas (Rattus norvegicus)—ScienceDirect*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S222541101831040X>

*Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México—*

*ScienceDirect*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2020, de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185122514704916>

Luna Mena, B. M., Hinojosa Rodríguez, M. A., Ayala Garay, Ó. J., Castillo González, F., & Mejía Contreras, J. A. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 1-7.

Martínez, G., & Segovia, F. (s. f.). *ETSIAMN. Universitat Politècnica de València*. 6.

Mendoza Flores, S. C., Fuentes Lara, L. O.-A., Benavides Mendoza, A.-C. A., & Ruelas Chacón, X.-C. A. (2017). *Caracterización Química de una Tortilla de Maíz Enriquecida con Acelga (Beta vulgaris var. Cycla)*.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42117>

*NORMA Oficial Mexicana NOM*. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2020, de

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/187ssa1scfi02.html>

Núñez, A., Castañeda, E., Amaya, C., García, G., Moreno, S., Valadés, M. C., Castillo, I., & FCB, U. (s. f.). *Efecto Tiempos Y Procesos De Cocción En El Contenido De Clorofila De Varios Vegetales*.

Páez, A., Páez, P. M., González, M. E., Vera, A., & Ringelberg, D. (2007). Crecimiento, carbohidratos solubles y ácidos grasos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) sometida a tres niveles de radiación. *Rev. Fac. Agron.*, 20.

Pérez Bartolo, F. J., & Cepeda, A. D. M. E. G. (s. f.). *PRUEBAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO COMERCIAL DE LA VERDOLAGA Portulaca oleracea L..* Recuperado 4 de febrero de 2020, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4384>

Portulaca oleracea. (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Portulaca\\_oleracea&oldid=117451841](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Portulaca_oleracea&oldid=117451841)

*Reporte\_mercado\_maiz\_200120.pdf*. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2020, de

[https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte\\_mercado\\_maiz\\_200120.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte_mercado_maiz_200120.pdf)

*SynthesisDigital 1.pdf*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2020, de

<http://diex.uach.mx/editorial/SynthesisDigital%201.pdf#page=37>

Ursula Dolores, G., Fuentes Lara, L. O. A., Benavides Mendoza, A. C. A., & Ruelas

Chacón, X. C. A. (s. f.). *Elaboración de una tortilla de maíz nixtamalizado adicionada con espinaca (Spinacea oleracea L.) para incrementar su valor nutritivo*. Recuperado 4 de febrero de 2020, de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/43043>

Velázquez-Ibarra, A. M., Covarrubias-Prieto, J., Ramírez-Pimentel, J. G., & Aguirre-

Mancilla, C. L. (2016). *CALIDAD NUTRIMENTAL DE QUELITES MEXICANOS NUTRITIONAL QUALITY OF MEXICAN QUELITES (GREEN LEAFY)*. 4, 9.

*Verdolaga Dicotiledóneas anuales | Syngenta, Agricultura responsable*. (s. f.).

Recuperado 14 de febrero de 2020, de <https://www.syngenta.es/dicotiledoneas-anuales/verdolaga>