



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Elaboración de una galleta de trigo adicionada con  
chía (*Salvia Hispanica L.*) para elevar su valor  
nutrimental**

**T E S I S**

PARA OBTENER GRADO DE  
**INGENIERA EN ALIMENTOS**

P R E S E N T A

**GARCIA LOZANO ANDREA MANELICK**

**ASESORES: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE**

**I.A VERÓNICA JIMÉNEZ VERA**

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, AGOSTO 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

<i>RESUMEN</i> .....	1
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	2
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	4
1.1 Trigo.....	4
1.1.1. Origen.....	4
1.1.2. Clasificación botánica características de la planta y el grano .....	6
1.1.3. Tipos de trigo.....	10
1.1.4. Composición química y valor nutritivo.....	11
1.1.5. Producción de trigo en México.....	4
1.1.6. Harina de trigo.....	15
1.2. Chía.....	20
1.2.1. Origen.....	20
1.2.2. Clasificación botánica y características de la planta .....	22
1.2.4. Composición química.....	24
1.2.5. Valor nutritivo.....	26
1.2.6. Factores anti nutrimentales.....	27
1.2.7. Producción de chía en México .....	33
1.2.8. Harina de chía.....	34
1.3. Panificación .....	35
1.3.1. Origen.....	35
1.3.2. Definición.....	37
1.3.3. Clasificación.....	37
1.3.4. Galletas.....	38
1.3.4.1. Definición .....	38
1.3.4.2. Elaboración de galletas y función de los ingredientes.....	38
1.3.4.3. Clasificación .....	42
1.3.4.4. Producción y consumo .....	44
1.3.4.5. Calidad de las galletas .....	46
1.3.4.6. Composición química y Valor nutritivo .....	47
<b>2. DESARROLLO EXPERIMENTAL</b> .....	49
2.1. OBJETIVOS .....	49
2.1.1. OBJETIVO GENERAL .....	49
2.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	49

# Galletas de Trigo y Chía

---

2.2. CUADRO METODOLÓGICO .....	50
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	51
2.3.1. Material Biológico.....	51
2.3.2. Preparación de la muestra .....	51
2.3.3. Análisis Químico Proximal de la materia prima .....	51
2.3.3.1. Determinación de Humedad .....	51
2.3.3.2. Determinación de proteína.....	52
2.3.3.3. Determinación de extracto etéreo .....	53
2.3.3.4. Determinación de cenizas.....	53
2.3.3.5. Determinación de fibra cruda .....	54
2.3.3.6. Determinación de carbohidratos .....	54
2.3.4. Elaboración de galletas.....	54
2.3.4.1. Diagrama de proceso para la elaboración de galleta a base de harina de Trigo y chía.....	55
2.3.4.2. Desarrollo de diferentes formulaciones variando la cantidad de harina de chía en sustitución de la harina de trigo para la elaboración de las galletas. ....	58
2.3.5. Pruebas de calidad galletera .....	62
2.3.5.1. Factor galletero .....	62
2.3.6. Preparación de la muestra .....	62
2.3.7. Análisis Químico proximal del producto .....	63
2.3.8. Evaluación sensorial.....	63
2.3.8.1. Prueba de preferencia .....	63
2.3.8.2 Prueba de nivel de agrado.....	64
2.3.9. Determinación de la calidad nutrimental de la galleta .....	64
2.3.9.1 Cuantificación de triptófano .....	64
2.3.9.2 Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	65
2.3.10. Determinación de factores anti nutrimentales de la galleta.....	66
2.3.10.1 Cuantificación de ácido fítico.....	66
2.3.10.2. Cuantificación de taninos .....	67
2.3.10.3. Cuantificación de inhibidores de tripsina .....	68
2.3.11. Análisis Estadístico .....	69
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
3.1. Análisis Químico Proximal de la materia prima.....	70
3.2. Elección de diferentes formulaciones para la elaboración de galletas.....	71
3.3. Pruebas de calidad galletera.....	72
3.4. Análisis Químico Proximal del producto.....	74
3.5. Evaluación Sensorial (Prueba de Preferencia).....	75

## Galletas de Trigo y Chía

---

3.6. Prueba de la determinación nutrimental de la galleta .....	76
3.6.1. Cuantificación de triptófano.....	76
3.6.2. Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	77
3.7. Prueba de factores antinutrientales de la galleta.....	78
3.7.1. Cuantificación de ácido fítico .....	78
3.7.2. Cuantificación de taninos .....	79
3.7.3. Cuantificación de inhibidores de tripsina.....	79
3.8. Evaluación sensorial (Prueba de nivel de agrado).....	80
<i>CONCLUSIONES</i> .....	83
<i>RECOMENDACIONES</i> .....	84
<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Trigo.....	4
<b>Figura 2.</b> Mercado nacional del trigo en miles de toneladas.....	5
<b>Figura 3.</b> Producción nacional de trigo.....	6
<b>Figura 4.</b> Morfología del trigo.....	7
<b>Figura 5.</b> Estructura de un grano de trigo.....	10
<b>Figura 6.</b> Imagen tomada del Codex Florentino ilustrando la planta chía.....	22
<b>Figura 7.</b> Planta y hojas de la chía.....	23
<b>Figura 8.</b> Inflorescencias de <i>Salvia hispanica</i> L.....	24
<b>Figura 9.</b> Micrografía de semilla de chía a 200X, M: Mucilago:.....	25
<b>Figura 10.</b> Micrografía de la semilla de chía a 60X EN: Endospermo ENDO,.....	25
<b>Figura 11.</b> Semilla de chía .....	26
<b>Figura 12.</b> Pan criollo.....	35
<b>Figura 13.</b> Maestros europeos de panadería.....	36
<b>Figura 14.</b> Autoservicio en Panaderías.....	37
<b>Figura 15.</b> Producción en volumen anual de galletas dulces sin relleno.....	45
<b>Figura 16.</b> Producción en valor anual de galletas dulces sin relleno.....	46
<b>Figura 17.</b> Diagrama de proceso para la producción de galleta a base de harina de trigo y chía negra, con sabor a chocolate.....	56
<b>Figura 18.</b> Bowl.....	57
<b>Figura 19.</b> Materiales utilizados para el laminado/moldeado/cortado de la galleta.....	57
<b>Figura 20.</b> Horno de convección eléctrico Marca: Robot Cool.....	58
<b>Figura 21.</b> Galletas de harina de trigo y harina de chía (70:30), variando la cantidad de cocoa A) 1.3g B) 2.6g C) 3.9g.....	60
<b>Figura 22.</b> Molino marca “KRUPS” .....	63
<b>Figura 23.</b> Harina de Galleta de Trigo.....	63
<b>Figura 24.</b> Galleta a base de harina de trigo.....	71
<b>Figura 25.</b> Galletas a base de harina de trigo y chía proporción: A) 80:20, B) 70:30, C) 60:40 y D) 50:50.....	72

## Galletas de Trigo y Chía

---

<b>Figura 26.</b> Resultado de los descriptores otorgados por los jueces, durante la prueba de evaluación sensorial de preferencia.....	76
<b>Figura 27.</b> Galleta a base de trigo y chía, sabor chocolate.....	81
<b>Figura 28.</b> Resultado de los descriptores otorgados por los jueces, durante la prueba de evaluación de nivel de agrado.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación botánica del trigo.....	6
<b>Tabla 2.</b> Proporción de las partes anatómicas del trigo.....	9
<b>Tabla 3.</b> Función de las estructuras anatómicas del trigo con sus principales componentes químicos. ....	9
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de los trigos mexicanos con base en la funcionalidad del gluten.....	10
<b>Tabla 5.</b> Composición química de las diferentes partes del grano del trigo.....	12
<b>Tabla 6.</b> Composición en aminoácidos esenciales de la fracción proteica del trigo.....	13
<b>Tabla 7.</b> Aminoácidos constituyentes del germen de trigo.....	14
<b>Tabla 8.</b> Composición química aproximal del trigo.....	15
<b>Tabla 9.</b> Composición química aproximada de la harina de trigo.....	17
<b>Tabla 10</b> Aminoácidos presentes en harina de trigo.....	18
<b>Tabla 11.</b> Clasificación de las harinas de acuerdo a distintos valores.....	19
<b>Tabla 12.</b> Harinas Suaves (galleteras).....	19
<b>Tabla 13.</b> Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de chía.....	22
<b>Tabla 14.</b> Clasificación taxonómica de la chía ( <i>Salvia hispánica L.</i> ).....	23
<b>Tabla 15.</b> Energía y composición centesimal correspondiente a diversos granos de cereales.....	26
<b>Tabla 16.</b> Composición química aproximada de las semillas de chía.....	27
<b>Tabla 17.</b> Contenido de ácidos grasos en semillas de chía.....	28
<b>Tabla 18.</b> Ácidos fenólicos y contenido de isoflavonas de muestras de chía ( <i>Salvia hispánica L.</i> ).....	29
<b>Tabla 19.</b> Composición de aminoácidos de la harina desgrasada y la fracción rica en proteína (FRP) de semillas de <i>S.hispanica</i> .....	30
<b>Tabla 20.</b> Contenido de vitaminas y minerales en la chía.....	31
<b>Tabla 21.</b> Composición química de la harina de trigo y harina de chía entera.....	34
<b>Tabla 22.</b> Principales ingredientes para la elaboración de galletas.....	39

## Galletas de Trigo y Chía

---

<b>Tabla 23.</b> Clasificación de galletas de acuerdo a su elaboración.....	43
<b>Tabla 24.</b> Composición química de galletas de chocolate.....	47
<b>Tabla 25.</b> Formulación base para la elaboración de galletas con harina de trigo.....	54
<b>Tabla 26.</b> Formulaciones para la elaboración de galletas con harina de trigo y harina de chía.....	58
<b>Tabla 27.</b> Formulación base para la elaboración de galleta a base de harina de trigo y chía, reduciendo la cantidad de margarina.....	59
<b>Tabla 28.</b> Elaboración de galletas a base de harina de trigo y chia negra proporción 70:30, variando la cantidad de cocoa.....	59
<b>Tabla 29.</b> Valores obtenidos de aceptabilidad de la galleta en base a sus atributos (color, sabor, crocantes y textura).....	60
<b>Tabla 30.</b> Formulación base para la elaboración de galleta de harina de trigo y harina de chía.....	61
<b>Tabla 31.</b> Formulación de galleta control (100% harina de trigo).....	61
<b>Tabla 32.</b> Factor galletero.....	62
<b>Tabla 33.</b> Análisis Químico Proximal de la harina de trigo y chía utilizadas como materia prima.....	70
<b>Tabla 34.</b> Formulación para la elaboración de galletas a base de harina de trigo y chía proporciones 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50 con sabor a chocolate.....	71
<b>Tabla 35.</b> Resultados comparativos de la calidad galletera de los productos elaborados con las diferentes formulaciones, a base de mezclas de harina de trigo y las propuestas de mezclas de harina de trigo y harina de chía.....	72
<b>Tabla 36.</b> Resultados del análisis Químico Proximal realizado a las galletas elaboradas con las diferentes formulaciones propuestas.....	74
<b>Tabla 37.</b> Resultados de las puntuaciones obtenidas de la prueba de preferencia de acuerdo a las calificaciones otorgadas por los jueces.....	75
<b>Tabla 38.</b> Valores obtenidos de triptófano de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50).....	77
<b>Tabla 39.</b> Valores obtenidos de digestibilidad in vitro de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50).....	77

## Galletas de Trigo y Chía

---

<b>Tabla 40.</b> Valores obtenidos de ácido fítico de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50).....	78
<b>Tabla 41.</b> Valores obtenidos de taninos de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50).....	79
<b>Tabla 42.</b> Valores obtenidos de inhibidores de tripsina en harina de chía y galletas (control y formulación 50:50).....	80
<b>Tabla 43.</b> Resultados de la prueba de nivel de agrado aplicado a la galleta seleccionada en la prueba de preferencia.....	81

# RESUMEN

Existe una gran diversidad de productos elaborados con trigo, entre ellos se encuentran las galletas que son muy aceptadas por el consumidor, pero su calidad nutrimental es baja. Por otro lado, la chía tiene un alto valor nutritivo, por su contenido de ácidos grasos poliinsaturados, alto porcentaje de fibra y proteínas de buena calidad biológica. Por ello la chía puede ayudar a elaborar productos de panificación con mejor calidad nutrimental. En el presente trabajo se planteó el desarrollo de una formulación a base de trigo y chía para la elaboración de una galleta con mejor calidad nutrimental que una de trigo. Se prepararon galletas con diferentes proporciones de harina de chía: 20, 30, 40 y 50% y el resto de trigo. Las formulaciones se evaluaron mediante un análisis químico proximal, prueba sensorial de preferencia y de calidad galletera para elegir la mejor formulación, a la cual se le cuantificó su contenido de triptófano, digestibilidad *in vitro*, factores anti nutrimentales y una prueba sensorial de nivel de agrado. Los resultados mostraron que la mejor formulación fue la que contenía 50% de harina de chía (HCH) y 50% harina de trigo (HT), y su calidad nutrimental fue mejor que la galleta que contenía el 100% de harina de trigo, debido a que los valores reportados de digestibilidad *in vitro* fueron notoriamente más altos pues en la galleta elaborada 100% con HT se obtuvo una digestibilidad de 79.09% mientras que en la galleta elaborada con 50% HCH y 50% HT se cuantificó 90.22% en digestibilidad; en valores de triptófano se notó un incremento. Además, se realizó una prueba sensorial de nivel de agrado, para determinar el grado de aceptación del producto elaborado y se encontró que el 68% de los jueces aceptó la galleta con una calificación de 7.13. Por lo cual, se concluyó que la mejor formulación sí mejoró la calidad nutrimental de la galleta y fue aceptada sensorialmente por el consumidor; por consiguiente, podría ser una buena opción para contribuir a mejorar el nivel nutricional de los consumidores.

# 1. INTRODUCCIÓN

El trigo posee un alto nivel de comercialización. Este cereal requiere, para su consumo, un proceso previo de transformación que da como resultado la producción de harina, uno de los ingredientes principales en la elaboración de productos de panificación (Vega, 2009). Sin embargo, la carencia de ciertos aminoácidos esenciales así como de otros nutrientes para el organismo humano, muestra la oportunidad, desde el punto de vista nutritivo, de complementar la harina de trigo con otra harina que contenga proteínas de mayor valor biológico (Quaglia, 1991).

Dentro de la gran variedad de productos de panificación se encuentran las galletas, las cuales han formado parte de la dieta del hombre desde hace cientos de años, gracias a su gran variedad de sabores, pero poseen altas cantidades de carbohidrato, que aportan energía rápidamente (Díaz, 2012). En México, el consumo de galletas es muy frecuente, en diferentes comidas o también como colaciones o entremeses (“snacks”). Su consumo ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, destacando como principales consumidores los niños y jóvenes (Díaz, 2012). Sin embargo, expertos en nutrición mencionan que se consume poca fibra, calcio, vitaminas, proteína y producen un aumento calórico en la dieta.

Una alternativa a esta situación la dan otros granos como los pseudocereales y oleaginosas, los cuales pueden compensar los desequilibrios alimentarios y garantizar las ingestas de nutrientes recomendadas (Fuentes, 2012), entre ellos se encuentran la chía.

El uso de las semillas de chía (*Salvia hispanica L.*) como un alimento de salud se ha vuelto más popular en los últimos años (Rawl, 2014). En la actualidad, esta semilla se ha convertido en fuente de gran interés gracias a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, en especial el ácido alfa linolénico, la fibra, la proteína y los antioxidantes (Jaramillo, 2013). Una opción para consumir este tipo de semilla, es triturarla en forma de harina, ya que una vez molturada su utilidad es más funcional y digestiva, ya que se mejora la absorción por parte del organismo y se aprovecha mejor las propiedades que esta contiene (Rawl, 2014).

## Galletas de Trigo y Chía

---

Debido a su composición, ha sido posible que tanto la semilla como los subproductos derivados de ella (harina) puedan ser incorporados a diferentes matrices alimentarias como las de panificación, para dar un valor agregado (Jaramillo, 2013).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar una formulación para la elaboración de una galleta que tenga como uno de los ingredientes principales harina de chía para mejorar su calidad nutrimental.

Se utilizó Chía (*Salvia Hispanica L.*) del estado de Puebla cosecha 2015 y harina de trigo (HT) comercial marca Tres Estrellas®. Posteriormente se molturará la Chía para la obtención de harina (HCH). Y posteriormente realizar un análisis químico proximal a ambas harinas para comparar su composición química. La preparación de las galletas fue realizada ensayando cuatro formulaciones con la combinación de la harina de trigo (HT), variando la proporción de harina de chía (80HT:20HCH, 70HT:30HCH, 60HT:40HCH, 50HT:50HCH), a las cuales se les realizará un análisis químico proximal y se calculará en base a su diámetro y altura el factor galletero de cada una, también se les hará una prueba sensorial de preferencia para seleccionar la formulación más aceptada. A la galleta seleccionada se le determinará su contenido de triptófano y digestibilidad *in vitro*. También se analizará su contenido de factores antinutrimientales: ácido fitico, inhibidores de tripsina y ácido tánico. Y por último se evaluará su aceptación sensorial por medio de una prueba de nivel de agrado.

# ANTECEDENTES

## 1.1 Trigo

### 1.1.1. Origen

Se dice que el trigo llegó a nuestro país en la época de la conquista, a través de embarcaciones españolas que arribaron con grandes cantidades de trigo, pero la historia lo documenta de otra manera (CANIMOLT, 2015).

El origen del actual trigo cultivado (Figura 1) se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, habiendo numerosas gramíneas silvestres comprendidas en esta área que están emparentadas con el trigo. Desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones. Las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre hace más de doce mil años eran del tipo *Triticum monococcum* y *T. dicoccum*, caracterizadas fundamentalmente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar (Rimache, 2008).



**Figura 1.** Trigo

Fuente: ATCTucuman, 2015

### 1.1.2. Producción de trigo en México

Para el año agrícola 2012/2013 la producción nacional de trigo fue de 3.4 millones de toneladas, 2.5% más respecto al año agrícola anterior. La caída en la superficie sembrada en los últimos 4 años (de 866 mil has. en el 2009 a 683 mil has. en el 2013) y la pérdida de cosechas por sequías

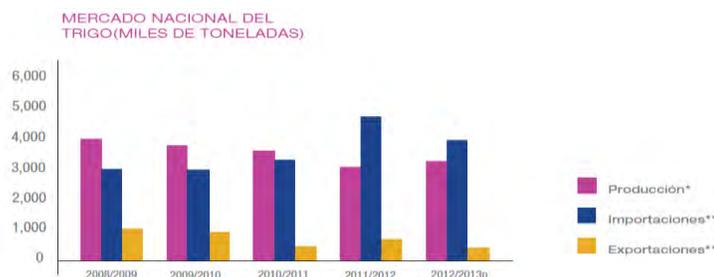
## Galletas de Trigo y Chía

---

o heladas en algunas regiones, ha limitado que la producción nacional se encuentre en posibilidad de atender las necesidades actuales de la población (6.8 millones de toneladas de trigo aproximadamente) (CANIMOLT, 2015).

Debido a que la producción de trigos panificables no ha sido suficiente para satisfacer la creciente demanda de harinas de trigo, existe la necesidad de importar un mayor volumen de este grano, con el consecuente aumento del nivel de dependencia alimentaria (Figura 2). Por su cercanía y por los costos de transportación, nos llega de Estados Unidos quien, además, es el mayor exportador a nivel mundial (SIAP, 2014).

La FAO recomienda que el 75% de los alimentos de un país se produzca localmente, mientras que en México, para el caso del trigo, es aproximadamente del 50% de su consumo nacional (CANIMOLT, 2015).

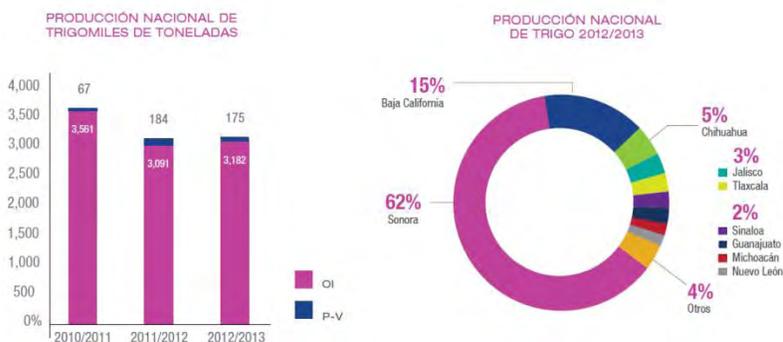


**Figura 2.** Mercado Nacional del trigo en miles de toneladas.

Fuente: CANIMOLT, 2015

La producción de trigo se concentra básicamente en los estados de Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán, Tlaxcala y Jalisco (Figura 3). La Región Noroeste aporta en promedio el 55% de la producción nacional del cereal y el Bajío el 28%, lo que conjuntamente representa más de las tres cuartas partes del total nacional (OEIDRUS).

# Galletas de Trigo y Chía



**Figura 3.** Producción nacional de trigo.

Fuente: CANIMOLT, 2015

### 1.1.3. Clasificación botánica características de la planta y el grano

El trigo es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas (*Poaceae*). Su crecimiento promedio es de un metro de altura. Sus hojas brotan muy pronto y van seguidas por tallos muy delgados rematados por espigas de cuyos granos molidos se saca la harina (CANIMOLT, 2015).

Las variedades más cultivadas son los trigos duros o cristalinos que se clasifican botánicamente (Tabla 1) como *Triticum turgidum*, subespecie durum, y los harineros como *Triticum aestivum*, subespecie vulgaris, el cual se utiliza básicamente en la producción de harina para pan, galletas y repostería (Díaz, 2012).

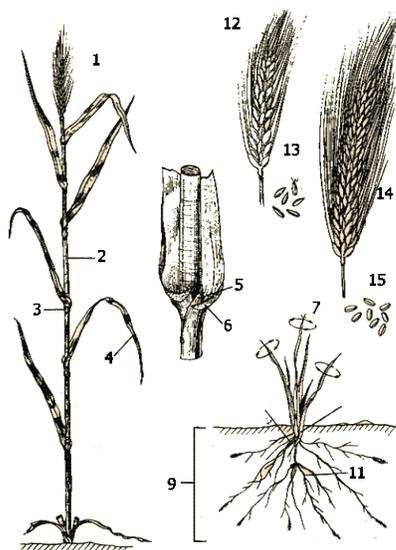
**Tabla 1.** Clasificación botánica del trigo

Clasificación científica	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Género:</b>	<i>Triticum</i> L.
Especies	
•	<i>Triticum aestivum</i>
•	<i>Triticum aethiopicum</i>
•	<i>Triticum araraticum</i>
•	<i>Triticum macha</i>
•	<i>Triticum militinae</i>

- *Triticum monococcum*
- *Triticum polonicum*
- *Triticum repens*
- *Triticum spelta*
- *Triticum sphaerococcum*
- *Triticum timopheevii*
- *Triticum turgidum*
- *Triticum urartu*

Fuente: Mata, 2010

### • MORFOLOGIA DE TRIGO



**Figura 4.** Morfología de trigo

Fuente CANIMOLT, 2015

En la Figura 4 se indican las partes del trigo:

**Tallo:** El tallo de la planta de trigo madura es cilindro hueco, articulado que contiene 3-6 nudos y entrenudos. La longitud de los entrenudos aumenta desde el más bajo. El entrenudo superior, el péndulo sujeta la espiga. Los tallos de la mayoría de las variedades son sólidos en los nudos, pero los entrenudos son huecos. Los tallos son blancos a amarillos o, en algunas variedades mayoritariamente purpuras (Rimache, 2008).

La longitud total de la planta, con la espiga incluida, varía desde los 60.96 cm. Hasta los 152.4 cm, pero pueden acortarse en las zonas secas. Los trigos han sido clasificados como pequeños, medianos y altos (Rimache, 2008).

**Hojas:** El follaje del trigo está formado por la vaina, la lámina, la lígula y la aurícula. Las vainas de las hojas generalmente cubren los dos tercios del tallo. Las vainas pueden ser de color blanco o púrpura. Las láminas foliares de las variedades blancas varían mucho en tamaño, sombreados de color verde y ángulo de proyección desde el tallo (Rimache, 2008).

**Raiz:** Suelen alcanzar más de un metro, situándose la mayoría de ellas en los primeros 25 cm de suelo. El crecimiento de las raíces comienza en el periodo de ahijado, estando todas ellas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del “encañado” (Rimache, 2008).

**Inflorescencia y flor:** La inflorescencia del trigo es la espiga terminal que generalmente tiene 76.20-101.6 mm de longitud, pero puede variar desde 50.8 hasta 127 mm. Las espigas pueden ser paralelas o perpendiculares al plano de la cara de las espiguillas. Estas pueden ser fusiformes, oblongadas, clavadas o elípticas. La espiga sujeta 10-30 espiguillas las cuales están unidas una por una en los nudos de manera alternada a los lados del raquis, que discurre en zigzag (Rimache, 2008).

La flor consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados (Rimache, 2008).

**Grano o cariósipide:** El grano de trigo es una cariósipide, fruto que contiene una única semilla cuyos tegumentos se encuentran íntimamente unidos a los tegumentos del fruto. Existen trigos con grano vestido (la cariósipide queda cubierta por las envueltas florales al cosechar el grano), y trigos con grano desnudo (las envueltas se desprenden de la cariósipide), siendo éstos últimos los predominantes en la actualidad (Osca, 2007).

La cariósipide se subdivide en tres partes fundamentales: pericarpio, endospermo y germen (Figura 5, pag. 10) En la Tabla 2 se presenta la proporción de cada una de las partes que componen al trigo. Los principales nutrientes encontrados en cada uno de estos constituyentes se detallan en la Tabla 3.

## Galletas de Trigo y Chía

**Tabla 2.** Proporción de las partes anatómicas del trigo

Cereal	%				Germen
	Glumas	Pericarpio	Endospermo		
			Aleurona	Endospermo almidonoso	
Trigo	-	8.2	6.7	82	3.6

Fuente: Gaytán, 2013

Los granos tienen forma variable según las especies y variedades pudiendo ser elípticos, ovoides, ovalados, redondeados y oblongos. De acuerdo a sus dimensiones: su largo oscila de 4-10mm, ancho es de 2.5-4.5mm (Gaytán, 2013).

**Tabla 3.** Función de las estructuras anatómicas del trigo con sus principales componentes químicos

Fracción	Composición química
<b>Pericarpio</b>	Fibra dietética, minerales, proteína y compuestos fenólicos
<b>Endospermo</b>	
Cubierta de aleurona	Vitaminas, Complejo B, minerales, fitatos, aceite y proteína.
Endospermo almidonoso	Almidón y Proteína
<b>Germen</b>	
Embrión	Aceite, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales.
Escutelum	Aceite, vitaminas, proteína, minerales y azúcares.

Fuente: Gaytán, 2013

El color de los granos de trigo va desde el blanco amarillento hasta el rojizo oscuro, pasando por el melado. El color rojizo del grano va unido a mala calidad. Otras de las propiedades físicas del trigo es su peso hectolítrico (kg/hL), su valor oscila de 67.3-80, peso de 1000 granos (g) está en un intervalo de 25-50 (Gaytán, 2013).

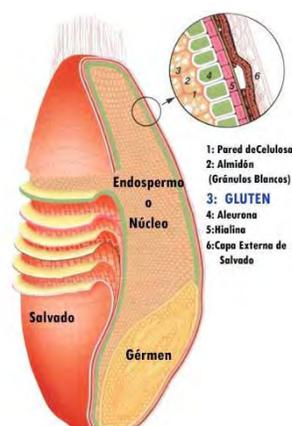


Figura 5. Estructura de un grano de trigo  
Fuente: Villegas, 2015

## 1.1.4. Tipos de trigo

El trigo es el cereal que tiene más sistemas de clasificación por su alta versatilidad y distintos usos terminales (Gaytán, 2013).

En México, los trigos se clasifican de acuerdo con su funcionalidad (propiedades del gluten) en cinco grupos (Tabla 4). Cuatro de ellas pueden utilizarse para la elaboración de pan; el quinto es del tipo cristalino, más utilizado para las pastas (SIAP). En la región Noroeste del país, Sonora y Norte de Sinaloa, se siembran preferentemente los trigos panaderos y cristalinos (grupos 1, 2, 4 y 5) mientras que los trigos suaves (grupo 3) se cultivan en su gran mayoría en la Región del Bajío (estado de Guanajuato) y en el estado de Chihuahua (Gaytán, 2013).

**Tabla 4.** Clasificación de los trigos mexicanos con base en la funcionalidad del gluten (Continúa pag. 12)

Grupo	Tipo de gluten	Textura de Grano/Endospermo	Usos
Grupo 1	Fuerte (muy elástico) y extensible.	Duro a semiduro.	Lo utiliza la industria mecanizada de la panificación, produciendo principalmente harina para pan de caja. Se le utiliza como mejorador de trigos débiles

## Galletas de Trigo y Chía

Grupo 2	Medio fuerte (elástico) y extensible.	Duro a semiduro.	Es para la industria del pan hecho a mano o semi-mecanizado; se le utiliza como mejorador de trigos débiles o trigos con gluten muy fuerte.
Grupo 3	Débil (ligeramente elástico) y extensible.	Suave (blando). No producen harinas panificables por sí solos; requieren mezclarse con trigos Grupo 1 y 2.	Se utilizan para la industria galletera y elaboración de tortillas, buñuelos y otros; aunque puede utilizarse en la panificación artesanal. Como corrector de trigos con gluten muy fuerte.
Grupo 4	Medio y tenaz (no extensible)	Duro a Semiduro.	No es panificable por su alta tenacidad. Se mezcla con trigos fuertes. Es utilizado para la industria de la repostería (pastelera y galletera).
Grupo 5	Fuerte, tenaz y corto (no extensible).	Es un grano muy duro y cristalino. Endospermo con alto contenido de pigmento amarillo (carotenoides)	No es panificable. Se usa para la industria de pastas alimenticias (espagueti, macarrones, sopas secas, etc.).

Fuente: CANIMOLT, 2015

Los trigos suaves crecen en climas más templados donde hay presencia de más agua, aunque absorben menos cantidades de ésta, generalmente en su comercialización aparecen con un contenido mayor de agua que los duros (CANIMOLT, 2015).

### 1.1.5. Composición química y valor nutritivo

El grano maduro está formado por hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sacarosa, glucosa, melabiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúminas, globulina, prolamina y gluteínas), lípidos (ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmito oleico, oleico, linoleico), sustancias minerales (potasio, fósforo, azufre y cloro) y agua con pequeñas cantidades de vitaminas (tiamina, riboflavina y del complejo B), enzimas ( $\beta$ -amilasa, celulosa, glucosidas) y otras sustancias como pigmentos (Díaz, 2012).

## Galletas de Trigo y Chía

Se presenta la composición general del grano de trigo (Tabla 5 y 9, pag. 16); estos porcentajes pueden variar, ya que influyen la variedad y las condiciones geográficas (Díaz, 2012).

**Tabla 5.** Composición química de las diferentes partes del grano del trigo

	<b>Peso %</b>	<b>Almidón %</b>	<b>Proteína %</b>	<b>Lípidos %</b>	<b>Minerales %</b>
<b>Trigo completo</b>	100	60-70	10-14	1.5-2.5	1.6-2.0
<b>Endospermo</b>	82-85	70-85	8-13	1-1.6	0.3-0.8
<b>Salvado</b>	15	0	7-8	1-5	3-10
<b>Germen</b>	3	20	35-40	15	5.6

Fuente: Díaz, 2012

- **Carbohidratos**

El 72% del peso de la cariósida del trigo está constituido por carbohidratos o glúcidos, a su vez formados por el 60-68% de almidón, el 6.5% de pentosas, el 2% al 2.5% de celulosa y el 1.5% de azúcares reductores (Quaglia, 1991).

El componente glucídico más importante desde el punto de vista tecnológico y en el cual el grano es mayoritariamente rico, es el almidón; su importancia tecnológica se debe a la capacidad de absorber agua. El almidón del grano en plena maduración permite obtener un pan de mayor volumen, que el obtenido con granos no maduros (Quaglia, 1991).

El almidón contiene del 19 al 26% de amilosa y del 74 al 81% de amilopectina. Los azúcares reductores están presentes en cantidades mínimas en el grano recién recogido, pero se va formando paulatinamente durante la conservación tanto del grano como de la harina, por acción de las enzimas que transforman el almidón en dextrinas y en maltosa (Quaglia, 1991).

- **Proteínas**

El contenido proteico se ha puesto de manifiesto mediante un simple fraccionamiento basado en la solubilidad en agua, la presencia de cuatro tipos de sustancias proteicas; de éstas, dos son

## Galletas de Trigo y Chía

solubles en una solución salina diluida: una albumina, la lencosina, con un contenido porcentual respecto al total proteico del 12% y una globulina con el 4%; dos son insolubles en agua y solubles en solventes polares (alcohol y acetona), una prolamina, la gliadina con el 44% y una glutelina, la glutenina con el 40% (Quaglia, 1991).

De entre los componentes proteicos del trigo, las dos fracciones insolubles en agua tienen una gran importancia tecnológica porque en contacto con el agua se unen con enlaces intermoleculares, formando el gluten, que representa la sustancia que confiere resistencia y elasticidad a la masa obtenida a partir de la harina y del agua (Quaglia, 1991).

Es de gran interés establecer la composición en aminoácidos de la fracción proteica (Tabla 6), con el fin de poner en evidencias sus posibles correlaciones con las características tecnológicas de la harina y determinar el valor biológico de la misma (Quaglia, 1991).

**Tabla 6.** Composición en aminoácidos esenciales de la fracción proteica del trigo (g/100g de proteína)

Aminoácidos	Albúmina	Globulina	Gliadina	Glutenina
Lisina	3.60	3.84	0.56	1.67
Treanina	3.61	3.43	1.80	2.39
Valina	5.33	4.39	3.13	3.46
Metionina	1.88	1.22	0.95	1.29
Isoleucina	3.50	3.26	3.43	3.22
Leucina	6.39	6.36	5.73	6.15
Fenilalanina	3.51	3.72	4.88	4.13
A.A.Limitane	Metionina	Metionina	Lisina	Metionina

Fuente: Quaglia, 1991

La composición en aminoácidos de la fracción proteica influyen en el Índice de Aminoácidos Esenciales (Tabla 7) que es responsable del valor biológico de las mismas: más elevado en la albúmina y en la globulina, más bajo en la glutelina y en la gliadina. Esto indica que las

## Galletas de Trigo y Chía

---

proteínas presentes en el trigo en mayor cantidad, son las que tienen un menor valor biológico (Quaglia, 1991).

**Tabla 7.** Aminoácidos constituyentes del germen de trigo

Aminoácidos	g/100g de proteína
Arginina	2.08
Lisina	1.8
Leucina	1.67
Valina	1.41
Fenilalanina	1.11
Isoleucina	0.97
Histidina	0.64
Metionina	0.46
Triptófano	0.30

Fuente: Rimache, 2008

- **Lípidos**

Los lípidos entran sólo en pequeños porcentajes en la composición química del trigo (1.5-2%) y están localizados principalmente en el germen. Los componentes lipídicos más importantes son los glicéridos, los fosfolípidos y los esteroides (sitosterol y campisterol); el germen es particularmente rico en tocoferol (Vitamina E) (Quaglia, 1991).

En la composición en ácidos grasos de los glicéridos y de los fosfolípidos, sobresalen los ácidos grasos insaturados y el ácido oleico (Quaglia, 1991). Ver tabla 9.

- **Sales minerales**

La mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa de aleurona y su cantidad oscila entre el 1.5 y el 20%.

Entre los elementos inorgánicos sobresalen el fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro y el galio. El contenido en sales minerales es muy variable y depende de muchos factores como la variedad, tipo de terreno, la fertilización y el clima (Quaglia, 1991). Ver tabla 8.

- **Vitaminas**

El trigo contiene cantidades apreciables de ciertas vitaminas tales como la tiamina (B<sub>1</sub>), la riboflavina (B<sub>2</sub>), la niacina, el ácido pantoténico, el ácido fólico, la biotina, la colina, el inositol, los tocoferoles y la xantofila, precursores de vitamina A; y a la vez es completamente carente en otras como las vitaminas C y D.

Su distribución en la cariósida no es homogénea ya que se localiza casi toda en la capa externa, por lo que se encuentra en gran parte en el producto de desecho de la molienda: como ejemplo, el 24% del total de la tiamina se encuentra contenido en el endospermo, el 13% en el germen y el 61% en otras capas (Quaglia, 1991).

El trigo generalmente es transformado en harina, y está es destinada principalmente para la fabricación de pan, galleta, pasteles, tortillas, pastas para sopa y otros productos. Uno de los elementos nutritivos más importantes es la proteína, misma que se encuentra contenida en el gluten, el cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, necesarias para la panificación (CANIMOLT, 2015).

**Tabla 8.** Composición química proximal del trigo

Cereal	%					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos
<b>Trigo</b>	12.5	14	2.1	2.6	1.9	66.9

Fuente: Murray, 2005

### 1.1.6. Harina de trigo

La molienda de trigo consiste en separar el endospermo que contiene el almidón de las otras partes del grano. En la molienda, el grano de trigo se somete a diversos tratamientos antes de convertirlo en harina (CANIMOLT, 2015).

## Galletas de Trigo y Chía

---

La harina es el polvo que se obtiene de la molienda del grano de trigo maduro, entero o quebrado, limpio, sano y seco, en el que se elimina gran parte de la cascarilla (salvado) y el germen. El resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada (CANIMOLT, 2015).

La harina contiene entre un 65 y un 70% de almidones, pero su valor nutritivo fundamental está en su contenido de proteína ya que tiene del 9 al 14%; siendo las más importantes la gliadina y la gluteína, además de contener otros componentes como celulosa, grasas y azúcar (CANIMOLT, 2015).

Harina marca Tres estrellas®

La cosecha de Trigo inicia a mediados de Abril, en la actualidad el campo destinado originalmente para el trigo ha sido desplazado para la producción de Maíz, al emplearse éste como combustible, lo que ha llevado a una importante alza en el precio internacional del trigo. US WHEAT y la bolsa de valores regulan los precios del trigo a nivel mundial.

El trigo de media calidad se le llama PANADERO, y es empleado para la producción como su nombre lo dice: Pan, galletas, pasteles, etc.

La harina de trigo marca Tres estrellas® contiene un alto porcentaje de proteína, este nivel de proteína permite a nuestra harina absorber un 60% más agua por lo tanto absorbe menos grasa, esta propiedad le permite también soportar o cargar, varios ingredientes que al mezclarlos mantiene la harina sus propiedades de cocción, textura, humedad, sabor, flexibilidad, y esponjosidad. Una harina de bajo nivel proteico absorberá más grasa.

Tienen la estructura necesaria para aguantar la mezcla de muchos ingredientes: mantequilla, huevos, polvos para hornear, semillas, cítricos, vainillas, especias, licores, frutas secas, etc.

- **Grado de extracción o rendimiento por molienda**

Se llama grado de extracción o rendimiento en molienda la cantidad de harina panificable que se puede obtener de la molienda del trigo.

## Galletas de Trigo y Chía

Como norma general, el salvado constituye el 12% del grano, el endospermo el 85.5% y el germen 2.5%. Si la extracción del endospermo fuera perfecta, el rendimiento de harina (grado de extracción) sería de 85%, pero esto no es posible el efecto de las inclusiones de diminutas partículas de salvado en la harina blanca es darle apariencia más grisácea y estropear alguno de los atributos de la harina para hacer la masa. Reduce la elasticidad y actividad del gluten. Por esto, en la práctica, las harinas de galletería tienen un grado de extracción entre 70 y 75% (Manley, 1983; Guerrero, 1984) y el resto es un subproducto (pienso para animales). En la Tabla 9 se muestra la composición típica de la harina de trigo.

**Tabla 9.** Composición química aproximada de la harina de trigo

Producto	%						
	Humedad	Almidón	Proteínas	Fibra	Grasa	Azúcares	Cenizas
Harina al 72% de extracción	14	66	12	0.2	0.9	2	0.5

Fuente: Ossa, 2007

- **Calidad de la harina y valor nutritivo**

Se puede definir la calidad de la harina, como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo (Quaglia, 1991).

Algunos factores que influyen en la calidad están ligados a las alteraciones debidas a varios procesos, como aquellos que transforman el grano en harina.

Entre los complejos proteicos de la harina de trigo, predomina la gliadina y la glutenina que, fuertemente hidratadas, dan una masa elástica llamada gluten, principal responsable de la propiedad mecánica de la masa (Quaglia, 1991).

Estos complejos tienen propiedades muy diferentes:

1. Glutenina: contribuyen a la extensibilidad, fuerza y firmeza de la masa. Contiene la mayor parte de los lípidos que se encuentran en la harina en forma de lipoproteínas.

## Galletas de Trigo y Chía

---

Estas lipoproteínas contribuyen a las apreciadas características de cocción del gluten de buena calidad (Quaglia,1991).

2. Gliadina: da lugar a una masa más blanda, más fluida y contribuye a la cohesión y elasticidad de la masa (Quaglia,1991).

Un balance adecuado de elementos elásticos y viscosos es esencial en la masa. El gluten débil y fácil de estirar, es preferido para galletas (Díaz, 2012).

El diverso comportamiento del gluten es consecuencia de la composición en aminoácidos de la proteína de la harina de la que deriva de la orientación espacial de la cadena polipéptidica y de la distribución de la carga (Quaglia, 1991).

De la hidrólisis de la proteína y por lo tanto del gluten se obtienen aminoácidos (Tabla 10) con cantidades mínimas de lisina y de triptófano; la carencia de estos aminoácidos esenciales para el organismo humano, muestra que es necesario desde el punto de vista nutritivo, complementar la harina de trigo con otra harina que contenga proteínas de mayor valor biológico (Quaglia,1991).

**Tabla 10.** Aminoácidos presentes en harina de trigo

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>
	mg/100g de proteína
<b>Ácido aspártico</b>	398
<b>Ácido glutámico</b>	3318
<b>Alanina</b>	303
<b>Arginina</b>	347
<b>Cistina</b>	208
<b>Fenilalanina</b>	467
<b>Glicina</b>	398
<b>Histidina</b>	181
<b>Isoleucina</b>	372
<b>Leucina</b>	702
<b>Lisina</b>	191
<b>Metionina</b>	147
<b>Prolina</b>	1221
<b>Serina</b>	502
<b>Tirosina</b>	286

## Galletas de Trigo y Chía

---

<b>Treonina</b>	277
<b>Triptofano</b>	104
<b>Valina</b>	416

Fuente: Los alimentos (s.f)

- **Clasificación de las harinas**

Para clasificar las harinas se utilizan los siguientes valores:

**Tabla 11.** Clasificación de las harinas de acuerdo a distintos valores

<b>Valor</b>	<b>Característica</b>
<b>W</b>	Es la fuerza que tiene la harina.
<b>P/L</b>	Índica el equilibrio de la harina y ayuda a saber que tipo de trabajo panadero es más adecuado para cada harina.
<b>Valor P. (Tenacidad)</b>	Es la absorción que tiene la harina sobre el agua.
<b>Valor L. (Extensibilidad).</b>	Es la capacidad que tiene la harina para ser estirada cuando se mezcla con agua. La absorción es un dato de mucha importancia en panificación y depende de la calidad del gluten.
<b>Falling Number.</b>	Es para medir indirectamente la actividad alfa-amilásica existente en la harina.
<b>Maltosa.</b>	Es el azúcar existente en la harina sobre el que actúa la levadura para producir gas carbónico durante el proceso de fermentación.

Fuente: CANIMOLT, 2015

Por consiguiente es necesario relacionar todos los valores y no limitarse a uno solo, ya que puede darse el caso de que dos harinas tengan el mismo W pero diferente P/L, y por lo tanto su comportamiento en panificación será muy distinto. Se presenta el tipo de harina que es utilizado para la fabricación de galletas (Tabla 12).

# Galletas de Trigo y Chía

**Tabla 12.** Harinas Suaves (galleteras)

Características	Usos
W= 80-110 P/L= 0.2-0.3 P= 30-40 L=60-75 Gluten seco= 7-9% Falling Number= 250-300 seg Índice de maltosa= 1.6-1.8	Para panificaciones muy rápidas y muy mecanizadas. Con una fermentación máxima de 90 minutos. También se pueden usar para magdalenas y otras elaboraciones abiscochadas.

Fuente: CANIMOLT,2015

## 1.2. Chía

### 1.2.1. Origen

*Salvia hispanica L.* es una especie originaria de Mesoamérica cuya mayor diversidad genética se presenta en la vertiente del Océano Pacífico, específicamente indican que la misma es originaria de las áreas montañosas del oeste y centro de México. Las fuentes indígenas disponibles previas a 1519, fecha de la llegada de los españoles a territorio mexicano, muestran una fuerte relación etnobotánica entre la chía y varias culturas mesoamericanas. Existe una alta probabilidad que la semilla sea originaria de los territorios que actualmente ocupan la República Mexicana y Guatemala (Ixtaina, 2010).

*S. hispanica L.* es comúnmente conocida como chía, siendo esta palabra una adaptación española al término nahua *chian* o *chien* (plural), término que en náhuatl significa “semilla de la que se obtiene aceite”. La chía cultivada (Figura 6) por los Nahuas a la llegada de los españoles a América así como la que actualmente se siembra en Argentina, Bolivia y México, corresponde a *S. hispanica L.* (Ixtaina, 2010).

Los Aztecas usaban la Chía en distintos preparados nutricionales y medicinales, así como también en la elaboración de ungüentos cosméticos. Era fuente de energía para travesías prolongadas y alimento para los guerreros, por eso es conocida como el alimento de las

## Galletas de Trigo y Chía

---

caminatas. Una comida típica "tzoalli" la preparaban con semillas de amaranto y Chía tostadas, miel de maguey y harina de maíz. La harina de Chía tostada se utilizaba en la preparación de una popular bebida refrescante y nutritiva, costumbre que, con variantes, persiste hoy en Centroamérica y se denomina "Agua Fresca de Chía". Su composición es agua, limón, azúcar y Chía (Fernández, 2010).

La harina de Chía podía ser almacenada mucho tiempo debido a los antioxidantes que posee, podía transportarse fácilmente en viajes largos y se utilizaba como moneda de pago para tributos y transacciones (Fernández, 2010)

Tenochtitlán, la capital del Imperio Azteca, recibía entre 5000 y 15000 Ton de chía anualmente como tributo de los pueblos conquistados. Con respecto a los Mayas, no existe evidencia que la chía fuera cultivada en el apogeo de su civilización (800 a.C. a 900 d.C), aunque la existencia de un intenso comercio entre los centros Teotihuacanos y Mayas durante varios siglos hacen suponer que la chía también era conocida por este pueblo precolombino, el cual ocupó una gran parte de México, Guatemala, Honduras y El Salvador (Ixtaina, 2010).

Con la llegada de los españoles, las tradiciones de los nativos fueron suprimidas y la mayor parte de su agricultura intensiva y de su sistema de comercialización destruidos. Así, de los cuatro cultivos básicos de la dieta azteca, la chía y el amaranto perdieron sus lugares privilegiados y casi desaparecieron (Ixtaina, 2010).

Sin embargo, esta especie logró sobrevivir a la persecución de los conquistadores españoles debido a la conservación de algunas tradiciones precolombinas por parte de pequeños grupos de descendientes de las naciones Nahuatl (Ixtaina, 2010).

La *Salvia hispánica* cuenta con varios nombres comunes: salvia española, artemisa española, chía mexicana, chía negra o chía.



**Figura 6.** Imagen tomada del Codex Florentino ilustrando la planta chía  
Fuente: Ixtaina, 2010

## 1.2.2. Producción de chía en México

La variedad nativa de la República Mexicana es la *chionocalyx Fernald*. Esta variedad crece en bosques de juníperos, encino, pino, pino-encino y otras. Su cultivo en México está distribuido en los estados de Jalisco, en los municipios de Cuautitlán, Ahualulco de Mercado y Tolimán; por otro lado en Michoacán en los municipios de Tzintzuntzán, Uruapan, Zacapu, Erongarícuaro, Huaniqueo, Morelia, Pátzcuaro, La Piedad (Duarte, 2011).

**Tabla 13.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de chía

Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ Ha)	Valor Producción (\$)
Chía	16,721.00	16,515.00	9,548.14	0.58	420,701.81

Fuente. SIAP, 2014

## 1.2.3. Clasificación botánica y características de la planta

Según la clasificación taxonómica (Tabla 14) propuesta por Linneo, la posición sistemática de la chía (*Salvia hispanica* L.) es la siguiente:

## Galletas de Trigo y Chía

**Tabla 14.** Clasificación taxonómica de la chía (*Salvia hispánica L*)

<b>Reino:</b>	Vegetal o Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Lamiales
<b>Familia:</b>	Lamiaceae
<b>Subfamilia:</b>	Nepetoideae
<b>Tribu:</b>	Mentheae
<b>Género:</b>	<i>Salvia</i>
<b>Especie:</b>	<i>hispánica</i>

Fuente: Salud vida ,2006

La Chía (*Salvia hispánica L.*) es una planta herbácea de la familia de las labiatae (Lamiaceae). El género *Salvia* incluye unas 900 especies y se distribuye extensamente en varias regiones del mundo, tales como Sudáfrica, América Central, América del Norte, Sudamérica y Asia Sur-Oriental (Ixtaina,2010).

Es una herbácea anual (Figura 7), que puede alcanzar hasta dos metros de altura. Las hojas miden de 4 a 8 cm. de largo y de 3 a 5 cm. de ancho (Fernández, 2010).



**Figura 7.** Planta y hojas de la chía

Fuente: Ixtaina, 2010

Las flores son hermafroditas, de color violeta, pedunculadas y se encuentran reunidas en grupos de seis o más, en verticilos sobre el raquis de la inflorescencia (Figura 8) (Ixtaina, 2010).

Florece entre julio y agosto y se cultiva, sobre todo, en México, Guatemala y Bolivia. La planta de Chía requiere un clima tropical o sub-tropical (Fernández, 2010).

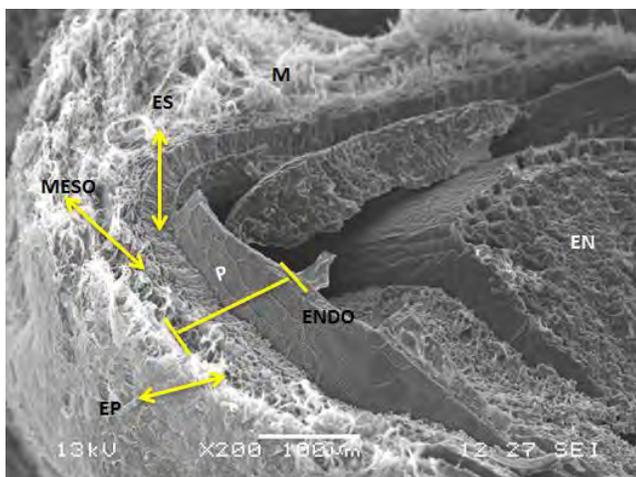


**Figura 8.** Inflorescencias de *Salvia hispánica L.*  
Fuente: Salud vida, 2006

Al cabo del verano, las flores dan lugar a un fruto en forma de "aqueno indehiscente" (Fernández, 2010). El fruto, al igual que otras especies de la familia Lamiaceae, es típicamente un esquizocarpo consistente en lóculos indehiscentes que se separan para formar 4 mericarpios parciales denominados núculas, comúnmente conocidos como "semillas", los cuales son monospermos, ovales, suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares marrones en su mayoría y algunos blancos (Ixtaina,2010).

#### 1.2.4. Características físicas y anatomía de la semilla

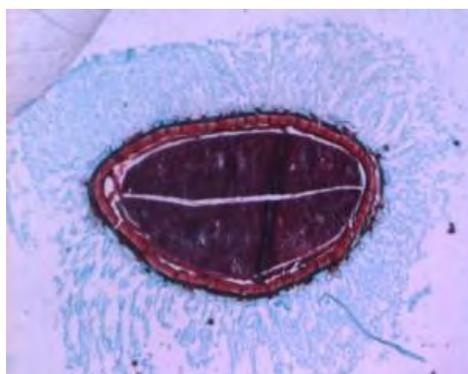
El fruto de la semilla de chía contiene cuatro núculas; cada núcula contiene una semilla la cual no abre naturalmente, además de contener cutícula, epicarpio, mesocarpio capa de esclereidas y endocarpio (Figura 9) (Fuentes, 2012).



**Figura 9.** Micrografía de la semilla de chía a 200X, M: Mucilago, ES: Capa de Esclereidas, MESO: Mesocarpio, ENDO: Endocarpio

Se aprecia (Figura 10 y 11) las partes que conforman la semilla: el mucílago formado por las células presentes en el epicarpio logrado por la adición de agua, cuando las núculas entran en contacto con el agua éste se hincha, la cutícula se rompe al agotar su elasticidad y el contenido de las células se derrama como mucílago rodeando toda la superficie del fruto, quedando adherido a la misma. El endospermo es una sustancia de reserva necesaria para que el embrión comience a desarrollarse está formado por carbohidratos, proteínas y lípidos, el endocarpio parte que cubre la semilla, el mesocarpio la parte carnosa de la semilla, y el epicarpio es la parte más externa de la semilla. La testa y capa de esclereidas tienen como función, protección de la semilla (Fuentes, 2012).

EP: Epicarpio, P: Pericarpio, EN: Endospermo  
Fuente: Fuentes, 2012



**Figura 10** Corte histológico de la semilla hidratada; nótese el mucílago, en azul  
Fuente: Muñoz, 2014

## Galletas de Trigo y Chía

La semilla tiene unos 2 mm de largo por 1,5 mm de ancho (Figura 11). Es ovalada y lustrosa, de color pardo-grisáceo a marrón oscuro (Fernández, 2010).



**Figura 11.** Semilla de chía  
Fuente: Salud vida, 2006

### 1.2.5. Composición química

La Tabla 15 muestra la composición de las semillas de chía y la correspondiente a los cinco cereales de mayor importancia a nivel mundial (arroz, cebada, avena trigo, maíz). Se observa en dicha tabla, que el contenido de proteínas, lípidos, fibra y energía de la semilla de chía es mayor que los presentes en los demás cultivos.

**Tabla 15.** Energía y composición centesimal correspondiente a diversos granos de cereales

Grano	Energía Kcal/100g	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
				%		
Arroz	358	6,5	0,5	79,1	2,8	0,5
Cebada	354	12,5	2,3	73,5	17,3	2,3
Avena	389	16,9	6,9	66,3	10,6	1,7
Trigo	339	13,7	2,5	71,1	12,2	1,8
Maíz	365	9,4	4,7	74,3	3,3	1,2
Chía	550	19-23	30-35	9-41	18-30	4-6

Fuente: (Ixtaina, 2010)

Asimismo, si bien la chía (Tabla 16) es conocida principalmente como una importante fuente de ácidos grasos  $\omega$ -3, también contiene otros compuestos de importancia a nivel nutricional (Ixtaina, 2010).

**Tabla 16.** Composición química aproximada de las semillas de chía.

Componentes	Semillas de chía (g/100g)
Humedad	6.52 ± 0.05
Proteína	24.36 ± 0.19
Lípidos	34.09 ± 0.04
Cenizas	3.70 ± 0.11
Fibra dietética total	14.78 ± 0.70
Hidratos de carbono digeribles	16.55

Fuente: Ferrari *et al*, 2015.

### 1.2.6. Valor nutritivo

Las investigaciones recientes confirman las propiedades saludables de las semillas de Chía. Destacan por su alto contenido en aceites saludables, pero es también una fuente de otros nutrientes de gran importancia para la salud como antioxidantes, proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales y fibra (Fernández, 2010).

- **Fuente de Ácidos Grasos Esenciales**

La Chía es el cultivo con mayor porcentaje de ácidos grasos (AGE) esenciales (Tabla 17) al tener el 82% de sus lípidos con dicha característica (Fernández, 2010).

Se denominan ácidos grasos esenciales (AGE) a un grupo de ácidos grasos que el organismo no puede fabricar y que tienen que ser ingeridos a través de los alimentos o de los complementos. Se diferencian de los no esenciales (ácidos grasos saturados y monoinsaturados) en que estos últimos se pueden obtener a partir de otros nutrientes (Fernández, 2010).

Los ácidos grasos esenciales (AGE) tienen funciones muy importantes en el organismo: ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares, a normalizar la tensión arterial elevada, a mantener la flexibilidad de las membranas celulares, reducen el nivel de colesterol, protegen el corazón, mejoran la salud del sistema nervioso e inmunológico, etc. (Fernández, 2010).

## Galletas de Trigo y Chía

---

En años más recientes, las investigaciones sobre la chía cobraron mayor relevancia, al descubrirse que tiene un contenido de entre 298 y 320 g/kg de aceite. Se ha encontrado que 970g/kg del aceite de chía está compuesto por lípidos neutros y 574 g/kg de éstos, son ácido linolénico. Este es un ácido graso con tres insaturaciones conocido como omega 3 y cuyo consumo repercute en importantes beneficios como en la reducción del riesgo de sufrir sobre todo enfermedades cardio-coronarias. También se reportan 172 g/kg de linoleico, 93 g/kg de oleico y sólo el 10g/kg o menos de ácidos grasos saturados (palmítico, esteárico, y araquídico principalmente). La importancia de los omega 3 radica en que son precursores de los ácidos eicosapentanoico EPA y docosahexanoico DHA que se sabe tienen un importante papel en la coagulación sanguínea (EPA) y en la disminución de la agregación plaquetaria y de los niveles de triglicéridos en sangre (Vázquez,2010).

**Tabla 17.** Contenido de ácidos grasos en semillas de chía

Ácidos grasos	(%)
Palmítico	6.5
Palmitoleico	0.1
Margárico	0.2
Esteárico	2.9
Oleico	7.2
Linoleico	20.3
Linolénico	62.0
Araquidico	0.3
Gadoleico	0.1
Behénico	0.1

Fuente (Ayerza, R., & Coates, W,1999).

- **Fuente de antioxidantes**

Las semillas de Chía poseen una importante cantidad de antioxidantes, especialmente, flavonoides. Su riqueza en antioxidantes permite que el aceite y la harina de Chía se conserven durante largos períodos de tiempo sin enranciarse, por lo que los Mayas almacenaban estos

## Galletas de Trigo y Chía

productos sin ningún tipo de conservante. Los antioxidantes más importantes que podemos encontrar en éstas semillas son (Tabla 18): ácido clorogénico, ácido cafeico, miricetina, kaempferol, quercitina, betacaroteno (vitamina E) y tocoferol (vitamina E) (Fernández, 2010).

Los antioxidantes aportan múltiples beneficios al organismo; su función principal es eliminar los radicales libres que se producen como resultado de la oxidación celular. Un número limitado y controlado de estos elementos resulta beneficioso para el organismo, por el papel que desempeñan en el organismo dentro del sistema inmunológico, dado que son capaces de eliminar microorganismos patógenos. Cuando el número de radicales libres aumenta y se inestabiliza produce resultados negativos (enfermedades de carácter degenerativo, como alteraciones del aparato circulatorio, del sistema nervioso etc.). Estos resultados negativos se producen porque los radicales libres alteran el ADN de las células, impidiendo la renovación celular o alterando su normal funcionamiento (Fernández, 2010).

**Tabla 18.** Ácidos fenólicos y contenido de isoflavonas de muestras de chía (Salvia hispánicaL)

Componente	Promedio (mg/g semilla)	Máximo (mg/g semilla)	Mínimo (mg/g semilla)
Ácido gálico	0.0115 ± 0.0000	0.0116	0.0114
Ácido cafeico	0.0274 ± 0.0011	0.0294	0.0265
Ácido clorogénico	ND	ND	ND
Ácido ferúlico	T	T	T
Ésteretilicoprotocatéquico	0.7471 ± 0.0102	0.7593	0.7355
Ácido rosmarínico	0.9267 ± 0.0187	0.9546	0.8963
Daidzina	0.0066 ± 0.0007	0.0084	0.0060
Glicitina	0.0014 ± 0.0007	0.0027	0.0009
Genistina	0.0034 ± 0.0009	0.00450	0.0024
Glycitein	0.0005 ± 0	0.0006	0.0004
Genisteína	0.0051 ± 0.0003	0.0055	0.0044

Fuente: Martínez, Cruz y Paredes, 2014

ND: No detectada

T: traza

## Galletas de Trigo y Chía

- **Fuente de proteínas y aminoácidos**

La proteína presente en la chía se caracteriza por ser de fácil absorción y digestión. Ésta eficiente asimilación favorece el desarrollo de los tejidos especialmente durante el periodo de crecimiento en los niños y en los adolescentes, así como durante el crecimiento y la regeneración durante el embarazo y la lactancia (Duarte,2011).

La semilla posee un contenido de proteínas que oscila entre 19 y 23% (Fernández,2010), el cual es mayor que el asociado a los cereales tradicionales, presentando como ventaja adicional el no contener gluten (Ixtaina,2010). Las proteínas de chía presentan un buen balance de aminoácidos esenciales. Entre ellos, puede destacarse el contenido de lisina, así como porcentajes de metionina y cistina mayores que los presentes en las proteínas de otras semillas oleaginosas (Ixtaina, 2010).

**Tabla 19.** Composición de aminoácidos de la harina desgrasada y la fracción rica en proteína (FRP) de semillas de *S.hispanica*

Aminoácido	g/100g de proteína		
	Harina desgrasada	FRP de chía	FAO (1991)
<i>Esenciales</i>			
<b>Lisina</b>	50 ± 0	50 ± 0	58
<b>Triptófano</b>	9,5 ± 1	8 ± 0	11
<b>Fenilalanina</b>	51,5 ± 1	50,5 ± 1	63 <sup>a</sup>
<b>Tirosina</b>	23 ± 0	29 ± 0	-
<b>Metionina</b>	13 ± 0	31 ± 0	25 <sup>b</sup>
<b>Cisteína</b>	19 ± 0	24 ± 0	-
<b>Treonina</b>	39 ± 0	39 ± 0	34
<b>Leucina</b>	72 ± 0	69,5 ± 0	66
<b>Isoleucina</b>	33 ± 0	32 ± 0	28
<b>Valina</b>	46 ± 0	46 ± 0	35
<i>No esenciales</i>			
<b>Ácido aspártico</b>	102,5 ± 1	93,5 ± 1	
<b>Ácido glutámico</b>	199,5 ± 1	192.0 ± 0	
<b>Serina</b>	64,5 ± 1	63 ± 0	

## Galletas de Trigo y Chía

<b>Histidina</b>	25,5 ± 1	27 ± 0
<b>Arginina</b>	102,5 ± 1	106.0 ± 0
<b>Alanina</b>	51 ± 0	50 ± 0
<b>Prolina</b>	40 ± 1	40.5 ± 2
<b>Glicina</b>	59 ± 0	49,5 ± 1

Fuente: Vázquez y Rosado-Rubio, (2010) <sup>a</sup>Fenilalanina + Tirosina; <sup>b</sup>Metionina + Cisteína

- **Fuente de vitaminas y minerales**

La semilla de Chía es una buena fuente de vitaminas del complejo B (B1, B2, B3, B6 y B8), vitamina E y vitamina A. Además contiene calcio, fósforo, magnesio, potasio, zinc, selenio, boro y cobre. La chía es una excelente fuente de hierro, el principal componente de la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre, la hemoglobina es una proteína que transporta el oxígeno que respiramos a nuestros músculos, órganos y tejidos para funcionar bien y producir energía. Otra ventaja es el muy bajo contenido en sodio que tiene esta semilla (Fernández, 2010).

**Tabla 20.** Contenido de vitaminas y minerales en la chía

Chía		
Nutriente	Semilla entera	Harina desengrasada
<b>Macroelementos (mg/100g)</b>		
<b>Calcio</b>	714	1180
<b>Potasio</b>	700	1100
<b>Magnesio</b>	390	500
<b>Fósforo</b>	1067	1170
<b>Microelementos (mg/100g)</b>		
<b>Aluminio</b>	2,0	4,3
<b>Boro</b>	---	1,4
<b>Cobre</b>	0,2	2,6
<b>Hierro</b>	16,4	20,4
<b>Manganeso</b>	2,3	6,8
<b>Molibdeno</b>	0,2	---
<b>Sodio</b>	---	2,9
<b>Zinc</b>	3,7	8,5

## Galletas de Trigo y Chía

	Vitaminas (mg/100g)	
Niacina, B3	6,13	11,30
Tiamina, B1	0,18	0,79
Riboflavina, B2	0,04	0,46
Vitamina, A	44 IU	---

Fuente: Jaramillo Garcés, Y. ,2013

- **Fuente de fibra**

La semilla de Chía es una fantástica fuente de fibra dietética soluble e insoluble. Contiene aproximadamente 30 gramos de fibra por cada 100 gramos de chía (Fernández, 2010).

Una vez que el aceite se ha extraído de la semilla de chía, el material remanente contiene 50-60% de fibra. La fibra dietética soluble (FDS) es soluble en agua; cuando se mezcla con agua forma una sustancia parecida a un gel, esta tiene muchos beneficios, entre ellos, regula el nivel de azúcar en sangre y ayuda a reducir el colesterol (Fernández, 2010). La semilla posee 5% de fibra soluble que aparece como mucílago; un polisacárido con alto contenido de ácido urónico, con una estructura química conformada de una cadena principal de unidades  $\beta$ -D-xilopiranosil y  $\alpha$ -D-glucopiranosil con ramificaciones de ácido 4-O-metil glucopiranosilurónico (Vázquez, 2010) el cual, es útil como fibra dietética. La chía tiene una capacidad de captación de agua excepcional, ya que puede absorber 12 veces su peso en agua. Cuando está en medio acuoso, la semilla queda envuelta en un mucílago copioso, el cual es excelente para la digestión y que, junto con el propio grano es un alimento nutritivo (Duarte, 2011).

La fibra insoluble no se disuelve en agua, pasa a través del sistema digestivo y ofrece muchos beneficios a la salud intestinal, favoreciendo la regulación del tránsito intestinal y el desarrollo de bacterias beneficiosas (Fernández, 2010). Estudios realizados en el procesamiento por vía seca de harina desgrasada de chía para la obtención de una fracción rica en fibra (FRF), encontraron valores altos en el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, éstos componentes contribuyen a la fracción de FDI (Fibra dietética insoluble), lo que hace que ésta incremente su proporción en la fibra dietética total (FDT). Tomando ésto en cuenta, la FRF de chía podría ser incorporada como ingrediente en la elaboración de productos de tipo dietético-

fisiológicos, puesto que el consumo de fibra dietética de tipo insoluble está relacionado considerablemente con una sensación de saciedad; ya que por su capacidad de absorber agua, la fibra ocupa un espacio en el estómago, produciendo también un aumento en el volumen y peso de la masa fecal lo que se refleja en el mejor funcionamiento del sistema digestivo y reducción de padecimientos como constipación, estreñimiento e incluso cáncer de colon (Vázquez, 2010).

El uso de las semillas de chía como un alimento de salud se ha vuelto más popular en los últimos años. Las semillas de Chia tienen la capacidad de absorber hasta 27 veces su peso en agua. Por esta razón, los pacientes con antecedentes de disfagia o estenosis esofágicas conocidos, deben ser advertidos de que las semillas de chía sólo deben ser consumidas cuando han tenido la capacidad de expandir totalmente en líquido antes de la ingestión. Si el esófago queda impactado con semillas de chía, su eliminación requerirá la extracción endoscópica (Rawl, 2014). Por lo tanto, una opción para consumir éste tipo de semilla, es triturarla en forma de harina, para mejorar la absorción por parte del organismo y aprovechar mejor las propiedades que ésta contiene.

### **1.2.7. Factores anti nutrimentales**

El término anti nutrimentales se utiliza para calificar a aquellos compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales) (Elizalde, 2009).

Los factores anti nutrimentales pueden clasificarse como termoestables y termo lábiles; los factores termoestables incluyen: factores antígenos, oligosacáridos y aminoácidos no proteicos tóxicos, saponinas, estrógenos, cianógenos, fitatos. Así mismo, entre los factores termo lábiles se encuentran, los inhibidores de proteasas (tripsina y quimo tripsina), lecitinas principalmente (Elizalde, 2009)

En el presente proyecto, se cuantificaran los factores anti nutrimentales en la chía principalmente ácido fitico, taninos e inhibidores de tripsina.

### 1.2.8. Harina de chía

Al estar la semilla molturada su utilidad es más funcional y digestiva. Se trata de una harina que se presenta en forma de polvo fino de color marrón oscuro, de sabor suave y agradable. Necesita absorber agua para formar un ligero gel que mejora la hidratación y la palatividad de los alimentos (Dayelet, 2015).

La harina de chía integral por su contenido en aminoácidos esenciales (lisina), y su alto porcentaje de fibra, puede considerarse como un enriquecedor nutricional, con un sabor neutro y una fuerza adaptable a todas las harinas refinadas de cualquier tipo. No contienen ningún factor alergénico, ni colesterol, ni gluten. Además de suministrar una energía de calidad, es fuente de minerales, vitaminas, antioxidantes naturales y proteínas de alto valor biológico. Pero su aporte más interesante son las cantidades de ácidos Omega-3 y Omega-6 (total 25%) (Dayelet, 2015).

También proporciona carbohidratos y proteínas en niveles importantes por lo que también se utiliza en alimentos para atletas y deportistas. Por todo ello y por su valor nutricional, está especialmente indicada para todas las personas con celiaquía, para dietas altas en proteínas, energizantes y también de control de peso. También es recomendada para personas con diabetes, debido a que por su alto contenido en fibra y su bajo índice glucémico retarda notablemente la absorción de la glucosa en la sangre (Dayelet, 2015).

A continuación se presenta la comparación entre la composición química de la harina de trigo y chía (Tabla 21).

**Tabla 21.** Composición química de la harina de trigo y harina de chía entera

Componentes	Harina de trigo (g/100g) <sup>a</sup>	Harina de chía entera (g/100g) <sup>a</sup>
Humedad	11.58 ± 0.01	7.74 ± 0.01
Proteína	9.35 ± 0.04	20.01 ± 0.17
Lípidos	1.31 ± 0.02	30.97 ± 0.57
Cenizas	0.70 ± 0.01	4.58 ± 0.13
Carbohidratos	73.60 ± 0.05	5.20 ± 0.83

## Galletas de Trigo y Chía

---

<b>Fibra total</b>	3.47 ± 0.02	31.51 ± 0.51
<b>Fibra solubles</b>	0.97 ± 0.01	2.96 ± 0.12
<b>Fibra insoluble</b>	2.63 ± 0.01	28.37 ± 0.21

Fuente: **a:** (Luna *et al.* 2013). **b:** ( Vázquez, et al. 2010)

### 1.3. Panificación

#### 1.3.1. Origen

En México, la historia del pan está ligada a la conquista española. Ellos, los españoles, fueron los que nos trajeron el trigo y sus procesos para transformarlo en alimento (CANAINPA, 2015). En 1524 se inició la producción y transformación del trigo criollo en pan (Figura 12), al principio los hornos y amasijos eran familiares, pero poco a poco se fueron convirtiendo en empresas productoras para el consumo de la población en general (CANAINPA).



**Figura 12.** Pan criollo (CANAINPA, 2015)

A fines del siglo XVIII, llegan a México los primeros maestros europeos de panadería (Figura 13) y pastelería (franceses e italianos), que establecen las primeras negociaciones semejantes a las europeas, talleres donde el jefe de la familia es el maestro y sus hijos los pupilos (CANAINPA, 2015).

## Galletas de Trigo y Chía

---



**Figura 13.** Maestros europeos de panadería  
Fuente: CANAINPA, 2015

En 1880 había 78 panaderías y pastelerías en la ciudad de México y un sinnúmero de indígenas que seguían haciendo sus productos en hornos calabaceros y vendiéndolos en mercados.

Ya para el siglo XX, los habitantes de la Ciudad contaban con afamadas panaderías como LA VASCONIA, que aún existe en nuestra capital.

En los primeros años del siglo XX, la mecanización de la industria panificadora se inició con el uso de revolvedoras para pan blanco (CANAINPA, 2015).

Hasta 1922 la panadería en México se caracterizó por la preponderancia del pan blanco en los anaqueles de los expendios. De 1923 a 1950, aproximadamente, empezaron a ofrecer bizcochería. El sistema de ventas durante muchos años fue de atención personalizada a través de un Mostrador, la gente solicitaba su Pan y un empleado lo iba colocando en la charola para posterior pago en caja (CANAINPA, 2015).

En la década de los 50's, un Industrial (Antonio Ordóñez Ríos), llegó a una de sus Panaderías y decidió darle la vuelta al mostrador, permitiendo que el Cliente seleccionara y colocara su Pan en la charola, iniciando con ello El Autoservicio en Panaderías (Figura 14). Durante los años 80, se empieza a ver el arribo de una nueva generación de empresarios panificadores, con carácter universitario y especializado, esto debido al alto consumo de productos de panificación con el afán de mejorar la calidad sensorial al público consumidor (CANAINPA, 2015).



**Figura 14.** Autoservicio en Panaderías  
Fuente: CANAINPA, 2015

### 1.3.2. Definición

Se entiende como productos de panificación a los obtenidos de las mezclas de harinas de cereales o harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener: sal comestible, mantequilla, margarina, aceites comestibles hidrogenados o no, leudante, polvo de hornear, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles similares, pueden emplear o no aditivos para alimentos; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso. (CANIMOLT, 2015).

### 1.3.3. Clasificación

Los productos de panificación, se clasifican de acuerdo a su composición en (NMX-F-516-1992.):

TIPO I: Pan Blanco, Bolillo y Telera

TIPO II: Pan de Harinas Integrales

TIPO III: Pan, Productos de Bollería

TIPO IV: Pan Dulce

TIPO V: Galletas

TIPO VI: Pastas secas

## **1.3.4. Galletas**

### **1.3.4.1. Definición**

Es el producto elaborado con harinas de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal y/o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal yodatada; adicionados o no de otros ingredientes (Leche descremada en polvo, queso, suero de leche, caseinato de sodio, mantequilla o grasa butírica, huevo fresco, congelado o en polvo, frutas en sus distintas formas, mermeladas, jaleas, gomas, gredina, agar-agar, pectinas o albuminas, chocolate y coco rallado) y aditivos alimenticios permitidos (Lecitina, saboradores, colorantes, emulsificantes, antioxidantes y mejoradores de masa autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia) los que se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado. (NMX-F-006-1983.)

Generalmente, la masa de las galletas dulces no poseen propiedades elásticas, es decir que cede a una fuerza de tracción, y es de consistencia variable. La harina es el ingrediente principal de las masas para galletas, pero son necesarias grandes cantidades de grasa y de azúcar, no sólo por el aporte del sabor, aroma y color del producto final, sino para generar plasticidad y cohesividad de la masa con mínima o ninguna formación de la red de gluten. La estructura de este tipo de galletitas consiste en una mezcla de proteína, almidón y azúcar (azúcar fundido sobre enfriado), la cual no presenta una matriz proteica continua y la grasa se encuentra en forma de grandes glóbulos interconectados entre cuerpos de almidón y de proteínas. La textura es gruesa por la gran coalescencia de las burbujas de gas que se forman durante la cocción (Barrera, 2012).

### **1.3.4.2. Elaboración de galletas y función de los ingredientes**

Las galletas tradicionales están elaboradas a partir de una mezcla de harina, agua y grasas que se somete a un tratamiento térmico (Eroski Consumer, 2007). Las funciones de los principales ingredientes utilizados en la elaboración de galletas se muestran en la Tabla 22.

## Galletas de Trigo y Chía

---

**Tabla 22.** Principales ingredientes para la elaboración de galletas

<b>Ingredientes</b>	<b>Función</b>
Harina	Proporciona forma y cuerpo. En combinación con los demás ingredientes darán las características sensoriales deseadas en el producto.
Agua	Constituye el vehículo disolvente de algunos ingredientes. Da plasticidad a la masa.
Azúcar	Da características de dulzura. Tiene efecto ablandador en las proteínas de la harina. Promueve la suavidad del producto.
Grasa	Influye en la textura, mejora el sabor e interviene en la fineza der la miga y la corteza.
Agentes leudante	Airea la pasta haciéndola ligera y porosa.

Fuente: Díaz, 2012

La elaboración de galletas incluye una primera etapa de mezcla y dispersión de ingredientes sólidos y líquidos y amasado en frío. La masa se lleva inmediatamente a la tolva de la laminación (Gil, 2010).

Posteriormente al amasado se realiza la laminación, basada en compactar y calibrar la masa transformándola en una lámina de grosor uniforme. La masa compactada y calibrada se deja en reposo para permitir su relajación. Durante esta fase la masa se encoge y engruesa, por lo que el grosor de la lámina depende del calibre de los rodillos y de la relajación consentida. La principal razón de la relajación es controlar la forma de la galleta después de la cocción. La masa se corta mediante cortadores rotatorios (Gil, 2010).

La cocción se realiza en hornos continuos o discontinuos durante 2.5-15 min y produce una disminución de la densidad de las piezas, desarrollando una estructura abierta y porosa (Gil, 2010). En el horneado se funde el azúcar, dando más fluidez a la masa, permitiendo que ésta se esponje y se expanda en todas direcciones por efecto de la gravedad hasta que la viscosidad del sistema se hace excesiva, presumiblemente como efecto de la falta de gelificación del almidón. Si ésta condición no es controlada, se podrán presentar grietas en las galletas, debido a la

## Galletas de Trigo y Chía

---

cristalización superficial del azúcar que al retener agua proporcionara moldeabilidad a la superficie, por lo tanto se secará y romperá (Manley, 1989).

El grado de humedad se reduce hasta 1-4% y la coloración de la superficie cambia por reacciones de pardeamiento químico (Maillard y caramelización). La galleta con un porcentaje de grasa mayor y sin desarrollo de gluten, presentan una estructura quebradiza y arenosa (Gil, 2010).

Las galletas se dejan enfriar de forma gradual para impedir el cuarteamiento que suele producirse en galletas con bajo contenido en azúcar y grasa (Gil, 2010).

- **Harina**

La variante de trigo utilizada para la elaboración de este producto es el 'Triticum aestrum', que da como resultado una harina más débil, con un gluten incapaz de almacenar CO<sub>2</sub> y aumentar el volumen. No obstante, es mucho más extensible, lo que permite proporcionar diversas formas a las galletas. El gluten presente en el cereal no interacciona con el almidón, lo que facilita la obtención de una harina con menor cantidad de almidón dañado y una menor capacidad de absorción de agua. Para evitar una textura blanda en la galleta tradicional, interesa un producto final seco y sin la gelificación del almidón (EroskiConsumer, 2007).

- **Agua**

Es un ingrediente particular en las masas de galletería. Es un aditivo en el sentido de que es una sustancia no nutritiva, pero es más bien un catalizador ya que permite que se produzcan cambios en otros ingredientes, tanto para formar una masa como para producir una textura rígida después de cocer. Toda el agua añadida a la masa es eliminada en el horno, pero la calidad del agua utilizada puede tener su comportamiento en la masa (Manley, 1989).

- **Azúcar**

El azúcar utilizado es la sacarosa, un disacárido no reductor, es decir, que no lleva a cabo las Reacciones de Maillard, y proporciona el sabor dulce al alimento. Se pueden añadir jarabes de

## Galletas de Trigo y Chía

---

sacarosa o almidón para endulzar más el producto y para favorecer las Reacciones de Maillard, tostando así la capa superficial del producto (EroskiConsumer, 2007).

- **Grasa**

Las grasas son los ingredientes más importantes utilizados en la industria galletera. Ocupan el tercer puesto de los componentes en importancia, después de la harina y el azúcar, pero son considerablemente más caros, las fuentes son muy variadas, tanto vegetales como animales (Manley, 1983).

Las grasas que se utilizan en la masa tienen la misión de antiaglutinante y funciones de textura, de forma que las galletas resultan menos duras de lo que serían sin ellas (Manley, 1983).

Durante el amasado, cuando algo de grasa cubre la harina, ésta estructura es interrumpida y en cuanto a las propiedades comestibles, después del procesamiento, resulta menos áspera, más fragmentable y con más tendencia a deshacerse en la boca. Si el nivel de grasa es alto, la función lubricante en la masa es tan profunda que se necesita muy poca agua para conseguir la consistencia deseada, se forma poco gluten y el hinchamiento del almidón y la gelificación se reducen también resultando una textura muy blanda (Manley, 1983).

En las masas para galletas, con bajos niveles de grasa, se impide la difusión del gas a través de las paredes celulares durante la etapa crítica entre los 38-58°C cuando la masa se pone más blanda y antes de hincharse los gránulos de almidón extraen agua del gluten haciéndole más fuerte y elástico. Esta estabilización de las células da por resultado mejor volumen mantenido y textura más fina (Manley, 1983).

En las galletas de chocolate se aprovechan las propiedades físicas de la grasa para impartir una consistencia firme a temperatura ambiente, pero que pueda fundirse rápidamente en la boca de forma que se libere con rapidez el azúcar y el sabor (Manley, 1983).

- **Agentes Leudantes**

Estos agentes aumentan el volumen, dan forma y estructura a la galleta. Por eso es importante medir con precisión estos productos, pues incluso pequeños cambios pueden producir defectos graves. Algunos leudantes químicos que liberan gases por reacciones químicas son (Corporán, 2010):

\*Bicarbonato de sodio: si se encuentra presente humedad y ácido, este libera bióxido de carbono gaseoso que aumenta el volumen del producto.

\*Polvo de hornear: es una mezcla de bicarbonato de sodio, un ácido y almidón en combinación para mantener un nivel estándar de capacidad leudante.

\*Amoniaco para hornear, es una mezcla de carbonato y carbonato de amonio. Se degrada rápidamente en el horneado y forma bióxido de carbono gaseoso. Para que actúe no requiere agregar ácido.

### 1.3.4.3. Clasificación

La diversidad de galletas producidas es bastante amplia; varían no solamente en la fórmula, sino también en el tipo de fabricación. De acuerdo a la manera en la que se fabrican las galletas se pueden clasificar de la siguiente manera (Díaz, 2012):

- **Galletas de moldeadores-rotativos:** en el sistema de moldeadores rotativos, la masa con cantidad de agua limitada (20%) es forzada por un rodillo en los moldes de otro rodillo formador. Los pedazos de masa moldeados caen por simple gravedad de una banda que alimenta al horno (Manley, 1983).

Las fórmulas para las galletas de molde rotativo son caracterizadas por un contenido alto de azúcar, grasa y cantidades muy bajas de agua (< 20 con base en la harina e incluyendo la humedad en la harina). La masa típica para este tipo de galletas es desmenuzable, grumosa, y rígida, virtualmente con ninguna elasticidad. La galleta no esparce durante el cocimiento a causa de su contenido bajo en agua, razón por la cual se requiere menos energía para eliminarla (Manley, 1983).

## Galletas de Trigo y Chía

---

- **Galletas de troquelado o estampado:** en este sistema, la masa es progresivamente laminada con rodillos hasta lograr el grosor deseado para posteriormente ser troquelada o cortada con un sistema rotativo o de prensado que además proporciona un estampado. La masa para galletas producidas por este sistema generalmente contiene más agua que las moldeadas por el sistema de moldeado rotativo ya que generalmente es laminada hasta grosores de solamente 3mm. El contenido de azúcar es relativamente bajo comparado con el nivel de la mayoría de las galletas. La masa se expande durante el cocimiento de este tipo de galleta (Manley, 1983).
- **Galletas de corte de alambre:** la masa de galletas formadas y cortadas con alambre tiene propiedades similares a la del sistema de troquelado, pero son formadas por medio de un extrusor y cortadas con un sistema de alambre. La masa es forzada a través de un orificio por medio de un par rodillos. El orificio o dado de salida tiene la forma de la galleta deseada y el sistema de corte lo constituye un alambre cuya velocidad de rotación o movimiento da al grosor del pedazo de masa moldeada. Una fórmula típica, con base en el peso de la harina, puede contener 50-75% de azúcar, 50-60% de grasa, y hasta 15% de huevo. El corte de alambre forma galletas las cuales al cocerse se esponjarán y esparcirán, pero el tamaño final de la galleta es determinado por la fórmula y la harina usada (Manley, 1983).

Las galletas por su elaboración pueden ser: simples, compuestas o combinadas (Tabla 23):

**Tabla 23.** Clasificación de galletas de acuerdo a su elaboración

TIPO DE GALLETA	CARACTERÍSTICAS
Simple	No contienen relleno ni decorado.
Compuestas	Contienen relleno o decorado
Combinadas	Contienen relleno y decorado.
Relleno	Cualquier ingrediente agregado antes o después del horneado y que está cubierto total o parcialmente por galleta.
Decorado	Cualquier ingrediente agregado antes o después del horneado que cubra total o parcialmente el producto.

Fuente: NMX-F-516-1992

## Galletas de Trigo y Chía

---

Se elaboraron galletas por medio de moldeado rotativo, ya que este tipo de galletas son económicas de producir, además de que podrán ser consumidas por personas de todas las edades. El principal objetivo será mejorar la calidad nutrimental de dichas galletas al complementar la harina de trigo con harina de chía y que también sean aceptables para el consumidor

### 1.3.4.4. Producción y consumo

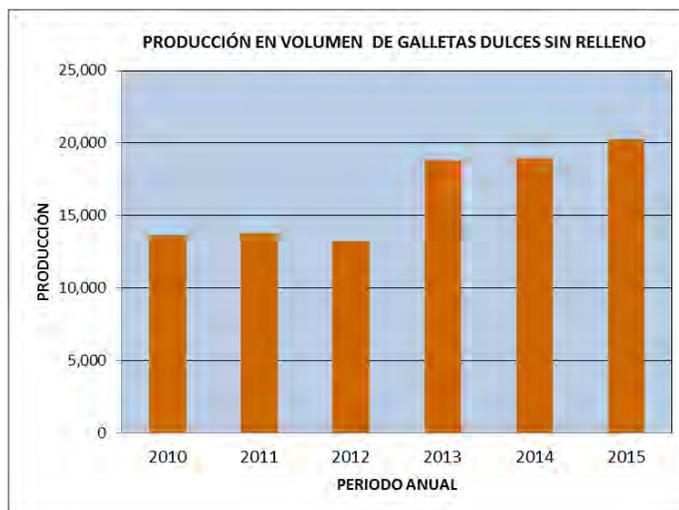
La producción en volumen y en valor anual de galletas en México, se clasifican de acuerdo a las variedades de galletas dulces que se encuentran en el mercado, las cuales se enlistan a continuación (BIE, 2015):

1. Con malvavisco
2. Con relleno
3. Cubiertas
4. Sin relleno
5. De soda
6. Surtido

Para el presente proyecto, las galletas que se elaboraron se encuentran dentro de la clasificación de las galletas dulces sin relleno, se presentan gráficos correspondientes de la producción en volumen (Figura 15) y en valor anual (Figura 16) en México del año 2010 al presente año 2016.

## Galletas de Trigo y Chía

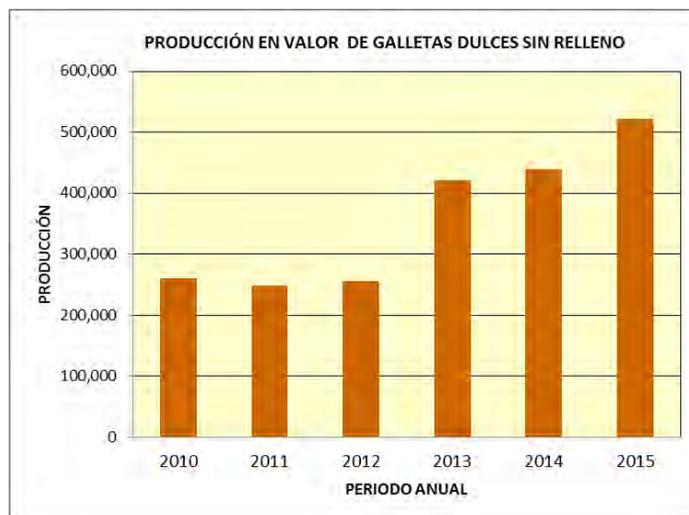
---



**Figura 15.** Producción en volumen anual de galletas dulces sin relleno  
Fuente: BIE, 2015

Se puede observar que en las gráficas anteriores, con respecto a la producción en volumen anual del 2011 al 2015, ésta se ha mantenido a excepción del año 2012 en que la producción disminuyó considerablemente, un factor que pudo haber influido es la preferencia de otras variedades de galletas. Por otra parte, en cuanto a la producción en valor, se observa un incremento en ventas, por lo que se infiere que la demanda en consumo de galletas dulces ha aumentado.

De acuerdo a su consumo en México en el 2015, hay 28 millones de niños según el INEGI, lo que representa al 25 por ciento de la población y son ellos quienes tienen un elevado poder de influencia en la decisión de compra de galletas, pues el 39 por ciento de los niños ayudan con la lista de compras y el 84 por ciento va con su mamá al súper. El 40 por ciento de los niños decide sobre la compra de juguetes, el 31 por ciento sobre la compra de snacks, el 28 por ciento sobre chocolates y dulces, mientras que el 24 por ciento influye sobre la decisión de las galletas (Mesa, 2015).



**Figura 16.** Producción en valor anual de galletas dulces sin relleno (BIE, 2015)

### 1.3.4.5. Calidad de las galletas

Dentro del método se establece que la calidad de las galletas se determina tomando en cuenta el ancho (W), el grosor (T), y la proporción W/T (factor de expansión o factor galletero). Este método predice la calidad general de la harina de trigo blando para la producción de galletas. La alta calidad de la harina de repostería se suele asociar con un mayor diámetro en las galletas (Díaz, 2012).

El método AACC 10-54D es el más empleado para evaluar las propiedades funcionales de las harinas suaves para la elaboración de galletas. Éste método determina el factor galletero (altura y diámetro), siguiendo un proceso de elaboración estandarizado. Posteriormente, las galletas se hornean por 11 minutos a 180°C y se dejan enfriar a temperatura ambiente. El grosor o altura promedio de las galletas se mide después de sobreponer las cinco galletas. Para medir el diámetro promedio, se gira 90° cada galleta 3 veces sacando un valor promedio y sumando los 5 promedios obtenidos. La división de diámetro/altura, da por resultado el factor de expansión. Las harinas con mejor funcionalidad para galletas presentan mayores valores de expansión que las harinas de inferior calidad (Díaz, 2012).

## 1.3.4.6. Composición química y Valor nutritivo

Las formulaciones de galletas dulces o suaves son altas en azúcar, manteca vegetal y relativamente bajas en agua. Esto de la textura ideal para la laminación de la masa, su troquelado y formación (Othón, 2013). Se presenta la composición química proximal de galletas con chocolate (Tabla 24)

**Tabla 24.** Composición química de galletas de chocolate

<i>Cantidades por 100g de porción comestible</i>	
Porción comestible	100
Energía (Kcal)	524
Agua (g)	0
Proteína (g)	5,7
Grasa total (g)	27,6
AG Saturados (g)	16,7
AG Monoinsaturados (g)	8
AG Poliinsaturados (g)	1,1
AG Poliinsaturados $\omega$ -6	0,95
AG Poliinsaturados $\omega$ -3	0,07
Hidratos de carbono (g)	67,4
Fibra (g)	2,1
Minerales	
Sodio (mg)	160
Potasio (mg)	230
Calcio (mg)	110
Magnesio (mg)	42
Fósforo (mg)	130
Hierro (mg)	1,7
Cinc (mg)	0,8
Vitaminas	
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	0,03
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0,13
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,04
Vitamina A ( $\mu$ gEq)	Tr
Vitamina E (mg)	1,43

Fuente: Mataix, 2003

Las galletas constituyen una magnífica fuente energética para el organismo debido a su rica composición en hidratos de carbono y grasas. Por su naturaleza son el alimento ideal para consumir en las horas de desayuno, merienda y, sobre todo, para picar entre horas. Sin embargo, actualmente su uso va más allá, y desempeña un importante papel gastronómico ya que forma parte de gran cantidad de salsas, postres o tartas (Eroski Consumer, 2007).

## Galletas de Trigo y Chía

---

Según un estudio elaborado por expertos en nutrición de Nutricare sobre las tendencias de alimentación. Concretamente, se consume poca fibra, calcio y vitaminas y se sustituyen por carnes grasas y azúcares. Los productos de bollería, especialmente las galletas, son en gran parte las causantes de este aumento calórico en la dieta, y es que su sencilla composición la hace un alimento de fácil obtención a un módico precio (Eroski Consumer, 2007). Es por ello que complementar las galletas con harina de chía permitirá obtener un producto adecuado que contenga mejores niveles de fibra, proteína, vitaminas y minerales así como aporte de ácidos grasos necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de la población general.

## II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 2.1. OBJETIVOS

#### 2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una formulación para una galleta elaborada con harinas de trigo y chía para mejorar su composición química.

#### 2.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- **OBJETIVO PARTICULAR 1**

Determinar la composición química de las harinas de trigo y de chía mediante un análisis químico proximal para conocer su contenido nutrimental.

- **OBJETIVO PARTICULAR 2**

Evaluar cuatro diferentes formulaciones, variando la proporción de harina de chía y harina de trigo a través de un análisis químico proximal, pruebas de calidad galletera, pruebas sensoriales para determinar la mejor formulación.

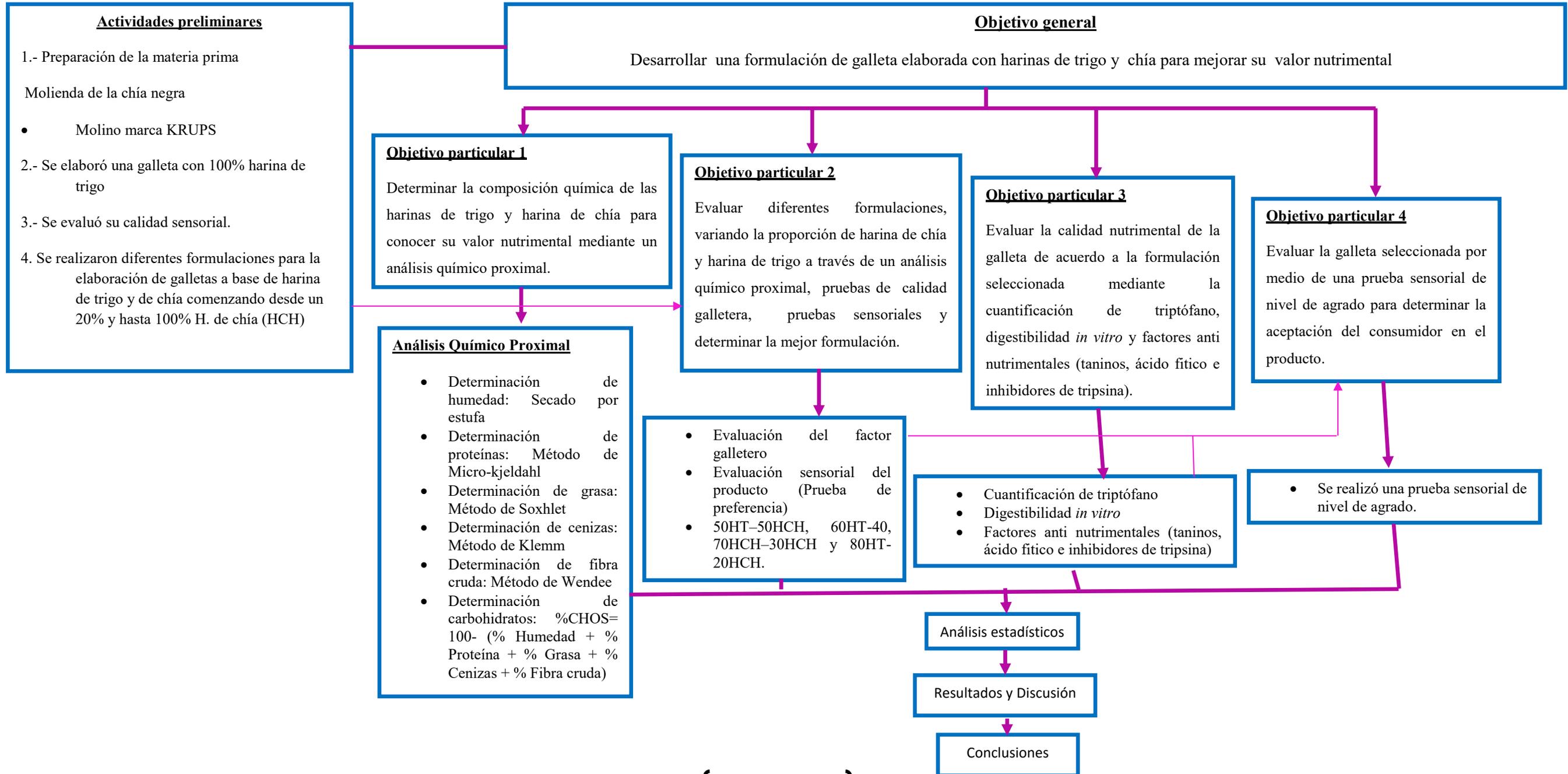
- **OBJETIVO PARTICULAR 3**

Evaluar la calidad nutrimental de la galleta de acuerdo a la formulación seleccionada mediante la cuantificación de triptófano, digestibilidad *in vitro* y factores anti nutrimentales (taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina) para saber si mejoro con la incorporación de chia.

- **OBJETIVO PARTICULAR 4**

Evaluar la galleta seleccionada por medio de una prueba sensorial de nivel de agrado para determinar la aceptación del consumidor en el producto.

2.2. CUADRO METODOLÓGICO



## 2.3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.3.1. Material Biológico

Se utilizó chía especie *Salvia hispanica* L cosecha 2014 obtenida en el estado de Puebla. También se utilizó harina de trigo comercial marca Tres Estrellas® debido a que en experimentaciones previas para la elaboración de galletas presento buenos resultados. (Díaz, 2012)

### 2.3.2. Preparación de la muestra

Materia prima: La semilla de Chía fue sometida a un proceso de molienda en un molino de café marca Krups y posteriormente tamizada con una malla #40 USA serie Tyler.

### 2.3.3. Análisis Químico Proximal de la materia prima

Se realizó un Análisis Químico Proximal a las materias primas principales; Harina de trigo y harina de chía. A las materias primas mencionadas se les aplicaron las siguientes pruebas: Humedad, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos por diferencia.

#### 2.3.3.1. Determinación de Humedad

Técnica: Secado por estufa (925.09, AOAC, 2002)

Fundamento: Se determinó el contenido de humedad por el método de secado por estufa; el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación de agua. El resultado se presentó como porcentaje de humedad.

$$\%H = \left[ \frac{W_2 - W_3}{W_1} \right] * 100$$

Dónde:

$W_1$  = Peso de la muestra (g)

$W_2$  = Peso de la muestra húmeda (g)

$W_3$  = Peso de la muestra seca (g)

### 2.3.3.2. Determinación de proteína

Técnica: Método de Micro Kjeldahl (954.01, AOAC, 2002)

Fundamento: El método Kjeldahl es la técnica para determinación de nitrógeno total. Este método se basa en la combustión húmeda de la muestra calentada con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador metálico donde se transforman las sustancias nitrogenadas en sulfato de amonio valorable con desprendimiento de  $CO_2$  y formación de agua (digestión), la muestra obtenida es colocada en un destilador con la finalidad de obtener el  $NH_3$  libre a partir de  $NH_4SO_4$  agregando  $NaOH + Na_2S_2O_3$  y recibiendo el destilado en un volumen de  $HBO_3$  (destilación) quedando atrapado el  $NH_3$  para finalmente titularlo. El amoniaco destilado se recibe en ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con HCL.

$$\text{Nitrógeno total} = \frac{(V_2 - V_1) * N * .014}{W} * 100$$

$$\%Proteína = (\%Nitrógeno total) (F)$$

Dónde:

$V_1$  = Volumen de HCL gastado en la muestra (ml)

$V_2$  = Volumen de HCL gastado para la prueba en blanco (ml)

N = Normalidad del HCL

W = Peso de la muestra (g)

F = Factor de conversión de nitrógeno a proteína (Trigo: 5.83, Chia: 6.25)

### 2.3.3.3. Determinación de extracto etéreo

Técnica: Método de Soxhlet (920.39, AOAC, 2002)

Fundamento: El contenido de grasa se determinó por el método de Soxhlet; El cual consiste en una extracción semicontinua con un disolvente orgánico, el disolvente se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso. El resultado se expresó como porcentaje de grasa extraída.

$$\%Grasa\ extraible = \left[ \frac{W_1 - W_2}{W_3} \right] * 100$$

Dónde:

$W_1$ = Peso del matraz con grasa (g)

$W_2$ = Peso del matraz a peso constante (g)

$W_3$ = Peso de la muestra (g)

### 2.3.3.4. Determinación de cenizas

Técnica: Método de Klemm (Cenizas totales) (923.03, AOAC, 2002)

Fundamento: Se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solo materia inorgánica en la muestra.

En este método toda la materia orgánica se oxida en la ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre 550- 600°C; El material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. El residuo de incineración se calcula por diferencia de peso.

$$\% Cenizas = \left[ \frac{W_3 - W_2}{W_1} \right] * 100$$

Dónde:

$W_1$ =Peso de la muestra (g)

$W_2$ =Peso del crisol vacío (g)

$W_3$ = Peso del crisol con las cenizas (g)

# Galletas de Trigo y Chía

---

## 2.3.3.5. Determinación de fibra cruda

Técnica: Método de Wendee (989.03, AOAC, 2002)

Fundamento: Se establece que la fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas. El resultado se expresa como % de fibra cruda.

$$\%Fibra\ cruda = [(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3) / W_5] * 100$$

Dónde:

$W_1$  = Peso del papel filtro (g)

$W_2$  = Peso del papel filtro con residuos secos (fibra) (g)

$W_3$  = Peso del crisol vacío (g)

$W_4$  = Peso del crisol después de la incineración (cenizas) (g)

$W_5$  = Peso de la muestra (g)

## 2.3.3.6. Determinación de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia.

$$\%CHOS = 100 - (\% Humedad + \% Proteína + \% Grasa + \% Cenizas + \% Fibra cruda)$$

## 2.3.4. Elaboración de galletas

Se desarrolló una formulación para la elaboración de galletas a base de harina de trigo (control). La formulación base se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Formulación base para la elaboración de galletas con harina de trigo

---

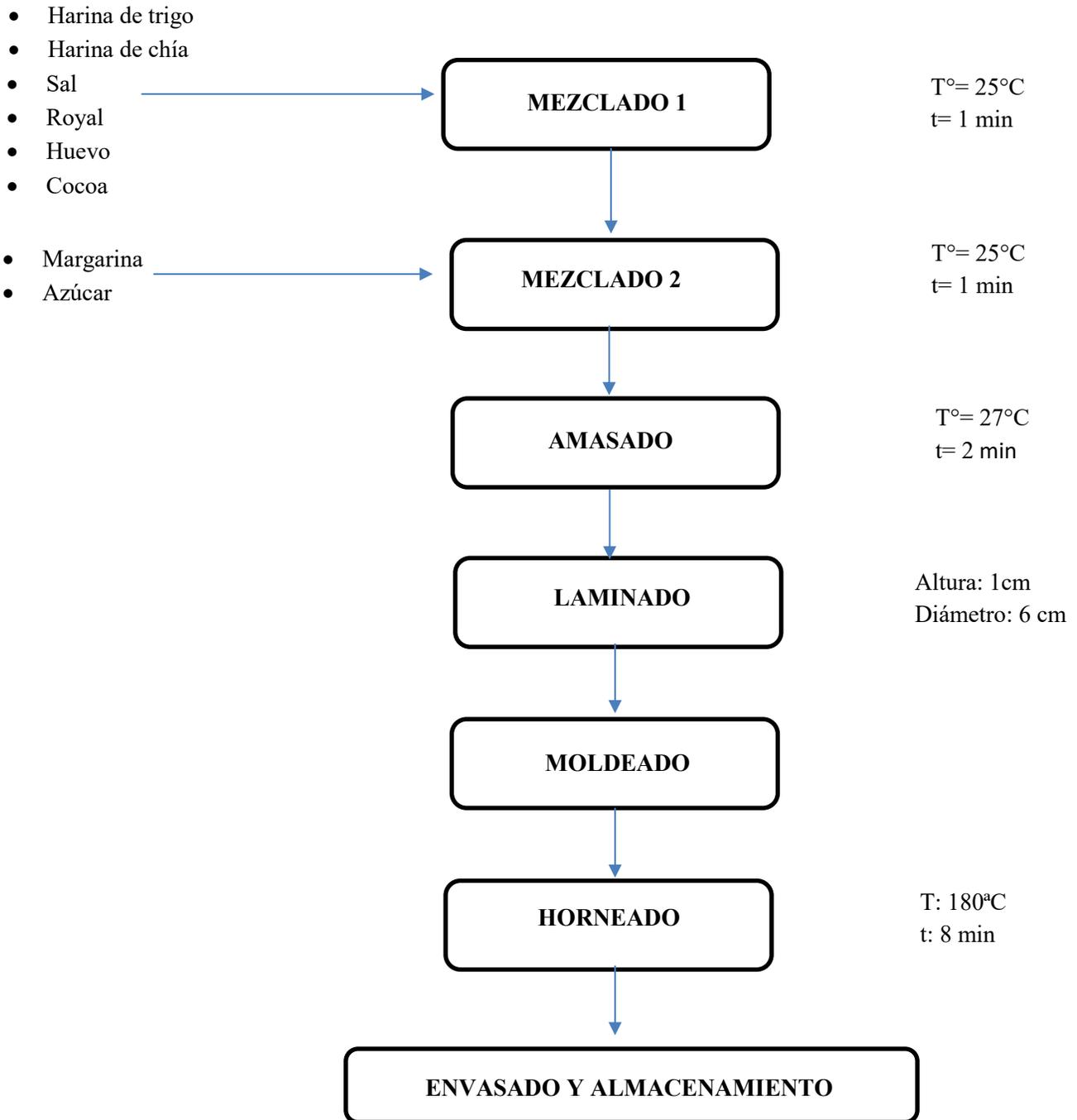
Ingredientes	%
Harina de trigo	45
Margarina	27
Azúcar	18
Huevo	7.2
Royal	2.7
Sal	0.1

---

### **2.3.4.1. Diagrama de proceso para la elaboración de galleta a base de harina de trigo y chía.**

Debido a que el proyecto tiene como objetivo utilizar dos tipos de harina, a continuación se presenta el diagrama de proceso para la elaboración de galleta a base de harina de trigo y harina de chía.

## Galletas de Trigo y Chía



**Figura 17.** Diagrama de proceso para la producción de galleta a base de harina de trigo y chía

## Galletas de Trigo y Chía

---

Para la elaboración de las galletas, primero se pesaron los ingredientes de acuerdo a la cantidad de galletas deseadas. A continuación se realizaron los mezclados, en el primer mezclado se adicionó (Figura 18) la harina de trigo en un bowl, junto con la harina de chía, cocoa, sal, royal y huevo, en el segundo mezclado se agregaron los ingredientes restantes (margarina y azúcar). El proceso se llevó a cabo durante 15 minutos aproximadamente. El amasado se llevó a cabo de manera manual, a una temperatura de 25 a 27°C durante 2 minutos, dicho amasado tuvo dos objetivos principales:

- a) Distribuir homogéneamente los ingredientes.
- b) Proporcionar el desarrollo del gluten, siendo casi nulo cuando se adicionaba más cantidad de harina de chía.



**Figura 18.** Bowl

Después de haber obtenido una masa homogénea, se laminó con ayuda de un rodillo bajo condiciones estandarizadas, de tal manera que el grosor de la lámina quedara con un grosor de exactamente 1cm. A continuación se obtuvo, con un molde redondo de 6 cm de diámetro, la galleta (Figura 19).



**A**



**B**



**C**

**Figura 19.** Materiales utilizados para el laminado/moldeado/cortado de la galleta A) Cortador redondo B) Lámina de aluminio C) Rodillo

## Galletas de Trigo y Chía

Posteriormente, las galletas se hornearon por 8 minutos a 180°C (Figura. 20). Las galletas una vez sacadas del horno se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 15 minutos.



**Figura 20.** Horno de convección eléctrico Marca: Robot Cool.

### 2.3.4.2. Desarrollo de diferentes formulaciones variando la cantidad de harina de chía y harina de trigo para la elaboración de las galletas.

Se realizaron cuatro formulaciones de galletas con proporciones de harina de trigo y chía 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50 (Tabla 26). Cabe mencionar que se realizaron también formulaciones con 90, 80, 70 y 60% harina de chía pero se descartaron porque la calificación sensorial obtenida fue mala ya que el sabor a chía intenso no agradaba y las galletas tenían un diámetro muy grande y muy chiclosas por la gran cantidad de grasa y fibra de la chía.

**Tabla 26.** Formulaciones para la elaboración de galletas con harina de trigo y harina de chía.

Ingredientes	%			
	Formulaciones proporción Harina de trigo: Harina de chía			
	80:20	70:30	60:40	50:50
Harina de trigo	36	31.5	27	22.5
Harina de chía	9	13.5	18	22.5
Margarina	27	27	27	27
Sal	0.1	0.1	0.1	0.1
Royal	2.7	2.7	2.7	2.7
Azúcar	18	18	18	18
Huevo	7.2	7.2	7.2	7.2

## Galletas de Trigo y Chía

Por otra parte, debido al alto contenido de grasa de la harina de chía se decidió disminuir la cantidad de margarina en la formulación, quedando la formulación como se muestra en la Tabla 27.

**Tabla 27.** Formulación base para la elaboración de galleta a base de harina de trigo y chía, reduciendo la cantidad de margarina.

Ingredientes	%
Harina de trigo y harina de chía	50.3
Azucar	20.10
Margarina	18.44
Huevo	8.04
Royal	3.02
Sal	0.1

Para determinar la cantidad de cocoa que se le adicionaría a las galletas, se elaboró una galleta con 30% de harina de chía (Tabla 28) a la cual se le adicionaron diferentes cantidades de cocoa, evaluando el sabor del producto final.

**Tabla 28.** Elaboración de galletas a base de harina de trigo y chia proporción 70:30, variando la cantidad de cocoa.

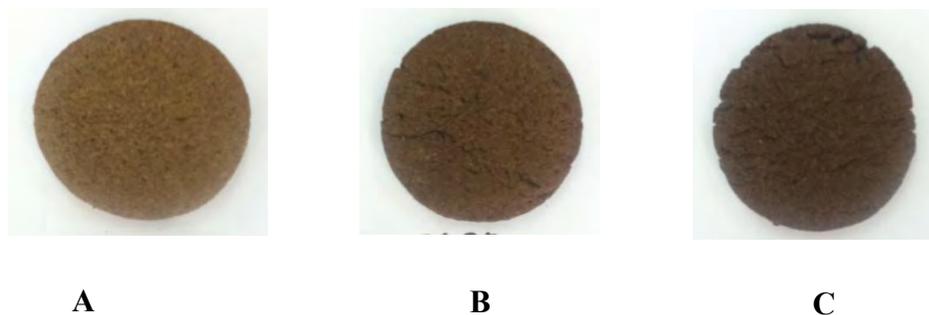
Ingredientes	Formulaciones (%)		
	<b>70:30</b>		
<b>Harina de trigo</b>	34.74	34.30	33.87
<b>Harina de chía</b>	14.90	14.71	14.53
<b>Margarina</b>	18.20	17.73	17.74
<b>Sal</b>	0.09	0.097	0.096
<b>Royal</b>	2.98	2.94	2.90
<b>Azúcar</b>	19.89	19.59	19.35
<b>Huevo</b>	7.93	7.83	7.73
<b>Cocoa</b>	1.28*	2.53*	3.75*

\*Gramos de cocoa por 100% de base para galleta.

A las galletas obtenidas (Tabla 29) se les realizó una prueba sensorial de aceptabilidad con 5 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica (1= Me disgusta mucho, 2= Me disgusta, 3= Me gusta

## Galletas de Trigo y Chía

moderadamente, 4= Me gusta, 5= Me gusta mucho) para evaluar los siguientes atributos: color, sabor, crocancia y textura (Cutullé, 2012).



**Figura 21.** Galletas de harina de trigo y harina de chía (70:30), variando la cantidad de cocoa **A)** 1.3g **B)** 2.6g **C)** 3.9g

Con base en los resultados (Tabla 29), la galleta que obtuvo mayor grado de aceptación con respecto a todos sus atributos, fue la que contenía 2.6g de cocoa, por lo tanto, se realizaron las diferentes formulaciones de harina de trigo y chía, con la cantidad de cocoa elegido.

**Tabla 29.** Valores obtenidos de aceptabilidad de la galleta en base a sus atributos (color, sabor, crocantes y textura)

Jueces	Formulación base Harina de trigo y harina de chía (70:30)		
	<b>A</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
1	1	1	1
2	1	1	1
3	3	4	3
4	3	4	1
5	1	4	4
<b>Puntuación</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>10</b>

## Galletas de Trigo y Chía

A continuación se muestra la nueva formulación base con cocoa y menos cantidad de margarina (Tabla 30).

**Tabla 30.** Formulación base para la elaboración de galleta de harina de trigo y harina de chía

Ingredientes	%
Harina de trigo y harina de chía	46.24
Margarina	17
Sal	0.1
Royal	2.77
Azúcar	18.5
Huevo	7.4
Cocoa	8.01

Se realizó una formulación control con 100% harina de trigo para comparar esta con las que se realizaron posteriormente en base al factor galletero, propiedades físicas y sensoriales, así como su aporte nutrimental.

**Tabla 31.** Formulación de galleta control (100% harina de trigo)

Ingredientes	Formulación harina de trigo %
<b>Harina de trigo</b>	45
<b>Margarina</b>	27
<b>Sal</b>	0.1
<b>Royal</b>	2.77
<b>Azúcar</b>	18.5
<b>Huevo</b>	7.4
<b>Cocoa</b>	8.01

## 2.3.5. Pruebas de calidad galletera

### 2.3.5.1. Factor galletero

Se determinó el diámetro, grosor y factor galletero de acuerdo a lo establecido en el método AACC 10-50.05, el procedimiento se describe a continuación (Díaz, 2012).

Una vez elaboradas las galletas, se dejaron enfriar por 15 minutos. Posteriormente con ayuda de un vernier digital se midió el grosor y diámetro de las galletas en 3 puntos diferentes. Con los datos obtenidos se obtuvo el promedio de diámetro y altura, y se hizo una relación de estos dos parámetros para calcular el factor galletero.

En base a la siguiente escala de valores de factor galletero que se muestra Tabla 32, se evaluará la calidad de las galletas (González et al., 2008).

Tabla 32. Factor galletero

Factor Galletero	
7-8	Son excelentes
6-7	Son buenas
5-6	Son regulares
<-5	Son malas

### 2.3.6. Preparación de la muestra de las galletas

- Producto

Para la obtención de harina (Figura 23), las galletas fueron sometidas a molienda en un molino para café marca Krups (Figura 22) en un tiempo aproximado de 40 segundos. La muestra obtenida se conservó en refrigeración a una temperatura de 3.2°C.



**Figura 22.** Molino marca “KRUPS”



**Figura 23.** Harina de Galleta de Trigo

### **2.3.7. Análisis Químico proximal del producto**

Se realizó un Análisis Químico Proximal a la galleta de trigo (control) y a las galletas de las cuatro formulaciones propuestas de harina de trigo y chía (80:20, 70:30, 60:40, y 50:50) sometiéndolas a un proceso de molienda. Las pruebas fueron: humedad, proteínas, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos, y se realizaron como se mencionó en la parte de materias primas.

### **2.3.8. Evaluación sensorial**

#### **2.3.8.1. Prueba de preferencia**

En las pruebas de preferencia, a los consumidores se les presentan las muestras y se les pide que las prueben y las ordenen de mayor a menor en su preferencia (Ramírez 2012). A las galletas, elaboradas con las formulaciones (80% H.T.- 20% H.CH, 70% H.T.- 30% H.CH, 60% H.T.- 40% H.CH, 50%

H.T.- 50% H.CH) (H.T. Harina de trigo, H.CH = Harina de chía), se les realizó esta prueba; la cual fue aplicada a 97 jóvenes no entrenados, con muestras codificadas, a quienes se les dio a probar las cuatro formulaciones diferentes y se les pidió calificaran cada muestra con base a un cuestionario (Anexo 1)

### 2.3.8.2 Prueba de nivel de agrado

Se emplean para determinar el nivel de aceptación de un producto por parte de los consumidores y según su tipo permiten medir cuanto agrada o desagrade dicho producto (Ramírez 2012). Esta prueba se aplicó a la galleta elaborada con la mejor formulación escogida previamente (50%HT.50%HCH). Consistió en la evaluación del grado de aceptación o rechazo hacia el producto, en base a sus características como sabor, color, textura. Los datos fueron reportados en cuestionarios donde se muestra una escala no estructurada también llamada hedónica (Anexo2).

### 2.3.9. Determinación de la calidad nutrimental de la galleta

#### 2.3.9.1 Cuantificación de triptófano

##### **Fundamento:**

La técnica se basa en una hidrólisis enzimática para liberar el triptófano del enlace peptídico. Este aminoácido se cuantifica en proteínas puras o péptidos, mediante técnicas colorimétricas en el cual se desarrolló color con p-dimetilaminobenzaldehido (DMAB) y nitrito de sodio como contraste. La lectura se realizó mediante espectrofotometría a  $\lambda = 590\text{nm}$  (Rama *et al.*, 1974).

##### **Reactivos:**

- Buffer de fosfatos
- Pepsina
- Pancreatina
- DMAB

- Nitrito de sodio
- Solución estándar de triptófano

### Preparación:

1. Pesar 1 g de la muestra.
2. Agregar 10 ml de pepsina; incubar a temperatura ambiente.
3. Adicionarle 10 ml de NaOH 0.1N y 10 ml de pancreatina, incubar por 24 horas.
4. Aforar a 50 ml con agua destilada y filtrar.
5. Tomar 2 ml y adicionarle HCL concentrado y de DMAB, así como NaOH<sub>2</sub> y reposar 15 min.
6. Leer a  $\lambda = 590\text{nm}$ .

### 2.3.9.2 Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* se lleva a cabo utilizando un sistema multienzimático para determinar la digestibilidad de proteínas. El sistema multienzimático está compuesto por tripsina, quimotripsina, peptidasa y proteasa. Se encontró que el pH de una proteína en suspensión inmediatamente después de los 20 minutos de digestión con la solución multienzimática tiene una gran correlación con la digestibilidad *in vitro* de ratas. El coeficiente de correlación entre el pH a los 20 minutos y la digestibilidad aparente *in vitro* es de 0.90, con un margen de error estimado de 2.23, la ecuación de la regresión obtenida experimentalmente es (Hsu *et al.*, 1977):

$$\%D = 234.84 - 22.56 (x)$$

### Dónde:

X = es el pH de la suspensión de proteína registrado inmediatamente después de los 20 minutos de la digestión con la solución multienzimática.

### 2.3.10. Determinación de factores anti nutrimentales de la galleta.

Los alimentos de origen vegetal contienen una serie de sustancias denominadas factores anti nutrimentales, capaces de disminuir la disponibilidad de los nutrimentos indispensables (Sorelo, 2012).

#### 2.3.10.1 Cuantificación de ácido fítico.

##### Fundamento:

El extracto de una muestra se calienta con una solución de ácido férrico para conocer el contenido de hierro. La disminución del hierro (determinada colorimétricamente con 2,2 – bipyridina) en el sobrenadante es la medida del contenido del ácido fítico (Haug y Lantzchsch, 1983).

##### Procedimiento:

1. Pesar 0.1 g de muestra y adicionar HCl 0.2 N, agitar durante 20 minutos, centrifugar durante 15 minutos.
2. Tomar 0,5 ml del extracto y colocarlo en tubo de ensaye.
3. Adicionar del sulfato férrico de amonio.
4. Tapar el tubo y calentarlo a  $95 \pm 2^\circ \text{C}$  durante 30 minutos.
5. Enfriar los tubos de ensaye.
6. Una vez que se encuentre a temperatura ambiente adicionar 2,2-Bipyridina a cada tubo y agitar.
7. A los 30 segundos exactamente adicionar las 2,2-Bipyridina, leer la absorbancia a 519nm.
8. Realizar los cálculos correspondientes.

- Determinar los  $\mu\text{g}$  de P del ácido fítico /ml:

$$P = \frac{(x * E)}{T}$$

##### Dónde:

x = valor obtenido de la ecuación despejada.

E= equivale a 660.08g (1 mol de ácido fítico).

T= equivale a 185.82g (6 moles de P).

P=  $\mu\text{g}$  de P del ácido fítico /ml.

- Determinar el porcentaje de ácido fítico:

$$\% \text{ Acido fítico} = \frac{P * 100}{\frac{\text{Muestra}}{\text{ml HCL}}}$$

### 2.3.10.2. Cuantificación de taninos

#### Fundamento:

Se basa en la extracción de los taninos hidrolizables y condensados (fenoles totales) mediante dimetilformamida al 75% y la posterior reducción del ion férrico debido a los iones polifenoles con la subsiguiente formación de un complejo colorido en condiciones alcalinas, cuantificando espectrofotométricamente a 525 nm (ISO, 1998).

#### Preparación de la muestra:

1. Pesar 1 g de la muestra.
2. Adicionar DMF.
3. Agitar durante 1 hora y dejar reposar durante 15 minutos.
4. Centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos.
5. Tomar 1 ml de la muestra del sobrenadante, ajustar el volumen a 6 ml con agua destilada, 1 ml de citrato férrico (17-20%), 1 ml de amoniaco.
6. Leer la absorbancia a 525nm y realizar los cálculos correspondientes.

$$\% \text{ Taninos} = \frac{X}{m} * 100$$

Donde:

X: Valor obtenido

m: Peso de la muestra

### 2.3.10.3. Cuantificación de inhibidores de tripsina

#### Fundamento:

La técnica se basa en poner en contacto con el extracto acuoso o diluido de una muestra con una solución estándar de tripsina. Posteriormente se determina la actividad proteolítica remanente utilizando un compuesto sintético (benzol-arginina-nitroanilide) (BAPNA), el cual producirá coloración, que es inversamente proporcional al contenido de inhibidores de tripsina y que se lee en el espectrofotómetro a una  $\lambda = 410\text{nm}$  (Kakade *et al.*, 1974).

#### Preparación de la muestra:

1. A 1 g de muestra molida y desengrasada, adicionarle NaOH 0.01N; se ajusta el pH a 9.6, agitar por un tiempo de 2 horas con 30 minutos a 300 rpm. Después se deja en reposo por 30 minutos y centrifugar 5 minutos a 5000 rpm.
2. Se toman porciones de 0, 0.6, 1, 1.4, y 1.8 ml del extracto anterior ajustando el volumen a 2.0 ml con agua destilada.
3. Adicionar solución estándar de tripsina y agitar. Se mantiene en contacto inhibidor de tripsina-tripsina por 10 minutos en un baño de 37° C.
4. Adicionar 5 ml de solución BAPNA cada 30 segundos a los 5 tubos. Se mantiene dicha mezcla de reacción por 10 minutos exactamente.
5. Adicionar ácido acético al 30% para detener la reacción.
6. La lectura en el espectro se realiza a  $\lambda = 410\text{nm}$ .
7. Se grafican (x) los ml del extracto vs (y) UTI/ml para la regresión lineal.
8. La r debe ser mayor a 0.9 y si es así, se sustituye el valor de la ordenada al origen (b) en la siguiente ecuación:

$$B \times \text{Factor} \times \frac{\text{vol. aforomuestra}}{\text{mgdemuestra}} = \frac{\text{UTI}}{\text{mgdemuestra}}$$

B= Ordenada al origen

Factor= Factor de dilución

### 2.3.11. Análisis Estadístico

Todas las pruebas se realizaron por triplicado, obteniendo promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para el análisis de los promedios se utilizó la prueba de rango múltiple t-student con un nivel de significancia de 0,05.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis Químico Proximal de la materia prima

Se analizó a las materias primas (harina de trigo y harina de chía), para comparar la composición química de cada una de ellas (Tabla 33).

Tabla 33. Análisis químico proximal de las harinas de trigo y chía utilizadas como materias primas

Materia Prima	Composición Química					
	Humedad %	Proteínas %	Grasa %	Cenizas %	Fibra %	Carbohidratos % <sup>x</sup>
Harina de trigo	12.6 ± 0.1 <sup>a*</sup>	8.96 ± 0.015 <sup>a*</sup>	1.11 ± 0.01 <sup>a*</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>a*</sup>	0.72 ± 0.014 <sup>a*</sup>	76.12
Harina de chía	7.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	19.19 ± 0.01 <sup>b</sup>	30.56 ± 0.64 <sup>b</sup>	3.65 ± 0.025 <sup>b</sup>	35.14 ± 0.38 <sup>b</sup>	4.06

\* Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

<sup>x</sup>Obtenida por diferencia

El análisis proximal mostró que las harinas de trigo y de chía, tienen diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) en todos los parámetros evaluados.

Se destaca el mayor porcentaje de proteínas, grasa, cenizas y fibra en la harina de chía. Pero no sólo es la cantidad si no la calidad nutrimental de la chía, pues estudios realizados a la chía, señalan que su proteína presenta una buena calidad al tener todos los aminoácidos esenciales (Olivos-Lugo *et al.*, 2010); la composición de su grasa lo forman principalmente ácidos grasos insaturados (alrededor del 75% del total) y el linolenico es casi el 60%, este último de la serie omega-3 (Solís, 2006). Respecto a la fibra insoluble predominante en la chía, estudios demuestran que esta ayuda al funcionamiento del sistema digestivo y reducción de padecimientos como constipación, estreñimiento e incluso cáncer de colon (Vázquez, 2010).

Debido a lo descrito anteriormente se concluyó que, la harina de chía es una buena opción para complementar y mejorar la calidad nutrimental de las galletas que se elaboren con éstas materias primas.

## Galletas de Trigo y Chía

---

### 3.2. Elección de cuatro formulaciones para la elaboración de galletas con chía.

Para estandarizar el proceso primero se elaboró una galleta con 100% trigo, que sirvió como control (Figura 24) y también sirvió como formulación base.



**Figura 24.** Galleta a base de harina de trigo.

De todas las formulaciones con chía mencionadas en la metodología inciso 2.3.4.2 se seleccionaron cuatro, las cuales, se muestran en la Tabla 34 y en la figura 25 se muestran las galletas elaboradas con estas formulaciones.

**Tabla 34.** Formulación seleccionadas para la elaboración de galletas a base de harina de trigo y chía.

Ingredientes	Formulaciones (%)			
	80HT:20HCH*	70HT:30HCH	60HT:40HCH	50HT:50HCH
<b>HT</b>	37	32.37	27.74	23.12
<b>HCH</b>	9.24	13.87	18.5	23.12
<b>Azúcar</b>	18.48	18.48	18.48	18.48
<b>Margarina</b>	17	17	17	17
<b>Cocoa</b>	8.01	8.01	8.01	8.01
<b>Huevo</b>	7.4	7.4	7.4	7.4
<b>Royal</b>	2.77	2.77	2.77	2.77
<b>Sal</b>	0.1	0.1	0.1	0.1

\*(HT: Harina de Trigo y HCH: Harina de Chía)

## Galletas de Trigo y Chía



**Figura 25.** Galletas a base de harina de trigo y chía proporción: A) 80HT:20HCH, B) 70HT:30HCH, C) 60HT:40HCH y D) 50HT:50HCH (HA: Harina de Trigo y HCH: Harina de Chía)

### 3.3. Pruebas de calidad galletera

Esta prueba se realizó tanto a la galleta elaborada con la formulación control de trigo, como a las cuatro formulaciones con chía propuestas. Se evaluaron los siguientes parámetros físicos: peso, diámetro y altura y los dos últimos determinaron el factor galletero (Tabla 35).

**Tabla 35.** Resultados de la calidad galletera de los productos elaborados con las diferentes formulaciones, a base de harina de trigo y las mezclas de harina de trigo y harina de chía.

Formulaciones	Peso (g)	Diámetro (cm)	Grosor(cm)	Factor Galletero (D/A)
<b>100%Trigo</b>	29 <sup>a*</sup>	5.83 ± 0.25 <sup>a*</sup>	1.13 ± 0.05 <sup>a*</sup>	5.16 <sup>a*</sup>
<b>80%Trigo: 20% Chía</b>	27 <sup>a</sup>	6.06 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.05 <sup>a</sup>	6.51 <sup>b</sup>
<b>70%Trigo: 30% Chía</b>	29 <sup>a</sup>	6.23 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.05 <sup>a</sup>	6.67 <sup>b</sup>
<b>60%Trigo: 40%Chía</b>	28 <sup>a</sup>	5.83 ± 0.25 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.03 <sup>a</sup>
<b>50%Trigo: 50%Chía</b>	27 <sup>a</sup>	6.13 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.90 ± 0 <sup>a</sup>	6.81 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa (P≤0.05)

En la tabla 35 se observa que las diferentes galletas tienen un factor galletero entre el rango 5-7 considerándolas

## Galletas de Trigo y Chía

---

unas galletas regulares (González *et al.*, 2008). Siendo la formulación 50:50 la que presentó el mayor factor galletero, lo que permite considerarla como la mejor galleta de las elaboradas (González *et al.*, 2008)

Las formulaciones (80:20, 70:30 y 50:50) presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) en su composición química con respecto a la galleta control pero la formulación 60:40 no presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ).

La poca elasticidad de la masa que contiene a la chía, además de su alto porcentaje de grasa y carencia de gluten, genera plasticidad y cohesividad obteniendo una masa más fuerte (Barrera, 2012), lo que en teoría debía impedir el correcto desarrollo de la masa y su expansión, reflejándose en una mayor grosor y menor diámetro dando como resultado un menor factor galletero (Díaz, 2011). Sin embargo, de acuerdo a los resultados (Tabla 35) esto no sucedió así, debido a que se obtuvo un menor factor galletero en la galleta control.

Esto pudiera explicarse porque, estudios realizados indican que el mucílago de la chía actúa en la masa de un pan dándole mayor capacidad de retención de agua y menor pérdida de la misma durante la cocción, además se demostró que también favoreció el logro de panes con mayor volumen y levantamiento de masa, resultando estos de menor densidad, lo que significó que el pan presentara mayor elasticidad y esponjosidad (Garda *et al.*, 2012). Por lo tanto, en las galletas se pudo haber presentado una masa más suave, reflejándose en una correcta expansión y de manera consecuente en un mayor diámetro de la galleta, y por eso se obtuvieron valores mayores de factor galletero además de que este fue aumentado al elevar la concentración de harina de chía.

Por otra parte, de acuerdo a su composición de fibra insoluble, estudios señalan que a mayores cantidades de fibra insoluble la capacidad de absorber grasa aumenta, contribuyendo a servir como emulsificante, produciendo una galleta suave con mayor expansión reflejándose en un mayor factor galletero (AACC 10-50.05).

## Galletas de Trigo y Chía

Por lo general, esta grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos (Fuente, 2012), por lo tanto, durante la elaboración de la galleta, principalmente en la etapa del amasado se pudo haber presentado este fenómeno.

### 3.4. Análisis Químico Proximal del producto.

Una vez realizada la prueba de calidad galletera, se evaluaron las cuatro formulaciones 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50 con proporción harina de trigo y chía respectivamente mediante un análisis químico proximal. Los resultados se muestran en la Tabla 36 comparándola con la muestra control.

**Tabla 36.** Resultados del Análisis Químico Proximal realizado a las galletas elaboradas con las diferentes formulaciones propuestas.

Muestras	Humedad %	Proteínas %	Grasa %	Cenizas %	Fibra %	CHOS%
<b>Control (100%Trigo)</b>	7.08 ± 0.21 <sup>a*</sup>	8.10 ± 0.02 <sup>a*</sup>	17.35 ± 0.28 <sup>a*</sup>	0.73 ± 0.05 <sup>a*</sup>	2.72 ± 0.25 <sup>a*</sup>	64.02 <sup>a*</sup>
<b>80%Trigo: 20%Chia</b>	2.85 ± 0.17 <sup>b</sup>	8.24 ± 0.01 <sup>ab</sup>	20.25 ± 0.87 <sup>ab</sup>	3.86 ± 0.03 <sup>b</sup>	9.3 ± 0.42 <sup>b</sup>	52.52 <sup>b</sup>
<b>70%Trigo: 30%Chia</b>	6.14 ± 0.13 <sup>ab</sup>	8.31 ± 0.02 <sup>ab</sup>	18.03 ± 0.03 <sup>ab</sup>	4.09 ± 0.03 <sup>b</sup>	11.97 ± 0.17 <sup>c</sup>	51.46 <sup>b</sup>
<b>60%Trigo: 40%Chia</b>	5.89 ± 0.17 <sup>b</sup>	9.58 ± 0.01 <sup>bc</sup>	20.41 ± 0.13 <sup>b</sup>	3.86 ± 0.12 <sup>b</sup>	13.14 ± 0.26 <sup>c</sup>	47.12 <sup>b</sup>
<b>50%Trigo: 50%Chia</b>	4.33 ± 0.045 <sup>c</sup>	10.97 ± 0.06 <sup>c</sup>	19.79 ± 0.25 <sup>ab</sup>	4.99 ± 0.036 <sup>c</sup>	13.49 ± 0.37 <sup>c</sup>	46.43 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que la formulación 50:50 presentó diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) con las formulaciones restantes, presentando el mayor contenido de cenizas.

Con respecto al contenido de proteína y fibra, la galleta control (100% trigo) presentó diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) con las demás formulaciones teniendo el mayor porcentaje de proteína y fibra, la formulación 50:50 y la galleta control fue la que tuvo menor contenido de estos nutrientes.

Por otra parte, con respecto al porcentaje en carbohidratos de la galleta control, ésta presentó diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) con las demás formulaciones, obteniendo el mayor porcentaje. Por el contrario, el porcentaje de grasa de las formulaciones con mezclas de harina de trigo y chía no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) con la galleta control, a excepción de la

## Galletas de Trigo y Chía

---

formulación 60:40. El contenido de grasa es similar en todas las formulaciones porque, además de la que contiene la harina de chía siendo esta mayoritaria con respecto a la harina de trigo, se adicionó grasa vegetal (Tabla 35 pag. 64) en la misma proporción a todas las formulaciones para mejorar su textura y sabor.

De acuerdo a lo anterior, la muestra que presentó el mayor contenido de proteínas, cenizas, fibra y las más altas en grasa fue la formulación (50% Trigo: 50% Chía negra) con respecto a la de control, esto se debió a que dicha formulación tenía el más alto contenido de harina de chía. Por lo que, se comprobó que al incorporar harina de chía en la formulación para elaborar galletas, resulta en un producto con mayor porcentaje de proteína, fibra, minerales y con un aporte de grasas esenciales para el hombre, y menor contenido de carbohidratos que una galleta común de trigo, lo cual nos indica que su calidad nutrimental se incrementó.

### 3.5. Evaluación Sensorial (Prueba de Preferencia)

En la tabla 37 se presentaron las puntuaciones obtenidas de acuerdo a la calificación otorgada a cada una de las formulaciones propuestas, mediante una prueba de preferencia realizada a 97 jueces no entrenados aplicando un cuestionario (Anexo 1), para elegir la galleta con la mejor formulación.

**Tabla 37.** Resultados de la prueba de preferencia de acuerdo a las calificaciones otorgadas por los jueces.

<b>Formulaciones</b>	<b>Puntuación</b>
80HT:20HCH	280 <sup>a*</sup>
70HT:30HCH	229 <sup>b</sup>
60HT:40HCH	209 <sup>c</sup>
50HT:50HCH	252 <sup>a</sup>

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

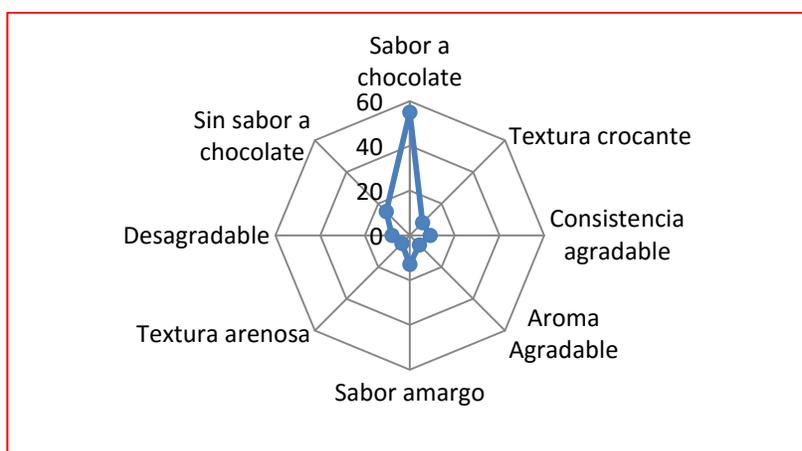
Con respecto a los resultados (Tabla 36), se observa que las formulaciones 80HT:20HCH y 50HT:50HCH fueron las que obtuvieron los mayores porcentajes de aceptación y no presentan diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ), por lo que, se decidió seleccionar la formulación con mayor porcentaje de chía (50:50) debido a que el objetivo de este proyecto es elaborar una galleta a base de chía para elevar su valor nutrimental. A dicha formulación, se le realizarán pruebas de calidad sensorial para determinar la aceptación del producto por parte del consumidor.

## Galletas de Trigo y Chía

De acuerdo a los descriptores de la prueba sensorial por parte de los jueces, caracterizaron a la galleta con un sabor a chocolate amargo, así como también, un sabor artificial. De acuerdo a su textura las calificaron como duras, suaves, arenosas, cremosas y crocantes. Dichos atributos fueron agradables para el consumidor.

Por otra parte, algunos jueces mencionaron que las galletas no presentaban sabor a chocolate o que todas las muestras tenían el mismo sabor. Pero las galletas fueron de su agrado.

Se muestra gráficamente los descriptores otorgados por los jueces durante la prueba sensorial (Figura 26).



**Figura 26.** Resultado de los descriptores otorgados por los jueces durante la prueba de evaluación sensorial de preferencia.

### 3.6. Prueba de la determinación nutrimental de la galleta

#### 3.6.1. Cuantificación de triptófano

La cantidad de triptófano presente en la galleta control y formulación elegida se muestran en la Tabla 38 comparadas con harina de chía.

## Galletas de Trigo y Chía

**Tabla 38.** Valores obtenidos de triptófano de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50).

Muestra	Cuantificación de triptófano (g try/100g de proteína)
Harina de chía negra	1.17 ± 0.09 <sup>a*</sup>
Galleta control (100% trigo)	1.05 ± 0.006 <sup>a</sup>
Galleta formulación (50% trigo : 50% chía)	1.09 <sup>a</sup>

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

Se observa que ninguna muestra presentó diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) con respecto al contenido de triptófano. Sin embargo la harina de chía presentó mayor porcentaje de triptófano, lo cual es bueno pues es indispensable para que la glándula pineal segregue la serotonina, la cual, es un neurotransmisor cerebral precursora de la hormona de la melatonina, que a su vez es vital para la regulación del ciclo diario de sueño-vigilia.

En base en los resultados, la harina de chía y la formulación 50:50 presentaron el 1.17g y 1.09g de triptófano respectivamente, superior a la reportada para harina de chía desgrasada con 0.95g try/100g proteína y para FRP (fracción rica en proteína) de chía con 0.8g try/100g proteína (Vázquez *et al.*, 2010), pero similar a la reportada por la FAO, que fue de 1.1g try/100g proteína.

### 3.6.2. Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* se muestra en la Tabla 39.

**Tabla 39.** Valores obtenidos de digestibilidad *in vitro* de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50)

Muestra	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)
Harina de chía	82.84 ± 0.47 <sup>a*</sup>
Galleta control (100% trigo)	79.09 ± 0.34 <sup>a</sup>
Galleta formulación (50% trigo : 50% chía)	90.22 ± 0.22 <sup>a</sup>

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

## Galletas de Trigo y Chía

En base a los resultados obtenidos, en ninguna de las muestras presentó diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la digestibilidad *in vitro*.

La harina de chía y la galleta con formulación 50:50, presentaron una digestibilidad *in vitro* superior a la reportada para la FRP de chía con 77.53% (Vázquez *et al*, 2010), lo que muestra un alto nivel de digestibilidad. Este valor de digestibilidad es un indicador de la calidad nutrimental de las proteínas de semilla de chía y puede estar asociado a la estructura de éstas, al tener diferencias en estructura terciaria y cuaternaria presentan diferente susceptibilidad a las enzimas proteolíticas (Sandoval, 2013).

### 3.7. Prueba de factores anti nutrimentales de la galleta

#### 3.7.1. Cuantificación de ácido fítico

En la Tabla 40 se presentan los resultados obtenidos de ácido fítico presente en las diferentes muestras evaluadas.

**Tabla 40** Valores obtenidos de ácido fítico de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50)

Muestra	% Ácido fítico
Harina de chía negra	$2.13 \pm 0.014^{a*}$
Galleta control (100% trigo)	ND
Galleta formulación (50% trigo : 50% chía)	$1.29 \pm 0.026^b$

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

ND: No detectado.

Se observa en el caso de la galleta control elaborada con 100% de harina de trigo, no se detectó ácido fítico, esto debido a que, en la mayoría de los cereales como el trigo, el ácido fítico se encuentra en cubiertas externas de la semilla, y por lo tanto la molienda normal, para obtener harina al separar el salvado y cascarilla, eliminando la fuente de ácido fítico (Mendoza, 2001).

La disminución del contenido de ácido fítico pudo deberse a un factor de dilución con harina de trigo y/o al tratamiento térmico al que fue sometida la galleta en el horneado.

## Galletas de Trigo y Chía

---

Por otra parte, la formulación 50:50 mostró diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a la harina de chía que fue la muestra que presentó el mayor porcentaje de ácido fítico en niveles elevados, desde 1.7% e harina de cacahuete, pero inferior a la reportada en semilla de algodón con 4.8% (Olavarria, 2005).

Sin embargo, se ha reportado que el ácido fítico también tiene efectos positivos en la reducción del colesterol sérico y los triglicéridos, la supresión de la oxidación mediada por el hierro y la prevención de algunos tipo de cáncer (Elizalde, 2009).

### 3.7.2. Cuantificación de taninos

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 41, todas las muestras presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ), ya que en la galleta control se tuvo un bajo contenido de taninos como era lo esperado debido a la ausencia de cascarilla. Y en el caso de la disminución de ácido tánico en la chía se aúna a que la galleta fue sometida a un tratamiento térmico (horneado) la cual puede justificar la disminución del porcentaje de taninos.

**Tabla 41.** Valores obtenidos de taninos de harina de chía y galletas (control y formulación 50:50)

Muestra	% Taninos
Harina de chía	$0.40 \pm 0.001^{a*}$
Galleta control (100% trigo)	$0.05 \pm 0.006^b$
Galleta formulación (50% trigo : 50% chía)	$0.31 \pm 0.003^c$

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

### 3.7.3. Cuantificación de inhibidores de tripsina

En la Tabla 42 se presentan los resultados obtenidos, en cuanto a inhibidores de tripsina, encontrados en las muestras evaluadas.

## Galletas de Trigo y Chía

**Tabla 42.** Valores obtenidos de inhibidores de tripsina en harina de chía y galletas (control y formulación 50:50)

Muestra	Inhibidores de tripsina (UTI/mg de muestra)
Harina de chía negra	1.31 ± 0.1 <sup>a*</sup>
Galleta control (100% trigo)	ND
Galleta formulación (50% trigo : 50% chía)	0.74 ± 0.07 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras entre renglones indican diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ )

En base a los resultados obtenidos, se observó que en la galleta control no fue detectado inhibidores, por otra parte, se presentó diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a los resultados de harina de chía y de la galleta formulación 50:50.

Cuando la concentración de los inhibidores de tripsina sobrepasa las 10 UTI/mg de muestra, se considera el alimento como no apto para la alimentación humana, ya que no permiten la adecuada biodisponibilidad de ciertos nutrientes (Martínez, 2008). De acuerdo a lo anterior y a las concentraciones obtenidas (Tabla 42) de la materia prima y el producto elaborado, estos son aptos para transformación y consumo respectivamente.

Debido a que estos inhibidores son termolábiles, es decir que se destruyen por acción de la temperatura debido a su naturaleza proteica (Martínez, 2008). De acuerdo a las bajas concentraciones para harina de chía, y para galleta con formulación 50:50, se infiere, que durante el horneado se destruyó gran parte de estos inhibidores, obteniendo los resultados antes mencionados.

### 3.8. Evaluación sensorial (Prueba de nivel de agrado)

La prueba de nivel de agrado tiene como objetivo, de acuerdo a un criterio sensorial, si la muestra escogida como la mejor: 50% harina de trigo – 50% harina de chía, es aceptada o no por los consumidores, pues ésta prueba mide el grado de satisfacción de los consumidores. La prueba se realizó a 94 jueces no entrenados en un rango de edades de 18 a 50 años a los cuales se les dió a probar la galleta (Figura 27), posteriormente contestaron un cuestionario (Anexo 2) y se obtuvo como resultado

## Galletas de Trigo y Chía

---

que el 68.08% de ellos aceptó el producto y la calificación promedio obtenida fue de 7.13 (Tabla 42), lo cual indica que el producto fue agradable para el consumidor.

**Tabla 42.** Resultados de la prueba de nivel de agrado aplicado a la galleta seleccionada en la prueba de preferencia.

Galleta	Número de jueces	Calificación	Porcentaje de aceptación
Formulación (50 % Trigo – 50% Chía)	94	7.13	68.08%



Figura 27. Galleta a base de trigo y chía, sabor chocolate

Como parte de la prueba se les pidió a los jueces que describieran el por qué de su decisión de aceptar este producto. En la figura 27 se muestran algunos de los descriptores que resultaron de los jueces y se observa que la mayoría dijo que la galleta tenía buen sabor y que presentaba el sabor a chocolate.

## Galletas de Trigo y Chía



**Figura 28.** Resultado de los descriptores otorgados por los jueces, durante la prueba de evaluación de nivel de agrado

Con estos resultados, se puede concluir que la galleta: 50% Harina de trigo – 50% Harina de chía, además de tener buena calidad galletera y de mejor calidad nutricional que una galleta de trigo común, si fue aceptada por los consumidores, y que puede representar una oportunidad para lanzarlo al mercado, incrementando el consumo en México de este producto, con el plus de ser un producto versátil y novedoso.

# CONCLUSIONES

- La chía utilizada como materia prima fue de mejor calidad química que la harina de trigo comercial seleccionada para la elaboración de la galleta y por lo tanto pudo usarse para complementarla.
- Se logró sustituir la harina de trigo por la harina de chía en un 50% para la elaboración de la galleta, obteniéndose un producto con buenas características físicas y sensoriales.
- La formulación, para elaborar galleta con chía, seleccionada fue 50% harina de trigo-50% harina de chía y tuvo mayor calidad nutrimental que la galleta control elaborada con trigo, ya que en su composición química tuvo mayor contenido de proteínas, lípidos, ceniza, fibra y bajo contenido de carbohidratos. Además, su digestibilidad y contenido de triptófano también fueron superiores a los del control. Por otro lado, los valores de inhibidores de tripsina, taninos y ácido fítico fueron bajos y se encontraron dentro del rango reportado en cereales y oleaginosas y sin riesgo para la salud. Por lo tanto, se logró mejorar la calidad nutrimental de la galleta de trigo usando chía.
- La galleta elaborada con 50% de chía tuvo una aceptación del 68% de los consumidores que la probaron, con una calificación de 7 en una escala del 1 al 10. Estos resultados sugieren que el consumo de este producto podría ser viable, y sobre todo porque podría distribuirse en el mercado como un producto novedoso y nutritivo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar a la galleta una prueba de perfil de aminoácidos y de ácidos grasos, para conocer con certeza la composición de la proteína y grasa que está aportando la chía.
- Sería recomendable realizar un estudio de mercado que describa de una manera más detallada la opinión de los consumidores acerca del consumo de este producto, y si realmente estarían dispuestos a adquirirlo si existiera en el mercado.
- Se recomienda realizar un estudio de factibilidad financiera de la elaboración de la galleta de chía para saber su viabilidad económica y de producción.

# REFERENCIAS

- A.O.A.C. (2002). Official Methods of Analysis, Edited by Sidney Williams, 14 edition. REvisa la edición del 2002 ATCTucuman 2015. Asociación de transportes de carga. [Fecha de consulta 30 Agosto 2016] Disponible en: <<http://atctucuman.com.ar/sector-agropecuario-argentino-invertira-us-58-000-millones/>>
- Ayerza, R. & Coates, W. (1999). An  $\omega$ -3 fatty acid enriched chia diet: influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. *Canadian Journal of Animal Science*, 79(1), 53-58.
- Aranceta, M. González, M. & Jiménez, S. (2002). Alimentos funcionales y salud en la etapa infantil y juvenil. Editorial Médica Panamericana. España.
- Barrera, G.N. (2012). Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. *Agriscienta* [en línea]. XXIX(2). [Fecha de consulta: 30 Agosto 2016] Disponible en: <<file:///C:/Users/Chio/Downloads/3885-12088-1-SM.pdf>>
- BIE (2015). Banco de Información Económica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (en línea) [Fecha de consulta: 15 de Noviembre de 2016] Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>
- CANIMOLT. (2007). Cámara Nacional de la Industria Molinera de trigo. [Fecha de consulta: 29 de Agosto de 2016] Disponible en: <<http://www.canimolt.org>>
- CANAINPA. Cámara Nacional de la Industria Panificadora. [Fecha de consulta: 9 de Septiembre de 2016] Disponible en: <<http://www.canainpa.com.mx>>
- Corporán, P. (2010). Panadería y repostería. INFOTEP.
- Campagna F, Colombaroni M, Cutullè B, Berruti V, Robidarte M, Wiedemann A. (2012). Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas). Trabajo científico de investigación de alimentos. XVIII Encuentro Anual de Nutricionistas. 30 (138), 25-31.
- Díaz, M. T. (2012). Desarrollo de una formulación para galleta a base de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) con alta calidad nutricional. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán, UNAM, México D.F.
- Duarte, Anzaldo A.G. (2011). Propiedades reológicas en disolución acuosa del mucílago extraído de la semilla de chía (*Salvia hispanica L.*). Tesis de Licenciatura Química de Alimentos. UNAM, México, D.F.
- Fernández, Mosquera M (2010). Semilla de chía. [Fecha de consulta: 6 de Septiembre de 2016] Disponible en: <<http://www.semillasdechia.com/propiedades.html>>
- Ferrari, Felisberto M.H, Adriana L.W, Cristiane Rodríguez G.R, María Teresa Pedrosa S.C, Yoon K.C & Caroline J.S. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *Food Science and Technology*. 63, 1049-1055
- Gaytán, Juan F. C, David N. G, Araceli M. S, José V. M, Froylán R. S y Flavio A. C (2013) Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México.

## Galletas de Trigo y Chía

---

- Gil, Hernández Ángel. (2010). Tratado de nutrición. Tomo II Composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2ª edición. Editorial Médica Panamericana. pp. 119-120.
- Gimferrer, Morató Natália. (2007). Galletas, variedades al gusto. *Eroski Consumer*. [Fecha de consulta: 13 de Septiembre de 2016] Disponible en: <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/tendencias>
- González L. A, Bautista R. I, Pineda S. H, Suazo A. S. (2008). Manual de prácticas de ciencia y tecnología de alimentos II. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional.
- Guerrero, García Andrés. (1984). Cultivos herbáceos extensivos. 3ª edición. Editorial Mundi-Prensa. pp 27-29
- Ixtaina, Vanesa Y. 2010. Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispanica L*) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Banco de Información Económica (en línea). [Fecha de consulta: 22 de Agosto de 2016] Disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Jaramillo Garcés, Y. (2013). La chía (*Salvia hispanica L.*), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. Tesis Doctoral, Corporación Universitaria Lasallista.
- Los alimentos (s.f), Información general acerca de la harina de trigo . [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2016] Disponible en: <http://alimentos.org.es/harina-trigo>.
- Luna, Pizarro Patricia, Eveline L. A. Norma C.S & Yoon K.C. (2013). Evaluation of whole chia (*Salvia hispanica L.*) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. *Food Science and Technology*. 54, 73-79.
- Manley, Duncan J. (1983). Tecnología de la industria galletera. Galletas, crackers y otros horneados. Editorial Acribia, S.A.
- Martínez, Cruz Oliviert & Octavio Paredes López (2014). Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia hispanica L.*) by ultra high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*. 1346, 43-48.
- Mataix, Verdú José. (2003). Tabla de composición de alimentos. 4ª edición. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos Universidad de Granada. pp. 93, 472, 486, 494.
- Mesa (2015). 28 millones de niños mexicanos y sus hábitos de consumo [en línea]. *Editorial Merca2.0*.2015. [Fecha de consulta: 12 de Septiembre de 2016] Disponible en :<<http://www.merca20.com/28-millones-de-ninos-mexicanos-y-sus-habitos-de-consumo/>>
- Murray, M.T. Pizzorno, J.E. & Pizzorno, L. (2005). *The encyclopedia of healing foods*. Simon and Schuster.
- NMX-F-006-1983. ALIMENTOS. GALLETAS. FOOD. COOKIE. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- NMX-F-516-1992. ALIMENTOS. PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN. CLASIFICACIÓN Y DEFINICIONES.
- Olivos-Lugo, B.L., Valdivia-López, M.A. & Tecante, A. 2010. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica L.*). *Food Science and Technology International*. 16, 89-96.
- Osca, Lluch José María. (2007). Cultivos herbáceos extensivos: Cereales. Editorial de la UPV. pp 90-95.
- Serna Saldivar O.S.R. (2013). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. 2ª edición, México D.F. Editorial AGT, S.A. 695 pp.
- OEIDRUS (s.f). Baja California. Trigo situación nacional [Fecha de consulta: 15 de Septiembre de 2016] Disponible en: <[www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/.../Nacional2.pdf](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/.../Nacional2.pdf)>

## Galletas de Trigo y Chía

---

- Quaglia, Giovanni (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acribia, S.A.
- Rimache, Artica Mijail. (2008). Cultivo del Trigo, Cebada y Avena. 1ª edición. Empresa Editora Macro. E.I.R.L. pp 9-16.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). [Fecha de consulta: 28 de Agosto de 2016]. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/trigo-grano/>,<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>>
- Solís, Fuentes Julio A. 2006. Al rescate de la chía, una planta alimenticia prehispánica casi olvidada. *La ciencia y el hombre* [en línea]. XIX(3) [Fecha de consulta: 28 de Septiembre de 2016] Disponible en: <<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num3/articulos/chia/>>
- Vázquez, Ovando J.A, J.G. Rosado-Rubio, L. A. Chel-Guerrero & D. A. Betancur-Anconaet (2010) Procesamiento en seco de harina de chía (*Salvia hispanica L*): caracterización química de fibra y proteína. *CyT-Journal of Food*. 8(2), 117-127.
- Villegas, Los cereales y el gluten (2015) [Fecha de consulta 14 de Septiembre de 2016] Disponible en: < <http://dieta-paleolitica.blogspot.mx/2015/05/los-cereales-y-el-gluten.html> >

**ANEXO 1**

**CUESTIONARIO PRESENTADO PARA LA PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA**

**PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA DE GALLETA SABOR CHOCOLATE**

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: H M Fecha: \_\_\_\_\_

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba y posteriormente entre degustación consuma una porción de la galleta y agua.

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y ordene según su preferencia, otorgándole un valor del 1 al 4, considerando que 1= es la que menos gusta y 4= es la que más gusta. No se permiten empates. En el espacio de abajo, explique brevemente porqué tomó esa decisión.

MUESTRAS                    0812   3007   6940   5305

VALOR                        \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_

¿Porqué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¡GRACIAS!

**HOJA DE RESPUESTAS DE LA PRUEBA SENSORIAL**

No de Juez	812	3007	6940	5305
1	1	4	3	2
2	4	1	3	2
3	3	2	4	1
4	1	3	2	4
5	2	1	3	4
6	1	3	2	4
7	1	2	4	3
8	2	3	4	1
9	1	2	4	3
10	3	4	1	2
11	3	4	1	2
12	1	3	2	4
13	1	2	3	4
14	2	1	3	4
15	3	1	2	4
16	1	3	2	4
17	1	2	4	3
18	3	2	1	4
19	4	2	1	3
20	4	2	1	3
21	4	3	1	2
22	4	1	2	3
23	2	3	1	4
24	1	3	2	4
25	4	3	1	2
26	4	2	3	1
27	4	1	2	3
28	4	1	2	3
29	4	2	3	1
30	4	1	2	3
31	4	2	1	3
32	4	3	1	2
33	4	2	1	3
34	4	3	1	2
35	4	2	3	1
36	4	1	2	3

## Galletas de Trigo y Chía

---

37	4	3	1	2
38	4	1	2	3
39	4	3	2	1
40	4	1	2	3
41	4	2	3	1
42	4	2	3	1
43	4	1	2	3
44	4	2	1	3
45	4	1	3	2
46	3	1	2	4
47	3	4	2	1
48	3	4	1	2
49	4	2	3	1
50	4	3	2	1
51	4	2	3	1
52	4	1	3	2
53	4	3	1	2
54	4	1	2	3
55	4	1	3	2
56	3	1	2	4
57	3	4	2	1
58	4	1	3	2
59	4	3	1	2
60	4	3	1	2
61	1	2	3	4
62	3	2	1	4
63	2	1	3	4
64	2	3	1	4
65	4	3	2	1
66	3	4	1	2
67	3	2	1	4
68	1	2	4	3
69	4	1	2	3
70	1	4	2	3
71	2	4	1	3
72	3	2	1	4
73	1	4	2	3
74	3	4	1	2
75	1	2	4	3
76	3	1	2	4
77	3	4	2	1
78	3	1	4	2
79	4	3	2	1

## Galletas de Trigo y Chía

---

<b>80</b>	1	3	2	4
<b>81</b>	3	4	1	2
<b>82</b>	3	4	1	2
<b>83</b>	2	4	3	1
<b>84</b>	3	4	1	2
<b>85</b>	3	2	1	4
<b>86</b>	2	4	3	1
<b>87</b>	3	2	4	1
<b>88</b>	1	4	2	3
<b>89</b>	4	3	1	2
<b>90</b>	1	4	2	3
<b>91</b>	4	2	3	1
<b>92</b>	1	3	4	2
<b>93</b>	1	2	3	4
<b>94</b>	3	1	2	4
<b>95</b>	2	1	3	4
<b>96</b>	1	2	4	3
<b>97</b>	3	1	2	4
<b>Puntuación</b>	<b>280</b>	<b>229</b>	<b>209</b>	<b>252</b>

**ANEXO 2**

**CUESTIONARIO PRESENTADO PARA LA PRUEBA SENSORIAL DE PREFERENCIA**

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: H M Fecha: \_\_\_\_\_

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba.

INSTRUCCIONES: Pruebe la galleta y sobre la línea indique con una “X” su nivel de agrado hacia el producto..  
En el espacio de abajo, explique brevemente porqué tomó esa decisión.

**Escala**

\_\_\_\_\_

¿Porqué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¡GRACIAS!

**Hoja de respuesta de la prueba sensorial de nivel de agrado**

**Prueba de nivel de agrado para la galleta 50% harina de trigo – 50% Harina de chía.**

Escala de calificación:

0: Disgusta mucho

5: Es indiferente

10: Gusta mucho

## Galletas de Trigo y Chía

---

Juez (n)	Calificación	Juez (n)	Calificación
1	10	48	8.1
2	10	49	8.1
3	10	50	8
4	10	51	8
5	10	52	7.8
6	10	53	7.8
7	10	54	7.7
8	10	55	7.7
9	10	56	7.6
10	10	57	7.6
11	10	58	7.5
12	10	59	7.4
13	10	60	7.1
14	10	61	7.1
15	10	62	7
16	10	63	6.6
17	10	64	6.2
18	10	65	5.7
19	10	66	5.3
20	10	67	5.1
21	10	68	5
22	10	69	5
23	10	70	5
24	10	71	4.9
25	10	72	4.8
26	10	73	4.5
27	10	74	4.3
28	10	75	4.2
29	10	76	4
30	10	77	3.8
31	10	78	3.7
32	10	79	3.7
33	10	80	3.4
34	9.5	81	3.4
35	9.5	82	3.2
36	9.1	83	2.3
37	8.8	84	2.3
38	8.8	85	2.1
39	8.8	86	1.8
40	8.8	87	1.2
41	8.7	88	1
42	8.7	89	0.8
43	8.6	90	0
44	8.5	91	0

## Galletas de Trigo y Chía

---

45	8.3	92	0
46	8.2	93	0
47	8.2	94	0

**PROMEDIO: 7.13**

**PORCENTAJE DE ACEPTACION: 68.08%**