



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**“Elaboración de tulipas para helado a base de harina de trigo y  
harina de amaranto”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**CRUZ CASTILLO JOSÉ LUIS**

**ASESOR: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE**

**COASESORA: I.A VERÓNICA JIMÉNEZ VERA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, 2018**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

**Elaboración de tulipas para helado a base de harina de trigo y harina de amaranto.**

Que presenta el pasante: **José Luis Cruz Castillo**  
Con número de cuenta: **411094571** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de Septiembre de 2018.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	Q.F.B. Martha Patricia Zúñiga Cruz	
<b>VOCAL</b>	M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
<b>SECRETARIO</b>	Dr. Enrique Martínez Manrique	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M. en C. Araceli Ulloa Saavedra	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.A. Alberto Solís Díaz	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/javg/cga\*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres:*

*Por guiarme en este camino, por su apoyo, su dedicación, sus consejos, las sonrisas que me regalaban a lo largo de mi vida y por el buen humor que le ponían a la vida, aunque esta fuera adversa.*

*A mis hermanos:*

*Raúl, Elpidio, José Alberto y mi tocayo que es como mi hermano José Luis Castro por estar conmigo y haberme ayudado, Quizás pensábamos diferentes cosas, pero respetaban mis ideas.*

*A mis profesores:*

*Enrique Martínez y Verónica Jiménez por brindarme su apoyo, tiempo y por facilitarme sus conocimientos para lograr armar este trabajo.*

*A mis compañeros de taller.*

*Karem Hernández, Noemi Delgado, María Guadalupe Damián y María Celeste de la Cruz por ayudarme y por haber compartido este momento de mi vida, así mismo por haber hecho divertido el taller.*

*A mis amigos:*

*Cristopher Gutiérrez, Cesar Cedillo, Erick Rodríguez, Addy Victoria Gómez, Tania Paola García, Cesar Santiago, Cynthia Viridiana Robles, Marisol Barrón, Nora Cecilia Osornio y Lois Tejeda gracias a todos por haberme acompañado en esta etapa de mi vida, siempre los recordare con cariño, aprendí muchas cosas de ustedes, algunos momentos fueron agradables otros fueron tristes, pero siempre estuvieron ahí y solo les digo que siempre me llevaré lo mejor de cada uno de ustedes.*

*A mi Universidad:*

*Por darme la oportunidad de haber estado en sus aulas y por haberme ofrecido los mejores maestros de la vida y por enseñarme que el mundo te da una nueva oportunidad.*

*"Nunca desistas de un sueño. Solo trata de ver las señales que te lleven a él."*

*- Paulo Coelho*

## ***RECONOCIMIENTOS***

*El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos de la FES Cuautitlán, UNAM, como un proyecto del Taller Multidisciplinario de Procesos Tecnológicos de Cereales con el apoyo del programa PIAPI-1841*

*Trabajo realizado con el apoyo del programa UNAM-DGPA*

*PAPIME clave 200217*

## Contenido

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. ANTECEDENTES .....	4
1.1 TRIGO .....	4
1.1.1 Historia y generalidades del trigo .....	4
1.1.2 Partes del grano.....	5
1.1.3 Composición química del trigo .....	6
1.1.4 Clasificación del trigo en México .....	7
1.1.5 Harina de trigo.....	7
1.1.6 Producción del trigo en México.....	8
1.2 AMARANTO .....	10
1.2.1 Historia del amaranto .....	10
1.2.2 Composición química amaranto .....	12
1.2.3 Producción de amaranto en México.....	14
1.3 HELADO .....	16
1.3.1 Definición e historia de los helados.....	16
1.3.2 Historia del helado en México.....	16
1.3.3 Definición de cono .....	17
1.3.4 Historia de los conos de Helado .....	18
1.3.5 Tipos de conos para helado .....	19
1.3.6 Formas de conos para helado .....	20
1.3.7 Tulipa : Ingredientes y función .....	21
1.4 Relación de la harina de trigo en la salud .....	23
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL .....	25
2.1 Cuadro Metodológico .....	26
2.2 Metodología.....	27
2.2.1 Materiales y métodos .....	27
2.2.2 Preparación de la muestra.....	27
2.3 Análisis químico proximal a las harinas de trigo y amaranto .....	28
2.3.1 Determinación de Humedad. Secado en estufa (925.09). .....	28
2.3.2 Determinación de extracto etéreo. Soxhlet (920.39). .....	28
2.3.3 Determinación de proteína. Micro Kjeldahl (954.01).....	29

2.3.4	Determinación de cenizas. Incineración directa (923.03).	29
2.3.5	Determinación de fibra cruda. Weende (989.03)	30
2.3.6	Determinación de Carbohidratos.	30
2.3.7	Formulación de la tulipa control	30
2.4	Formulaciones propuestas para la elaboración de las tulipas	33
2.5	Metodología para la evaluación sensorial	34
2.6	Análisis químico proximal	34
2.7	Determinación de parámetros nutrimentales	34
2.7.1	Determinación espectrofotométrica de triptófano	34
2.7.2	Digestibilidad <i>in vitro</i>	35
2.8	Determinación de factores Antinutrimentales	35
2.9	Determinación de la relación de eficiencia protéica (PER)	37
2.10	Evaluación sensorial	39
2.11	Análisis estadístico	39
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1	Análisis químico proximal de la materia prima	40
3.2	Prueba sensorial de preferencia	41
3.3	Análisis químico proximal de tulipas elaboradas con las formulaciones seleccionadas	41
3.4	Prueba de resistencia mecánica	42
3.5	Pruebas de calidad nutrimental	43
3.6	Análisis de compuestos anti-nutrimentales	43
3.7	Prueba de eficiencia protéica (PER)	44
3.8	Prueba sensorial de nivel de agrado	45
4.	CONCLUSIONES	47
5.	RECOMENDACIONES	48
6.	BIBLIOGRAFIA	49
ANEXO 1		54
ANEXO 2		55
ANEXO 3		58
ANEXO 4		59

## Índice de figuras

Figura 1.Trigo .....	4
Figura 2.Partes del grano de trigo.....	5
Figura 3.Estados productores de trigo .....	9
Figura 4.Amaranto .....	10
Figura 5.Micrografia del grano de amaranto .....	11
Figura 6.Estados productores de amaranto .....	15
Figura 7.Cono de pasta .....	19
Figura 8.Cono de azúcar .....	19
Figura 9.Cono de galleta .....	19
Figura 10.Cono clásico.....	20
Figura 11.Cono taza .....	20
Figura 12.Cono vaso .....	20
Figura 13.Cono cesto .....	20
Figura 14.Formas de cono .....	21
Figura 15.Molino de cuchillas marca Thomas-Wiley .....	27
Figura 16.Diagrama de proceso para la elaboración de Tulipas .....	31
Figura 17.Enfriado y tulipa control .....	32

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Porcentaje de los constituyentes químicos del trigo en sus principales partes morfológicas (valores dados en base a 13% de humedad) .....	6
<b>Tabla 2.</b> Composición química de la harina de trigo .....	8
<b>Tabla 3.</b> Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (%) .....	12
<b>Tabla 4.</b> Composición química de la semilla de Amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca) .....	13
<b>Tabla 5.</b> Contenido y cómputo de aminoácidos de la proteína de amaranto (mg de aminoácidos/ g de proteína).....	14
<b>Tabla 6.</b> Formulación base 100% (HT) para la elaboración de una Tulipa. ....	31
<b>Tabla 7.</b> Formulaciones para elaborar Tulipas con harinas de trigo y amaranto agregando gluten. ....	33
<b>Tabla 8.</b> Análisis químico proximal de las harinas de trigo y amaranto.....	40
<b>Tabla 9.</b> Evaluación sensorial de preferencia a las tulipas seleccionadas.....	41
<b>Tabla 10.</b> Análisis químico proximal de tulipas, formulaciones seleccionadas, tulipa control y tulipa comercial. ....	41
<b>Tabla 11.</b> Resultados de resistencia, peso y grosor. ....	42
<b>Tabla 12.</b> Pruebas de calidad nutrimental en tulipas .....	43
<b>Tabla 13.</b> Contenido de factores anti-nutrimientales en las tulipas .....	44
<b>Tabla 14.</b> PER (relación de eficiencia proteica) .....	45
<b>Tabla 15.</b> Prueba de nivel de agrado de la Tulipa de amaranto seleccionada. ....	45

## RESUMEN

Actualmente en el mundo se buscan alimentos que sean cada vez más sanos y que aporten un mayor valor nutrimental. Los cereales, son alimentos de consumo muy común en la población humana ya sea consumiéndolo en productos como pan, pastas, galletas, botanas entre otros o de forma directa. Por otro lado, el cereal con más demanda es el trigo para productos de panificación, este mismo se utiliza para la elaboración de bases (tulipas) para helado, sin embargo, estos productos tienen baja calidad nutrimental. Por lo tanto, una alternativa para mejorar estos productos es elaborarlos mezclados con harinas de otros granos de mayor calidad nutrimental, como es el caso del grano de amaranto. Por esta razón se planteó en este proyecto realizar una base (tulipa) para helado con harina de trigo y harina de amaranto, para obtener un producto con una mejor calidad nutrimental. Primero se propusieron cuatro formulaciones para elaborar la tulipa con distintos porcentajes de harina de trigo y harina de amaranto [80:20] %, [70:30] %, [60:40] %, [50:50]% respectivamente, sin embargo, la estructura de la base tipo galleta mostró rupturas por lo que se realizó una reformulación con una mezcla de harina de trigo, harina de amaranto y gluten vital con las siguientes concentraciones: [70:20:10] %, [60:30:10] %, [50:40:10] %, [40:50:10]% respectivamente. Se realizó una prueba sensorial de preferencia para seleccionar la mejor formulación, donde las mezclas con mayor preferencia fueron [70:20:10] % y [40:50:10] % trigo, amaranto y gluten respectivamente. A las dos formulaciones seleccionadas se les determinó su Digestibilidad *in vitro*, contenido de triptófano y la determinación de factores antinutrimientales. La formulación con mayor valor nutrimental con respecto al contenido protéico fue [40:50:10] %, por lo que se evaluó su Relación de Eficiencia Proteica (1.44) y también se realizó una prueba sensorial de nivel de agrado. Los resultados mostraron que la formulación [40:50:10]% presentó mejor calidad nutrimental, que una tulipa comercial y una tulipa de trigo, ya que la tulipa con amaranto presenta mayor cantidad de proteínas, lípidos, fibra y de parámetros nutricionales, así como bajo contenido de carbohidratos. Por último, se observó que la tulipa tuvo una aceptación del 95.55% de los jueces no entrenados con una calificación del 9.21 en una escala del 1 al 10.

## INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y la obesidad constituyen un serio problema de salud pública a nivel mundial debido a la dimensión que están adquiriendo en la sociedad, ya no solo en edades adultas sino también desde la edad infantil y juvenil. El problema se extendió en un tiempo relativamente breve, y se manifiesta con un número muy elevado de casos y con múltiples consecuencias negativas en la salud física e incluso en lo emocional (IIEG, 2017).

La organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (FAO) alertó sobre la necesidad de cambiar los hábitos alimenticios en México, en donde el 73% de la población adulta padece sobrepeso u obesidad (Excélsior 2018).

Los cereales son ricos en carbohidratos tanto de absorción rápida (tras la ingestión pasan a la sangre en poco tiempo) como de absorción lenta (fibra). El contenido de la fibra varía según el proceso industrial de preparación. Por otra parte, el contenido protéico de los cereales es muy variable, entre un 6 y un 16% del peso, dependiendo del tipo del cereal y del procesamiento industrial (Saludadia, 2018).

La composición en aminoácidos de las proteínas de los cereales depende de la especie y variedad, en general son pobres en aminoácidos esenciales, por lo que se les cataloga de proteínas de moderada calidad biológica. El contenido en grasas de los cereales naturales es muy bajo (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera., 2017).

La industria del helado en México alcanzó un valor de 908 millones de dólares anuales, equivalente a más de 18 millones de pesos, y este sector registrará un crecimiento de 4.67 % entre 2017 a 2021, de acuerdo con datos proporcionados por firmas del sector (Universal, 2018) así mismo las bases para helado (tulipas) que acompañan a este producto en su consumo, van al alza en su preferencia y consumo.

Por otro lado, existen otros granos como el amaranto cuyas semillas contienen muchas proteínas y un aminoácido esencial, la lisina, que está contenida en bajos porcentajes en el trigo, el arroz y el maíz. Combinado con estos granos en harina o cereal, el amaranto proporciona una mejor calidad protéica. El amaranto tiene ciertas ventajas además de su riqueza protéica. Necesitamos menos agua que otras cosechas de grano y resulta ideal en regiones semiáridas. Sin embargo, carece de la proteína de gluten que ayuda a que el pan esponje y resulta mejor para la elaboración de galletas (Alejandre & Gómez, 1986).

Por ello el desarrollo de productos a base de amaranto se presenta como una alternativa tecnológica importante para diversificar el uso actual del mismo, contribuyendo por un lado a ampliar el mercado para una materia prima de alto valor nutritivo (Contreras *et al.*, 2010) y por otro, a elaborar productos alimenticios con mejor calidad nutrimental.

Es por ello que en el presente trabajo se desarrollará una formulación para elaborar una tulipa de trigo complementada con amaranto para mejorar su calidad nutrimental. Para lograrlo se llevará a cabo un análisis químico proximal de las principales materias primas, la harina de trigo y la harina de amaranto, posteriormente se propondrán diferentes formulaciones con las cuales se elaborarán las tulipas, se seleccionará de ahí la mejor formulación mediante una prueba sensorial de preferencia. A la mejor formulación se le evaluará la calidad nutrimental mediante un análisis químico, cuantificación de triptófano, digestibilidad *in vitro* y una prueba PER comparándola con una tulipa comercial. Por último, se evaluará si la formulación escogida es aceptada por el público o los consumidores por medio de una prueba de nivel de agrado.

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 TRIGO

### 1.1.1 Historia y generalidades del trigo

Es una planta gramínea de la familia del césped, 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.

Las condiciones del clima y suelo que necesita el trigo para su cultivo no son específicas, pues se adapta a circunstancias diversas, pero principalmente se realiza en zonas templadas. La condición óptima depende de la etapa del desarrollo, de la variedad y del tipo de plantas (CANIMOLT, 2017).

El trigo (figura1) tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía, Israel e Irak. Existen hallazgos de restos carbonizados de granos de trigo almidonero (*Triticum dicoccoides*) y huellas de granos en barro cocido en Jarmo (Iraq septentrional), que datan del año 6700 a. C. El trigo produjo más alimento al ser cultivado por iniciativa de los seres humanos, pues de otra manera éste no habría podido tener éxito en estado salvaje (Pastelería y dulcería, 2017).

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.

Según relato de los historiadores Andrés de Tapia y Francisco López de Gómora, el negro portugués Juan Garrido, criado de Hernán Cortés fue el primero en sembrar y cosechar el primer trigo en México al encontrar mezclados tres granos en un costal de arroz. Solo germinó uno que dió 180 granos y de esa espiga se hicieron otras siembras que comenzaron a cultivarse en diferentes regiones de la Nueva España (CANIMOLT, 2017).



Figura 1. Trigo  
Fuente: Milenio, 2017

El grano de cereal o cariósido consta de tres grandes partes (figura 2), cuya proporción varía, según la especie:

- Pericarpio 7 a 10%
- Endospermo 80 a 85%
- Germen 3 a 8%

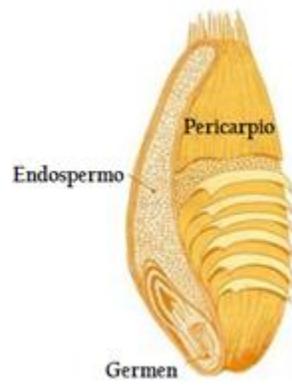


Figura 2. Partes del grano de trigo  
Fuente: Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2017

### 1.1.2 Partes del grano

- La capa protectora o gluma: es la que protege al grano y está formado principalmente por fibra
- La envoltura externa: la capa exterior se llama pericarpio, la capa central mesocarpio o tegumento interno y la capa interior epicarpio. Estas capas están formadas principalmente por minerales, proteínas y vitaminas.
- Las capas internas: la testa, capa intermedia entre envolturas externas y el endospermo.
- Endospermo: representa aproximadamente entre el 81 y 83% del grano. De aquí se obtiene la harina. Tiene un alto contenido en almidón y la mayor cantidad de proteína del grano.
- Germen: Corresponde a un 25 a 3% del grano. Es la parte viva de la semilla, la que posteriormente dará origen a una nueva planta. Es rico en grasa, azúcares y vitaminas del complejo B y E. Durante la molienda se separa de la harina ya que por su alto contenido de grasas puede producir olores y sabores desagradables en la harina y el pan (Amaro *et al.*, 2011).

### 1.1.3 Composición química del trigo

El grano maduro del trigo está formado por (tabla 1): hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, pentosanos, galactosa y rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina y glutelinas), lípidos (ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oleico, linoléico), sustancias minerales (Potasio, Fósforo, Azufre, Cloro) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (Beta amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos.

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas (Quaglia, 1991).

Carbohidratos: El 72% del peso de la cariósida del trigo está constituida por carbohidratos (Quaglia, 1991).

**Tabla 1.** Porcentaje de los constituyentes químicos del trigo en sus principales partes morfológicas (valores dados en base a 13% de humedad)

Parte del grano	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra	Carbohidratos
<b>Grano Entero</b>	12	1.6	1.8	21	63.6
<b>Pericarpio</b>	8.5	0	8.5	43.5	39.5
<b>Testa y capa hialina</b>	17.5	0	13	13	56.5
<b>Capa de la aleurona</b>	28	9	14	5.5	43.5
<b>Endospermo externo</b>	19	4.8	1.2	0.3	74.7
<b>Endospermo interno</b>	10.5	1.8	0.5	0.3	86.9
<b>Embrión y escutelo</b>	29	19	6.5	3	42.5

Fuente: Rivera y Romero, 1996

Proteínas: La porción protéica del grano de trigo está localizada en el endospermo, embrión y germen. Hay varios tipos de proteínas, albuminas, globulinas y las que constituyen el gluten (gluteninas y gliadinas). Esta proteína de reserva del trigo es única. Cuando la harina es mezclada con agua en ciertas proporciones se forma una masa elástica coloidal llamada gluten. Inicialmente el gluten existe en la masa en una condición semejante a la de un resorte, lo cual proporciona un comportamiento elástico. Esta característica de la harina de trigo no se encuentra en otros granos de cereales (Badui, 2001).

Lípidos: Los lípidos están solo 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 teroles (sitosterol y campisterol); el germen es particularmente rico en tocoferol que es la vitamina E. En la composición de ácidos grasos de los glicéridos y de los fosfolípidos, sobresalen los ácidos grasos insaturados como el ácido oleico y el linoleico (Quaglia, 1991).

#### 1.1.4 Clasificación del trigo en México

Los trigos en México se clasifican sobre la base de las propiedades del gluten del trigo. Los principales tipos de trigo que se cultivan en México se dividen en 5 grandes grupos, los grupos 1, 2, 3 y 4 que corresponden a la especie *Triticum aestivum* L. Y el grupo 5 que corresponde a la especie *Triticum durum* (NMX-036-1996).

Grupo 1. Trigos de gluten fuerte. Poseen las características de fuerza y propiedades viscoelásticas aptas para la industria mecanizada de la panificación y para mezclas con trigos suaves.

Grupo 2. Trigos de gluten medio fuerte. Poseen las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria artesanal y semimecanizada de pan, así como para mezclas con trigos suaves.

Grupo 3. Trigos suaves de gluten débil. Tienen las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria galletera y para la elaboración de otros productos.

Grupo 4. Trigos de gluten tenaz. Es el que posee poca fuerza y valores de tenacidad altos, aptos para mezclas y en la producción de harinas con diferente potencial de utilización en la industria pastelera, galletera y en otros productos.

Grupo 5. Trigos cristalinos, aptos para la producción de semolinas, utilizada en la elaboración de pastas y otros productos.

#### 1.1.5 Harina de trigo

Se define a la harina como, a la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, y seco del género *Triticum*, de las especies *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada (NOM-247-SSA1-2008)

La harina de trigo (tabla 2) es el material más importante ya que determina las características del producto obtenido. La funcionalidad la determina principalmente por el contenido de proteínas refiriéndonos tanto a la cantidad como a la capacidad de éstas para formar gluten. El contenido de proteínas está fuertemente afectado por el genotipo del grano, así como las condiciones durante su desarrollo.

**Tabla 2.** Composición química de la harina de trigo

<b>Componente</b>	<b>Harina 100% Extracción</b>
<b>Proteína</b>	12 -13%
<b>Grasa</b>	2.2%
<b>Almidón</b>	67%
<b>Cenizas</b>	0.5%
<b>Fibra</b>	11%
<b>Carbohidratos</b>	2 - 3%

Fuente: Gil, 2010

El almidón está constituido por amilosa y amilopectina en un 25 y 75 % respectivamente. Es el componente de mayor cantidad en la harina y su importancia reside fundamentalmente en su capacidad de gelatinización que consiste en el hinchamiento de los gránulos de almidón al aumentar la temperatura de la masa en presencia de agua; esto ocurre durante el horneado del pan (Calaveras, 2014).

Los dos azúcares simples de la harina son la maltosa y la sacarosa. La levadura por medio de la enzima maltasa transforma la maltosa en glucosa, y por otra parte, la invertasa transforma la sacarosa en glucosa y fructosa iniciando entonces la fermentación para posteriormente obtener anhídrido carbónico (Calaveras, 2014).

### 1.1.6 Producción del trigo en México.

La producción de trigo grano se incrementó 14.6 por ciento de 2013 a 2016 (SIAP, 2016).

En los últimos cuatro años, con base en estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la SAGARPA reportó un crecimiento en la producción de este cultivo de casi 500 mil toneladas.

Los cinco principales estados productores de trigo (figura 3) en el país son Sonora, con 1.8 millones de toneladas; Baja California, 579 mil toneladas; Sinaloa, 364 mil toneladas; Guanajuato, 291 mil toneladas y Michoacán, 209 mil toneladas.

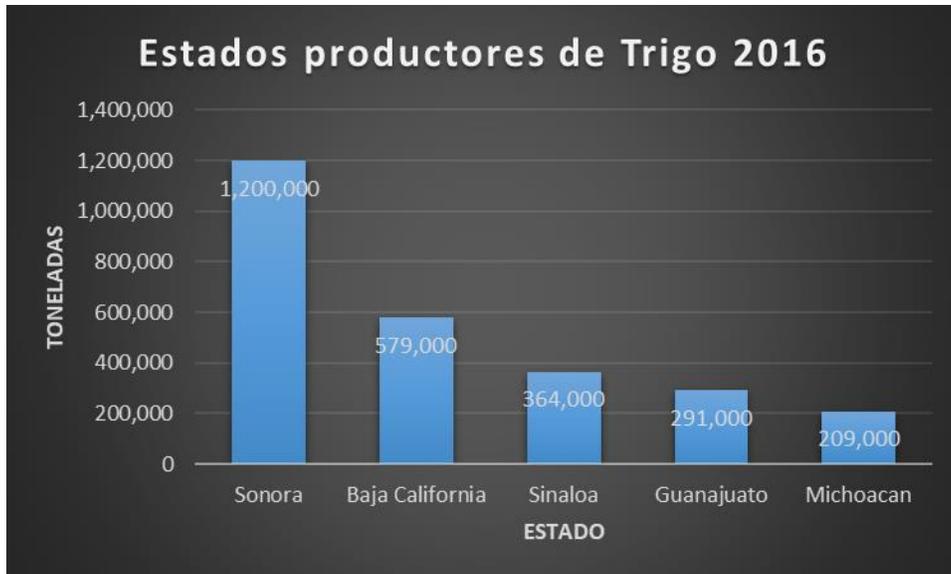


Figura 3.Estados productores de trigo  
Fuente: SIAP,2016

El trigo aporta el 12.9 por ciento del volumen nacional de granos que se producen en el país y el valor total de este producto se estima en 14 mil 167 millones de pesos, donde el 85 por ciento del volumen total se obtiene durante los meses de mayo y junio (SIAP, 2016).

## 1.2 AMARANTO

### 1.2.1 Historia del amaranto

Todas las especies del género *Amaranthus* (figura 4) que son utilizadas para la producción de grano son originarias de América. Las evidencias arqueológicas encontradas confirman esto, ya que los habitantes del continente utilizaron las hojas y semillas de este género desde la Prehistoria, mucho antes del proceso de domesticación de estas especies. Las excavaciones realizadas por Mac Neish en 1964 indican que los indígenas ya cultivaban las plantas durante la fase Coxcatlán (5200 a 3400 a. C.), lo cual quiere decir que la domesticación del amaranto tuvo lugar en la misma época que la del maíz (Barros. C y Buenrostro.M, 1997). *A.hypochondriacus* se cultivaba desde el tiempo de los aztecas, actualmente se sigue cultivando y se encuentra ampliamente distribuida en México; también se cultiva en los Himalayas, en Nepal, y en el sur de la India, donde se han formado centros secundarios de diversificación (Espitia *et.al.*, 2010).

El amaranto, que en lengua náhuatl se conoce como huauhtli y actualmente recibe el nombre de alegría en diversas regiones. (Barros. C y Buenrostro M, 1997). En México, la historia de este grano es bastante peculiar y aun cuando actualmente su cultivo está algo restringido, en el tiempo de los aztecas el amaranto era uno de los cultivos más importantes desde el punto de vista de su consumo junto con el maíz y frijol (Irving *et al.*, 1981).

La conquista española acabó con el uso del amaranto como producto básico, eliminando la posibilidad de que se integrara en la alimentación mundial un producto de alto valor nutrimental (Santín *et al.*, 1986).



Figura 4.Amaranto

Fuente: Biodiversidad, 2017

El tamaño de la semilla varía de 1.1 a 1.4 mm de largo por 1.0 a 1.3 mm de ancho, tamaño que es muy pequeño comparado con el del frijol o trigo (Soteras, 2011). Las semillas contienen una sola capa de testa y una de tegumento formada por las células con engrosamientos en forma de estrías; la cutícula constituye la cubierta protectora del embrión. El embrión es de forma circular con las puntas de la raíz tocando el extremo de los cotiledones. Las células del embrión varían en tamaño y forma y aparecen heterogéneas en el contenido celular. Algunas células de pared delgada del parénquima contienen reservas en forma de cuerpos esféricos de naturaleza proteínica, incrustados en una matriz esponjosa que tiene propiedades típicas de lípidos. El centro de la semilla se denomina perispermo (Figura 5) y es el tejido principal de almacenamiento, consiste de células de parénquima llenas de gránulos de almidón poliédricos. La mayor parte de las proteínas de reserva se encuentran contenidas en cuerpos proteícos de aproximadamente 1.5 a 2 micrómetros de diámetro en el embrión y de menor tamaño en el endospermo (Paredes *et al.*, 1990).

El endospermo del grano de amaranto contiene 35.0% de la proteína total del grano y la cáscara más el germen el 65%. Esta distribución es muy diferente a la que se encuentra en maíz, sorgo, y arroz, en los cuales el germen proporciona entre el 12.5 a 18.5% y el endospermo entre el 81.5 a 87.5% de la proteína total de los granos. Esta distribución de la proteína es una de las razones que pueden explicar el mayor contenido de proteína del amaranto en comparación con los cereales comunes (Reyna 1988).

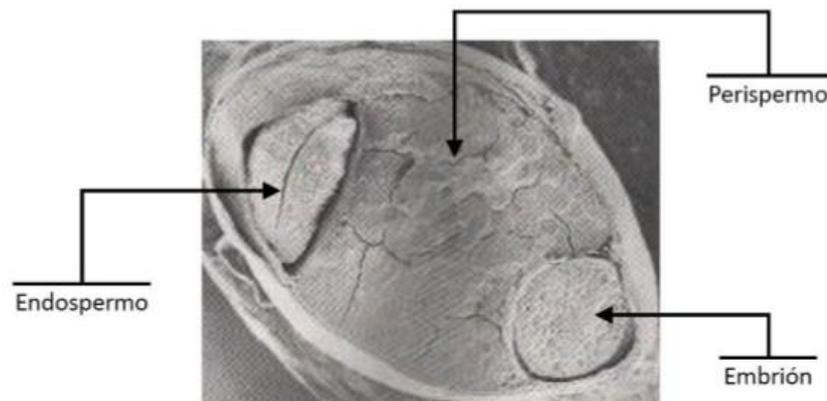


Figura 5. Micrografía del grano de amaranto  
**Fuente:** Paredes *et al.*, 1990.

### 1.2.2 Composición química amaranto

El amaranto posee un alto contenido protéico (tabla 3), aproximadamente un 17%. La semilla de amaranto tiene más que variedades convencionales de trigo que contiene, del 12 al 14% de proteína, con el arroz que presenta del 7 a 10%, con el maíz que contiene del 9 a 10% de proteínas y con otros cereales de gran consumo. Además, el amaranto posee abundante lisina, aminoácido esencial que está en baja proporción en los demás cereales. El amaranto tiene el doble de lisina que el trigo, el triple que el maíz y tanta lisina como la que se encuentra en la leche (FAO 1997).

**Tabla 3.** Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales

Cereal	Proteína (%)
Amaranto	13.6 – 18.0
Cebada	9.5 -17.0
Maíz	9.4 – 14.2
Arroz	7.5
Trigo	14.0 – 17.0
Centeno	9.4 – 14.0

Fuente: FAO 1997

Los botánicos y nutriólogos estudiaron el amaranto y han encontrado que tiene una gran calidad nutrimental, en especial por su alto contenido de proteínas, calcio, ácido fólico y vitamina C (Tabla 4). Una de sus principales propiedades es que revienta en condiciones muy calientes y se convierte en una palomita cerealera, con alto valor nutritivo, conteniendo de 15 a 18 por ciento de proteína y buena cantidad de lisina y metionina, un alto contenido de fibra, calcio, hierro y vitaminas A y C (Teutónico y Knorr, 1985).

**Tabla 4.** Composición química de la semilla de Amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca)

Constituyente	por 100 g
Proteína (g)	12-19
Carbohidratos (g)	7.1-8
Lípidos (g)	6.1-8.1
Fibra (g)	3.5-5.0
Cenizas (g)	3.0-3.3
Energía (kcal)	391
Calcio (mg)	130-164
Fosforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1.5

Fuente: FAO 1997

La composición de aminoácidos de las proteínas del grano (tabla 5), de las diferentes variedades de amaranto, son muy similares. En cuanto a su balance, se encuentra muy cercano al requerido para la nutrición humana, según la FAO y la OMS (1985).

Los lípidos son moléculas orgánicas de cadena larga o corta, que se encuentran en el organismo. Estas moléculas contienen carbono, hidrogeno y algún oxígeno.

Los lípidos se pueden clasificar en saponificables y no saponificables, simples y complejos, saturados e insaturados, entre otras. Los lípidos saturados son los que no cuentan con dobles enlaces dentro de la cadena lipídica teniendo enlaces simples entre el carbono y carbono y los insaturados son los que cuentan con uno (monosaturados) o más dobles enlaces (poliinsaturados) entre carbono y carbono dentro de la cadena lipídica.

Dentro de los lípidos insaturados se tienen diferentes tipos, pero los más importantes o los más destacados son los Omega -3 y Omega-6, estos son ácidos grasos poliinsaturados esenciales para el organismo ya que son partes de las estructuras de membranas celulares son usados en el proceso de obtención de energía y la síntesis de hormonas entre otras cosas. Son esenciales dado que el organismo no los puede sintetizar y su ausencia produce problemas metabólicos. La característica que los hace Omega 3 y 6 es que presentan el doble enlace dentro de los últimos 7 carbonos a partir del metilo terminal ocupando las posiciones 3 (n-3, Omega-3) y 6 (n-6, Omega-6).

La semilla de amaranto contiene en mayor cantidad 2 ácidos grasos importantes: el linoleico (Omega-6) y el oleico (Omega-9). (Escobedo, 2013).

El amaranto tiene altos contenidos de fibra, esto puede deberse a que el grano una vez cosechado, sigue manteniendo la cascarilla, lo que aumenta la cantidad de fibra insoluble por lo que la fibra dietética también aumenta. El valor de la fibra dietética del amaranto es muy similar al del maíz, solo que el amaranto tiene gran cantidad de fibra insoluble por lo cual su principal función es el barrido intestinal, además de reducir la cantidad de colesterol en la sangre evitando problemas cardiovasculares, cáncer de colon, estreñimiento (Kritchevsky y Bonfield, 1998.).

**Tabla 5.** Contenido y cómputo de aminoácidos de la proteína de amaranto (mg de aminoácidos/ g de proteína).

Aminoácidos	Patrón de aminoácidos(a)	Amaranthus caudatus	Amaranthus hypochondriacus	Amaranthus Cruentus
<b>Isoleucina</b>	2.8	5.2	3.9	3.6
<b>Leucina</b>	6.6	4.6	5.7	5.1
<b>Lisina</b>	5.8	6.7	5.5	5.1
<b>Azufrados</b>	6.3	3.5	4.7	4.0
<b>Aromáticos</b>	3.5	6.3	7.3	6.0
<b>Treonina</b>	3.4	5.1	3.6	3.4
<b>Triptófano</b>	1.1	1.1	---	---
<b>Valina</b>	3.5	4.5	4.5	4.2
<b>Histidina</b>	1.9	2.5	2.5	2.4
<b>Cómputo aminoacídico</b>		7.0	8.6	7.7

Fuente: Mujica 1997

### 1.2.3 Producción de amaranto en México

La secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) destacó que el amaranto producto originario de México, está en vías de consolidarse como un alimento con presencia internacional (SAGARPA 2016).

La subsecretaria de Agricultura expuso que a nivel nacional se produce ocho mil 551 toneladas de amaranto, con un valor estimado en más de 95 millones de pesos, y las principales entidades productoras (figura 6) son Tlaxcala, Puebla, Estado de México y Morelos (SAGARPA 2016).

El servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) señaló además que más del 80% de la producción nacional de amaranto es aportada por Tlaxcala y Puebla.

La SAGARPA informó que el amaranto mexicano ya se comercializa en regiones de norte, centro y sur de América, así como en Europa alcanzando ventas anuales que superar 1.6 millones de pesos.

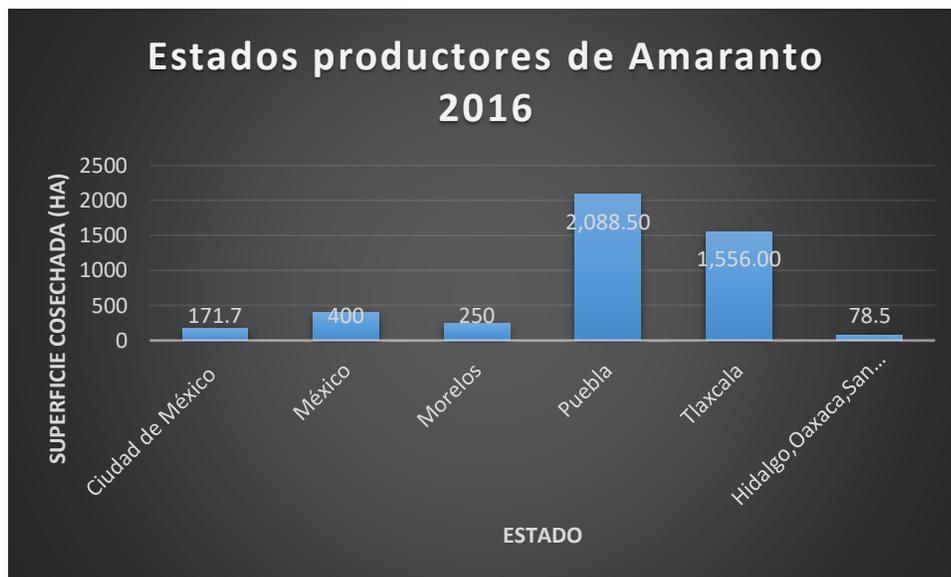


Figura 6. Estados productores de amaranto  
Fuente: SIAP, 2016

## 1.3 HELADO

### 1.3.1 Definición e historia de los helados

La definición actual de los helados, “mezcla de leche, derivados lácteos y otros productos alimenticios”, dista bastante de cómo se originaron y desarrollaron hasta nuestros días (González, 2008).

Mucho antes de la era cristiana, en China y otras regiones asiáticas se tomaban bebidas enfriadas con nieve. Además, se enfriaban postres generalmente dulces con hielo picado (González, 2008).

Existen versiones que indican que Marco Polo en su famoso viaje al oriente trajo una bebida compuesta por zumos de frutas y el agregado de hielo picado o nieve, estas bebidas tomaron popularidad rápidamente, evolucionaron y son los actuales granizados.

Otra versión habla que, durante la invasión árabe a Europa, éstos introducen un producto llamado scherbet, que significa dulce nieve. En Sicilia con la llegada de los árabes, el sorbete helado se popularizó ya que existían las dos materias primas necesarias: zumos de frutas y nieve del monte Etna. De aquí se extendió por toda Europa (González, 2008)

### 1.3.2 Historia del helado en México.

En el México antiguo se sabe que Moctezuma era el único que podía probar este manjar hoy llamado helado.

“En la entrada del palacio de Moctezuma, el Huey Tlatoani de los Mexicas, muy cerca del Templo Mayor, un sirviente espera, un bulto y se dirige al recinto que hace de cocina del emperador, en donde espera un grupo de sirvientes que toman el bulto y cuidadosamente lo abren en sus diferentes capas y que al final dejan al descubierto una considerable masa de nieve que proviene del volcán Popocatepetl, en donde cinco horas antes, una delegación había buscado la nieve más limpia y la había empacado cuidadosamente en un bulto que aísla el contenido de la temperatura ambiente.

En una copa de oro se ha colocado una generosa porción de nieve a la que delicadamente le han agregado miel de abejas y adornado con flores de vistosos colores y junto con un pequeño huacal en forma de cuchara, labrado minuciosamente, se hace llegar al Huey Tlatoani, quien le encantaba disfrutarlo mientras meditaba en la Casa Denegrada, parte del complejo del palacio imperial llamado así por sus paredes color negro y en donde la falta de ventanas le proporcionaba una considerable

oscuridad y que era empleada por el emperador para reflexionar y meditar. Un sirviente atraviesa cuidadosamente la habitación y deja en una mesita el manjar al emperador. Moctezuma interrumpe sus cavilaciones sobre las señales que se han venido presentando y que auguran tiempos aciagos, para disfrutar de la delicia de aquella nieve con sabor a miel, que solo él y unos pocos nobles tienen derecho a probar. En la penumbra del palacio y de su alma Moctezuma deja que el exquisito sabor de la nieve calme la profunda tristeza que lo agobia.” (Ortega, 2011).

En México, al igual que en el resto del mundo, el helado comienza a ser consumido únicamente por la clase alta, de manera que a finales del período colonial el helado era un alimento que no era accesible a todos los estratos sociales. Es a partir de 1821 cuando se multiplica el número de productores y por lo tanto comienza a hacerse más accesible para el resto de la población. Este desarrollo de la industria del helado coincide con lo que sucedía en Estados Unidos en donde, en 1832, August Jackson (cocinero de la Casa Blanca) abre la primera heladería del país y tal vez del continente. Sin embargo, a partir de este momento la industria del helado despegó de una manera mucho más fuerte en Estados Unidos que en México (Escalera, 2010).

“La feria de la nieve” en Tulyehualco, D.F., misma que se celebra hasta el día de hoy y que es una de las más importantes para la industria del helado en nuestro país, se comienza a celebrar en 1884 (Escalera, 2010).

Durante el porfiriato se da un crecimiento importante de la industria del helado en México y es en esta época en la que se comienzan a multiplicar el número de cafeterías y heladerías (Escalera, 2010).

### 1.3.3 Definición de cono

El cono es una pasta hecha a partir de una oblea con textura de galleta, que está hecha a base de agua o leche, harina, huevos y azúcar, está elaborada para servir el helado y poder comerlo sin un cuenco o una cuchara, se los considera también como más que un apoyo trivial o una decoración más, sino un alimento adicional con el helado (Maya, 2012).

#### 1.3.4 Historia de los conos de Helado

El origen de cono comienza a principios del siglo XX, antes de esta época las personas consumían el helado en tazas o copas de cristal, sin embargo, en el siglo XV existían las antecesoras de los conos, las obleas que son unas hojas de forma circular muy delgadas hechas con harina, sal y agua y que se utiliza como cubierta o base de algunos dulces (Maya, 2012).

Estas obleas eran demasiado frágiles, los fabricantes las producían de manera artesanal como unos panes y las cocinaban sobre el fuego con tenazas especiales. Este producto que comenzó siendo un dulce que se lo consumía en las calles, luego se convirtió en una especialidad "ancestral", debido a la escuela vienesa que lo utilizó en la confitería moderna, primero como un ingrediente y luego como una decoración (Maya, 2012).

Después de estos acontecimientos aparece el cono, aunque su origen es reciente e incierto. Según las historias, los conos aparecieron en los primeros años del siglo XX debido a Vittorio Marchionni, un italiano que emigró a los Estados Unidos y que estaba buscando una manera de vender helado a los niños en edad escolar (Maya, 2012).

Otras fuentes indican la invención al americano, Charles Menches. Otros al sirio, Ernest Hamwi que en 1904 observó a los visitantes de la Feria de muestras de St. Louis, comprar sus obleas y consumirlas con helado. Gracias a esta observación, intentó enrollar la oblea, cuando todavía estaba caliente, en forma de una bolsa pequeña para que pudiera llenarse allí de helado. Sin embargo en 1910 el cono aparece oficialmente por primera vez en Italia en una Exhibición en Turín, gracias al inventor del cono de la oblea dulce, Giovanni Torre de Liguria. Desde entonces, su popularidad creció en todo el mundo (Maya, 2012).

### 1.3.5 Tipos de conos para helado

Actualmente existen tres tipos de conos para helado en el mercado (Maya, 2012).

#### CONO DE PASTA

Los conos de pasta también conocidos como conos de pastel o cono oblea, poseen una textura muy frágil y delgada, son de calidad media-baja, por lo que su costo es barato y tiene una gran aceptación en el mercado, debido a que minimiza el precio de venta del helado en cono (figura 7).



Figura 7. Cono de pasta  
**Fuente:** Conos victoria, 2017

#### CONO DE AZÚCAR

Los conos de galleta son aquellos que son producidos con más azúcar que el cono de galleta, algunas industrias lo fabrican con azúcar morena para dar brindar otra textura, color y sabor (figura 8).



Figura 8. Cono de azúcar  
**Fuente:** Conos victoria, 2017

#### CONO DE GALLETA

El cono de galleta es de mayor calidad (figura 9), ya que su textura es crujiente y más durable; aunque su costo sea más elevado que el cono de pastel, brinda un mejor sabor al momento de consumir un helado y requiere de mayor cuidado para su fabricación (Maya 2012).



Figura 9. Cono de galleta  
**Fuente:** Maya, 2012

### 1.3.6 Formas de conos para helado

Existen muchas formas para los conos de helado, esto va según los gustos y preferencias de los consumidores, por lo que podemos encontrar en mercado conos como:

- EL CONO "CLÁSICO" Con una forma geométrica regular y liso o decorado en los bordes (figura 10).



Figura 10. Cono clásico  
Fuente: Martínez, 2012

- LA "TAZA" (figura 11) Tiene una forma más grande y borde de distintos diseños (triangular, cuadrada, hexagonal o en forma de flor).



Figura 11. Cono taza  
Fuente: Martínez, 2012

- EL "VASO" También conocido como taza truncada, con tallo cortado (figura 12).



Figura 12. Cono vaso  
Fuente: Martínez, 2012

- EL CESTO O TULIPA Este es una clase de canasta de oblea (figura 13).



Figura 13. Cono cesto  
Fuente: Martínez, 2012

También los conos tienen varios tamaños, que difieren en el diámetro de sus márgenes o en su longitud global, van desde 100 mm hasta 200 mm. Los conos pequeños (disponible en versiones coloreadas) se usan para decorar las copas de helados y permiten que los clientes disfruten de nuevos sabores (figura 14).

Los conos pueden ser dulces, no muy dulces, saborizados con vainilla, limón o licor o incluso decorados. Las decoraciones incluyen una cobertura de chocolate interna o la superficie externa cubierta parcialmente con cacao, trozos de avellana, coco y trozos blancos o coloreados de azúcar (Maya 2012).



Figura 14. Formas de cono  
**Fuente:** Maya, 2012

### 1.3.7 Tulipa : Ingredientes y función

#### 1.3.7.1 Sal

La sal sirve para potenciar el sabor que aportan los demás ingredientes de la receta. También favorece la coloración en el horno y la retención de la humedad del producto una vez cocido.

Lo ideal es utilizar sal fina y evitar sal gorda, que quizá no se disuelva bien en masas poco húmedas (Barriga, 2012)

#### 1.3.7.2 Azúcar

La sacarosa o azúcar común es un azúcar doble o disacárido compuesto por dos azúcares simples llamados glucosa y fructosa.

La cantidad de azúcar utilizada determinará no solo el sabor de las galletas, sino también su textura y color, así pues, con una mayor cantidad de azúcar se obtienen galletas que adquieren un color más intenso durante la cocción, pero que quedan más blandas y menos crujientes, sobre todo en el centro (Barriga,2012).

#### 1.3.7.3 Harina de trigo

Para elaborar galletas utilizaremos harina floja, también llamada harina suave. La harina floja es una harina con menos proteínas insolubles que la harina de fuerza. Al trabajar la harina mezclada con líquidos (agua, leche, huevos, etc.) se forma el gluten. Si la harina tiene menos produce menos cantidad de gluten, y este es más “suave”, lo cual es precisamente el factor clave de los productos que no fermentan, como las galletas.

Lo que ocurre cuando se hacen galletas con harina de fuerza es que se encogen en el horno, pues pierden volumen y se deforman durante la cocción debido a un exceso de tenacidad del gluten (Barriga,2012).

#### 1.3.7.4 Huevo

La cantidad de huevo agregada a la masa determina de manera muy significativa la textura y el volumen de las galletas. Con una mayor cantidad de huevos obtendremos galletas más blandas y esponjosas, con más volumen y menos crujientes.

El poder emulsionante de la lecitina de la yema facilita la unión entre las grasas y el agua de los ingredientes (el agua presente en las claras y la mantequilla) reduce el tiempo de mezclado (Barriga,2012).

#### 1.3.7.5 Mantequilla

Está compuesta por entre un 82 y un 84% de la materia grasa y entre un 14 y un 16% de agua. El resto son pequeñas cantidades de materia mineral y vitaminas, básicamente vitamínico A.

La mantequilla es la grasa que más calidad aporta a las galletas, tanto por su sabor y aroma como por su textura. La denominación comercial “producto de mantequilla” debería englobar tan solo a aquellos productos que han sido elaborados con mantequilla como única materia grasa (Barriga, 2012).

### 1.4 Relación de la harina de trigo en la salud

El trigo es uno de los tres cereales más cultivados en el mundo, junto al maíz y el arroz. Se le utiliza para la producción de harinas y sémolas a partir de las cuales se obtienen gran variedad de productos alimenticios como pan, galletitas, pastas y otros.

El consumo de harinas refinadas ha aumentado de forma notable en las últimas décadas, sobre todo porque una amplia variedad de productos que venden en el mercado las contiene.

Su consumo es tan habitual que muchas personas las incluyen de forma desmedida en su desayuno, merienda, celebraciones y muchas otras ocasiones (mejorconsalud, 2017).

Últimamente se ha comprobado, que el pan elaborado con harina de trigo (sin mezclas con otras harinas), produce en el organismo humano una serie de malestares (flatulencias, dolor abdominal, diarrea, estreñimiento, irritabilidad, mareos, migrañas, irritación en la piel), que está incidiendo negativamente en la salud humana (listen diario, 2018).

El sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud, en donde la harina de trigo blanca aporta un valor calórico de 341 kcal/100g en comparación con la formulación 40%HT-50%HA-10%G que aporta 480.54 kcal/100g .

El índice de masa corporal (IMC) es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la

obesidad en los adultos, al aumentar el valor calórico en 100g aumenta el IMC si no hay un consumo de energía mediante la actividad física (OMS, 2017).

De acuerdo con la secretaria de Salud, México ocupa el primer lugar en obesidad infantil en el mundo, por ello, es importante tomar conciencia y realizar las acciones adecuadas para combatir este problema.

La obesidad se caracteriza por una acumulación progresiva y excesiva de grasa, particularmente en el abdomen y por un incremento en el peso corporal.

En niños y adolescentes, la obesidad tiene que ver con la alimentación y actividad física, entre otros factores (SSA, 2017).

La causa fundamental del sobrepeso y la obesidad es un desequilibrio energético entre calorías consumidas y gastadas. A nivel mundial ha ocurrido lo siguiente:

- Un aumento en la ingesta de alimentos de alto contenido calórico como los productos de panificación.
- Un descenso en la actividad física debido a la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, los nuevos modos de transporte y la creciente urbanización.

A menudo los cambios en los hábitos alimentarios y de actividad física son consecuencia de cambios ambientales y sociales asociados al desarrollo y de la falta de políticas de apoyo en sectores como la salud; la agricultura; el transporte; la planificación urbana; el medio ambiente; el procesamiento, la distribución y comercialización de alimentos y la educación (OMS, 2017).

Por lo tanto, al realizar una tulinpa con mezclas de harina de trigo refinada con harina de amaranto integral, se podrá mejorar la calidad nutrimental, ya que el grano de amaranto aporta un alto contenido de lisina y triptófano, lo cual contribuye a que el cuerpo obtenga una mayor cantidad de proteína (4.79% del IDR) y con esto se reduce la ingesta de productos a base de trigo, lo cual disminuye el riesgo de padecer sobrepeso y la obesidad.

## 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### Objetivo General

Desarrollar una formulación con la finalidad de elaborar tulipas para helado a base de harina de trigo y harina de amaranto para aumentar su calidad nutrimental y sensorial.

### Objetivo Particular 1

Cuantificar la composición química de las harinas de trigo y amaranto a partir de un análisis Químico Proximal para comprobar que es mejor la harina de amaranto que la de trigo.

### Objetivo Particular 2

Evaluar diferentes formulaciones en la elaboración de tulipas de trigo y amaranto mediante una prueba sensorial de preferencia y pruebas físicas (grosor, peso y resistencia) para seleccionar la más aceptada.

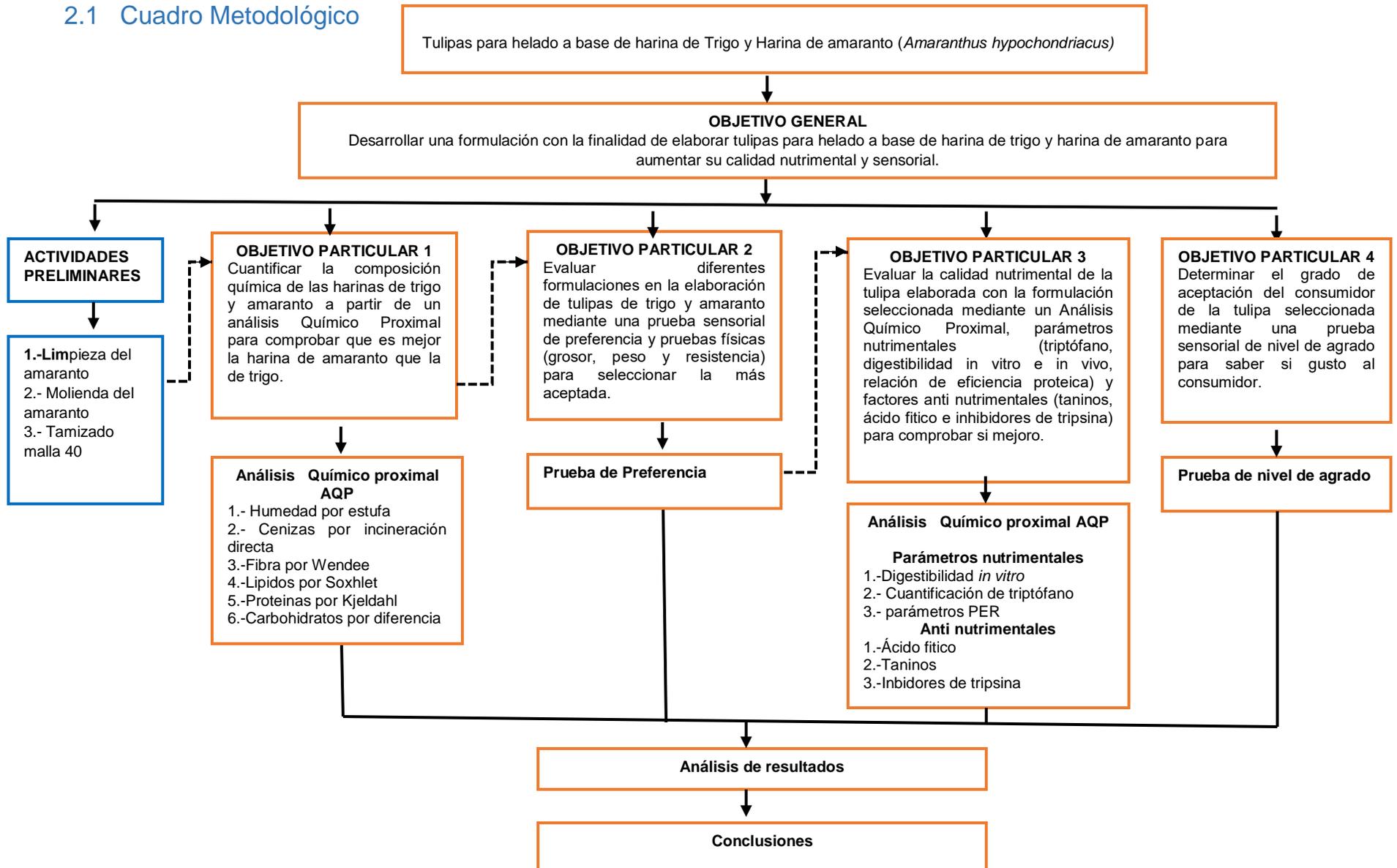
### Objetivo Particular 3

Evaluar la calidad nutrimental de la tulipa elaborada con la formulación seleccionada mediante un análisis químico proximal, parámetros nutrimentales (triptófano, digestibilidad *in vitro* e *in vivo*, relación de eficiencia proteica) y factores antinutrientales (taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina), para comprobar si mejoró.

### Objetivo Particular 4

Determinar el grado de aceptación del consumidor de la tulipa seleccionada mediante una prueba sensorial de nivel de agrado para saber si gustó al consumidor.

## 2.1 Cuadro Metodológico



## 2.2 Metodología

### 2.2.1 Materiales y métodos

Para realizar este proyecto se utilizó amaranto de la especie *Amaranthus hypochondriacus* cosecha 2016 variedad, Tulyehualco harina de trigo marca Tres estrellas®, Huevo San Juan®, mantequilla euro para bizcocho®, azúcar glass Great valué, leche Alpura®, extracto sabor vainilla y sal.

### 2.2.2 Preparación de la muestra

Se realizó la limpieza del grano de amaranto, quitándole cualquier tipo de materia extraña mediante la malla #16 USA de la serie Tyler, para que pudiera ser molido en un molino de cuchillas marca Thomas-Wiley, a continuación, fue sometida a un tamizado con la malla No. 40 USA serie Tyler (figura 15), con la finalidad de obtener una harina de amaranto integral la cual fue almacenada a temperatura de 6 °C hasta su uso. Esta harina fue empleada para el análisis y elaboración del producto.



Figura 15. Molino de cuchillas marca Thomas-Wiley

Una vez que se tuvo la harina de amaranto se procedió a analizar su composición química por medio de un Análisis Químico Proximal al igual que la harina de trigo, para comparar su composición química.

## 2.3 Análisis químico proximal a las harinas de trigo y amaranto

A la harina que se obtuvo tras la molienda del grano de amaranto, así como a la harina de trigo tres estrellas, se les realizó un análisis químico proximal.

El análisis químico se realizó de acuerdo a los métodos propuestos por el AOAC (2002) los cuales incluyen:

### 2.3.1 Determinación de Humedad

Secado en estufa (925.09).

El contenido de humedad se determinó por el método de secado por estufa, el cual se basa en la eliminación del agua por efecto del calor aplicado a la muestra. Se calculó el contenido de humedad, por la pérdida de peso en la muestra debida a la evaporación del agua por calentamiento a 130°C hasta peso constante. El resultado se expresó como porcentaje de humedad.

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

Dónde:

W<sub>1</sub>: Peso de la muestra (g)

W<sub>2</sub>: Peso de la muestra húmeda (g)

W<sub>3</sub>: Peso de la muestra seca (g)

### 2.3.2 Determinación de extracto etéreo

Soxhlet (920.39).

El contenido de grasa se determinó por el método de Soxhlet; se lleva a cabo mediante la extracción continua con éter etílico previamente desecado, obteniéndose el total de grasa tras la evaporación del solvente. El resultado se expresó como porcentaje de grasa.

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

Dónde:

W<sub>1</sub>: Peso de la muestra (g)

W<sub>2</sub>: Peso del matraz sin grasa (g)

W<sub>3</sub>: Peso del matraz con grasa (g)

### 2.3.3 Determinación de proteína

Micro Kjeldahl (954.01).

El contenido de proteína se determinó por el método micro Kjeldahl; el cual se basa en la combustión húmeda de la muestra, el producto se digiere con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos para convertir el nitrógeno orgánico en iones de amonio. A la solución de la digestión se le añade álcali y se destila hacia una solución de ácido bórico. El destilado se titula con ácido clorhídrico. El resultado se expresó como porcentaje de proteína.

$$\% \text{Proteína cruda} = \text{Nitrogeno total} * (F)$$

$$\text{Nitrogeno total} = [(V_2 - V_1)(N)(0.014)/W] * 100$$

Dónde:

V<sub>1</sub>: Volumen de HCl gastado en la muestra (ml)

V<sub>2</sub>: Volumen de HCl gastado en el blanco (ml)

N: Normalidad del HCl (0.1)

W: Peso de la muestra (g)

F: Factor de conversión de nitrógeno a proteína (amaranto 5.87)

### 2.3.4 Determinación de cenizas

Incineración directa (923.03).

El contenido de cenizas se determinó por el método de incineración directa; el cual se basa en la obtención de la materia orgánica, la cual se quema a la temperatura más baja posible y la materia inorgánica remanente se enfría y pesa. El calentamiento se realiza en etapas primero para eliminar el agua, a continuación, para carbonizar el producto totalmente y finalmente, para incinerar en horno de mufla a 550 °C. El resultado se expresó como porcentaje de cenizas totales.

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

Dónde:

W<sub>1</sub>: Peso de la muestra (g)  
W<sub>2</sub>: Peso del crisol sin muestra (g)  
W<sub>3</sub>: Peso del crisol con cenizas (g)

### 2.3.5 Determinación de fibra cruda

Weende (989.03).

El método consiste en someter la muestra seca y desengrasada a una primera digestión ácida, posteriormente a una segunda alcalina obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda. El resultado se expresó como porcentaje de fibra cruda.

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

Dónde:

W<sub>1</sub>: Peso del papel filtro (g)  
W<sub>2</sub>: Peso del papel filtro con residuos secos (g)  
W<sub>3</sub>: Peso del crisol vacío (g)  
W<sub>4</sub>: Peso del crisol después de la incineración (g)  
W<sub>s</sub>: Peso de la muestra previamente desengrasada (g)

### 2.3.6 Determinación de Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia de los demás componentes.

$$\%Carbohidratos = 100 - (Proteínas + Humedad + Grasas + Fibra + Cenizas)$$

### 2.3.7 Formulación de la tulipa control

Las tulipas se elaboraron con una formulación base 100 % de harina de trigo (HT), (tabla 6), siguiendo el diagrama de proceso que se muestra en la Figura 16.

**Tabla 6.** Formulación base 100% (HT) para la elaboración de una Tulipa.

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Clara de Huevo	15.86
Harina de Trigo	23.33
Azúcar	23.33
Mantequilla	23.33
Leche	7.46
Sal	0.12
Vainilla	6.55

Diagrama de proceso para la elaboración de Tulipas

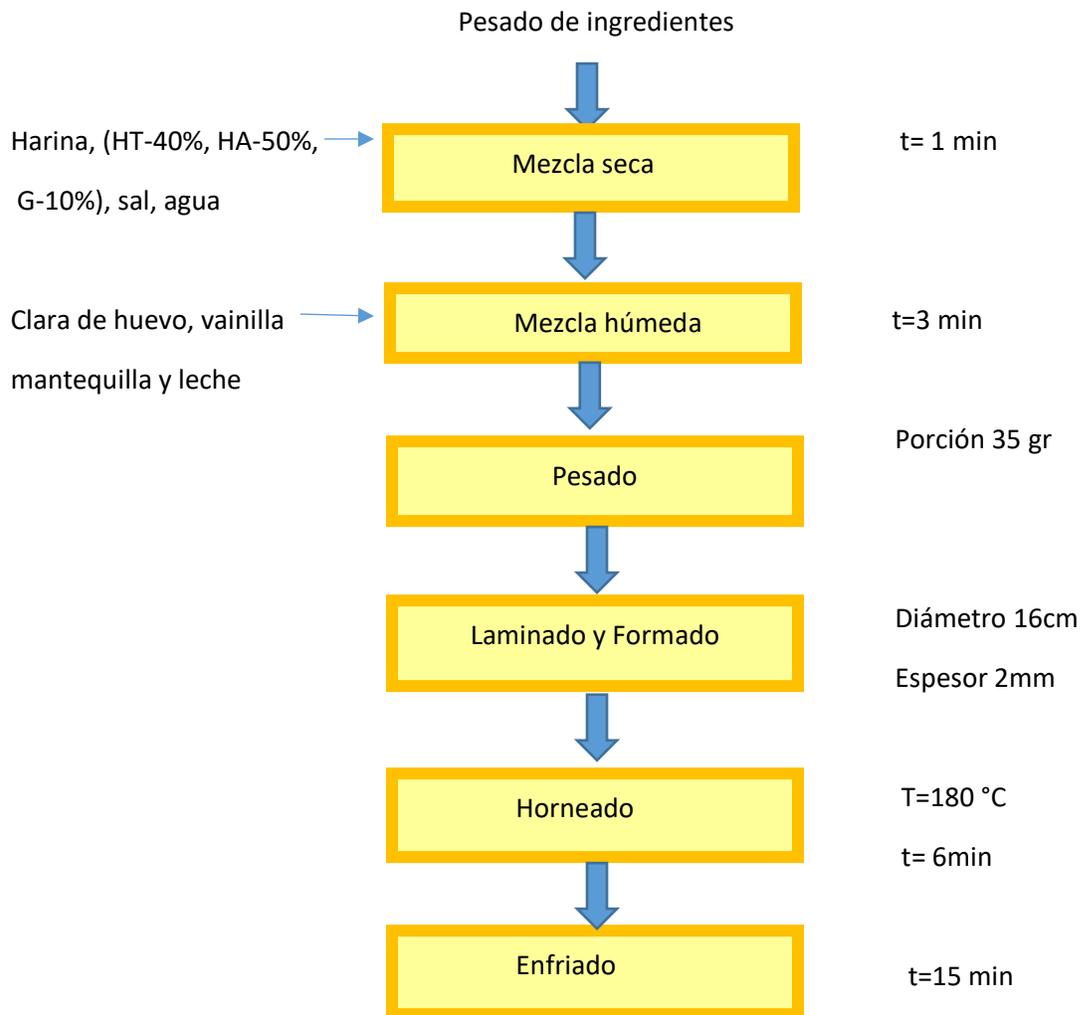


Figura 16. Diagrama de proceso para la elaboración de Tulipas

## Descripción de proceso

**Mezcla seca:** En este proceso se mezclan los polvos en un tazón, primero añadiendo la harina (harina de trigo 40%, harina de amaranto 50% y gluten 10%), luego la sal y el azúcar, posteriormente se empieza a mezclar todos los polvos, esto por un tiempo de un minuto.

**Mezcla Húmeda:** Se mezcla el resto de los ingredientes clara de huevo, leche, vainilla y mantequilla, a esta última se calienta por un minuto para derretirla y se agrega al último. Todo esto en un tiempo de 3 minutos de mezclado.

**Pesado:** Se pesan porciones de 35 g

**Laminado y formado:** Se utiliza papel estrella como base, se marca un círculo de la medida de 16 cm en la base, posteriormente se agrega la porción de 35 g, en medio del círculo y con una cuchara se empieza a expandir la mezcla por todo el contorno de la base del papel estrella. Se tiene que llegar a un diámetro de 16 cm ya antes establecido con un espesor de 2 mm.

**Horneado:** Se introducen al horno a una temperatura de 180°C por un tiempo de 6 minutos.

**Enfriado:** En esta parte se da la forma a la tulipa, mediante un vaso boca abajo, en el cual se pone la tulipa en la base del centro, para poder dejar caer el peso de las orillas hacia abajo y con esto dar la forma cónica a las tulipas.

Para las pruebas físicas , se midió el grosor con un vernier en 5 puntos (en cuatro esquinas y una en el centro de la base ) de las tulipas, posteriormente para la prueba de resistencia mecánica se procedió a poner una bola de helado con un peso de 26 g en el centro y se tomó el tiempo en que se rompía el fondo de la tulipa.



Figura 17. Enfriado y tulipa control

## 2.4 Formulaciones propuestas para la elaboración de las tulipas

Las formulaciones para elaborar la tulipa (figura 17) empezaron con un porcentaje de 20% harina de amaranto y fue incrementando hasta un 50% para obtener una formulación que incrementará la calidad nutrimental, se propusieron 4 formulaciones en base a distintos porcentajes de harina de trigo y harina de amaranto, cuyas formulaciones fueron [80:20] %, [70:30] %, [60:40] %, [50,50]%

Sin embargo, la forma y la estructura no eran óptimas ya que eran frágiles y quebradizas por lo cual se empleó gluten en cantidades del 10% para que tuvieran mejores características; se eligió esta cantidad por estudios previos en el grupo de trabajo y se encontró que es la cantidad que aporta las mejores características a un producto hecho con amaranto.

Las nuevas fórmulas quedaron de la siguiente manera (tabla 7) con una mezcla de harina de trigo, harina de amaranto y gluten con las siguientes concentraciones: [70:20:10] %, [60:30:10] %, [50:40:10] %, [40:50:10]% respectivamente.

**Tabla 7.** Formulaciones para elaborar Tulipas con harinas de trigo y amaranto agregando gluten.

Formulación harina de trigo/harina de amaranto/gluten				
Producto	Cantidad (%)			
	[70:20:10]	[60:30:10]	[50:40:10]	[40:50:10]
Harina de trigo	18.66	15.80	13.16	10.53
Harina de amaranto	5.26	7.90	10.53	13.16
Gluten	2.64			
Clara de huevo	15.86			
Mantequilla	20			
Azúcar glas	23.33			
Leche	7.46			
Sal	0.12			
Vainilla	6.55			

## 2.5 Metodología para la evaluación sensorial

Para seleccionar la mejor formulación, se llevó a cabo una prueba sensorial de preferencia a 100 jueces no entrenados, presentándoles tres diferentes tulipas para helado identificados con una clave y presentándoles un cuestionario (anexo 1) (Watts *et al.*, 1992).

## 2.6 Análisis químico proximal

A la tulipa con la formulación seleccionada, se realizó su análisis químico proximal usando las técnicas que se explicaron en el apartado 2.3 de este capítulo.

## 2.7 Determinación de parámetros nutrimentales

### 2.7.1 Determinación espectrofotométrica de triptófano

Se basa en la cuantificación espectrofotométrica del triptófano a partir de la hidrólisis enzimática de la proteína en la muestra, y de la reacción del residuo del aminoácido con DMAB (p- dimetilaminobenzaldehido) que desarrollará color (Rama *et al.*, 1974).

#### Procedimiento

- a) Pesar 0.5 g de muestra.
- b) Agregar 5 ml de pepsina; agitar e incubar por 3 horas a temperatura ambiente.
- c) Adicionarle 5 ml de NaOH 0.1N y 5 ml de pancreatina, incubar por 24 horas.
- d) Aforar a 25 ml con agua destilada y filtrar.
- e) Tomar 2ml y adicionarle 3.75 ml de HCL concentrado y de DMAB, así como 0.25 ml de NaNO<sub>2</sub> y reposar 15 min.
- f) Leer a  $\lambda=590$  nm.

### 2.7.2 Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* se lleva a cabo utilizando un sistema multienzimática para determinar la digestibilidad de proteínas. El sistema multienzimática 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 vivo* 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 (Hsu *et al.*, 1977).

La ecuación de la regresión obtenida experimentalmente es:

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

Dónde:

x: es el pH de la suspensión de proteína registrado inmediatamente después de los 20 minutos de la digestión con la solución multienzimática

### 2.8 Determinación de factores Antinutrimientales

Taninos:

Para la determinación de taninos se basó 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, cuantificado espectrofotométricamente a 525 nm (ISO 9648, 1988).

#### Procedimiento

- a) Pesar 1 g de muestra.
- b) Adicionar DMF al 75%.
- c) Agitar durante 1 hora, y dejar reposar durante 15 minutos.
- d) Centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos.
- e) Tomar 1mL de muestra del sobrenadante, ajustar el volumen a 6 ml con agua destilada, 1 ml de citrato férrico (17-20%), 1 ml de amoniaco.
- f) Leer la absorbancia a 525 nm.

## Ácido Fítico

Para la determinación de ácido fítico, el extracto de la muestra se calienta con una solución de ácido férrico para conocer el contenido de hierro. La disminución del hierro (determinada colorimétricamente con 2,2-bipiridina) en el sobrenadante es la medida del contenido de ácido fítico (Haug *et al.*, 1983).

### Procedimiento

- a) Pesar 0.1g de muestra y adicionar 20 ml de HCl 0.2 N, agitar durante 20 minutos.
- b) Tomar 0.5 ml del extracto y colocarlo en un tubo de ensaye.
- c) Adicionar 1 ml de sulfato férrico de amonio 0.2%.
- d) Tapar el tubo y calentarlo a 95 +/- 2°C durante 30 minutos.
- e) Enfriar los tubos de ensaye.
- f) Adicionar 2 ml de 2,2-Bipiridina a cada tubo.
- g) Leer la absorbancia a 519 nm.
- h) Realizar los cálculos correspondientes.

$$\frac{P * 100\%}{\text{muestra/ml HCl}}$$

Dónde:  $P = \frac{(x \cdot E)}{T}$

## Inhibidores de Tripsina

Para la determinación de inhibidores de tripsina se utilizó la técnica que se basa en poner en contacto el extracto acuoso de una muestra con una solución estándar de tripsina, posteriormente se determina la actividad proteolítica remanente utilizando un sustrato sintético (bezoil-arginina-p-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)

## Procedimiento

- a) 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 min a 300 rpm. Centrifugar 5 minutos a 5000 rpm.
- b) 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.
- c) Adicionar 2 ml de solución estándar de tripsina y agitar. Se mantiene en contacto inhibidor de tripsina-tripsina a 37°C.
- d) Adicionar solución BAPNA a cada uno de los cinco tubos. Se mantiene por 10 minutos exactamente.
- e) Adicionar 1ml de ácido Acético al 30%.
- f) Leer a 410 nm.

$$B * Factor * \frac{Vol. aforado muestra}{mg de muestra} = \frac{UTI}{mg de muestra}$$

Dónde:

B: Ordenada al origen

Factor: Factor de dilución

## 2.9 Determinación de la relación de eficiencia protéica (PER)

Se realizó el análisis de la calidad protéica, a la tulipa seleccionada con la mejor formulación, mediante una prueba biológica conocida como el Índice de Eficiencia Proteica (PER), de acuerdo al método oficial 960.48 de la AOAC internacional (AOAC, 2006).

Para la realización de esta prueba se prepararon dos dietas isocalóricas e isoprotéicas (10% de proteína), después se colocaron los animales (6 ratas para muestra control y 6 ratas para muestra a analizar, es decir, la tulipa de la formulación seleccionada) en las jaulas individuales de un rack, siguiendo la distribución de "culebra japonesa". Una vez distribuidos los animales en las jaulas individuales, se les colocó un comedero con la dieta correspondiente, en cantidad suficiente para que siempre contenga exceso de alimento y su consumo sea *ad libitum*, también se colocaron bebederos y siempre se mantuvieron con agua. Como las ratas al alimentarse tienden a desperdiciar alimento, se colocó debajo de cada jaula una charola hecha con papel manila, para recuperar este alimento, el cual se separó de las heces con la ayuda de un cernidor y se sumó para calcular el alimento real ingerido. Los animales se pesaron cada tercer día (lunes,

miércoles y viernes) y se registró el peso de cada rata y el alimento real ingerido. Esto se realizó durante los 28 días que duró el experimento. Con los resultados obtenidos, se calculó el PER de cada uno de los animales, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\bullet \text{ PER} = \frac{\Delta P}{\Sigma AI} = \frac{\Delta P}{\text{Cant prot ingerida}}$$

Dónde:

$\Delta P$  = Incremento de peso (g)

$\Sigma AI$  = Alimento ingerido acumulado o total (g)

F = factor de conversión unitario de alimento a proteína (% de proteína en la dieta/100).

Con cada uno de los valores individuales del PER, se procedió a calcular el PER promedio del lote en estudio con su correspondiente desviación estándar, y a su vez se calculó su coeficiente de variación (CV) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{CV}(\%) = \frac{\sigma}{x} \times 100$$

Donde:

$\sigma$  = desviación estándar de los datos

X= valor promedio del PER de los seis animales del lote.

Los datos del bioensayo debieron mostrar homogeneidad, para lo cual es necesario que el CV sea  $\leq 15\%$ , en caso contrario se debió reducir el intervalo de los datos presentados, eliminándose los valores extremos, o sea el dato más alto y el más bajo y se volvió a calcular el CV.

Ya que los métodos biológicos con mucha frecuencia presentan variación interlaboratorio, algunos investigadores han sugerido expresar el valor del PER en términos de Relación de Eficiencia Protéica ajustada o corregida (PERa); para lo cual, es necesario contar con el valor experimental de este índice biológico del lote de animales alimentados con la dieta de caseína (referencia) que cumplan los requisitos mínimos de experimentación y un valor estandarizado de PER de 2.5 a la proteína de referencia (Caseína); por tal motivo, es conveniente informar el resultado en términos de PERa

$$\text{PERa} = \text{PER (prueba)} \frac{\text{PER(Caseina) STD}}{\text{PER(Caseina) EXP}}$$

Dónde:

PERa (PRUEBA) = PER experimental de la proteína a evaluar

PER (CASEÍNA)STD = PER de caseína estandarizado = 2.5

PER (CASEÍNA)EXP = PER de caseína obtenido en el experimento

## 2.10 Evaluación sensorial

Se realizó una prueba afectiva para evaluar el nivel de aceptación del producto, la cual se realizó a 100 panelistas no entrenados, los cuales calificaron a las tulipas según su nivel de agrado, con base en una escala no estructurada (anexo 3) (Watts et al., 1992).

## 2.11 Análisis estadístico

Todas las pruebas se realizaron por triplicado y se obtuvo su promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para las pruebas sensoriales, se calculó la frecuencia y la media y se realizó la comparación de medias por la prueba de rango múltiple t-student con el programa estadístico Origin V. 4.

## 3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis químico proximal de la materia prima

Para comparar la composición química de las materias primas, harina de amaranto y harina de trigo marca tres estrellas se realizó un análisis químico proximal (tabla 8).

**Tabla 8.** Análisis químico proximal de las harinas de trigo y amaranto.

Muestra	Humedad	Proteínas	Grasa	Cenizas	Fibra	CHOS
Harina de Trigo	12.06±0.1 <sup>a</sup>	8.94±0.1 <sup>a</sup>	1.11±0.01 <sup>a</sup>	0.49±0.02 <sup>a</sup>	0.17±0.01 <sup>a</sup>	77.23 <sup>a</sup>
Harina de Amaranto	11.56±0.01 <sup>a</sup>	12.29±0.005 <sup>b</sup>	5.5±0.01 <sup>b</sup>	1.57±0.04 <sup>b</sup>	3.39±0.11 <sup>b</sup>	65.14 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas (P≤ 0.05)

Los resultados mostraron que la harina de amaranto contiene una cantidad mayor de proteínas que la harina de trigo, la cual se ha reportado que presenta un balance adecuado de aminoácidos esenciales principalmente lisina, metionina y triptófano; aminoácidos que son deficientes en los demás cereales incluyendo el trigo (Contreras *et al.*, 2010). Por otra parte, el contenido de grasa del amaranto es casi cinco veces mayor que el del trigo, y se sabe que esta grasa contiene un alto contenido de ácidos grasos esenciales, entre ellos el ácido linoleico (18:2) también conocido como omega-6 y el ácido linolénico (18:3), así como una importante cantidad de tocoferoles, fitoesteroles y algo muy interesante el escualeno; este último compuesto es un importante intermediario en la síntesis de esteroides en el cuerpo humano. También se tuvo un porcentaje de fibra tres veces mayor en el amaranto que en el trigo, esto es importante porque se sabe que la fibra tiene grandes beneficios para la salud (Álvarez *et al.*, 2010).

Así mismo se muestra una diferencia estadísticamente significativa (P≤ 0.05) en los valores de cenizas entre ambas harinas siendo superior en la harina de amaranto y se ha reportado que tiene altos contenidos de calcio, hierro y magnesio (Sanz *et al.*, 2012).

Estos resultados nos sugieren que el amaranto puede ser utilizado para complementar la harina de trigo en la formulación para elaborar tulipas y así mejorar su calidad nutricional.

### 3.2 Prueba sensorial de preferencia

Se realizó una prueba sensorial de preferencia a las cuatro formulaciones a 100 jueces no entrenados (tabla 9) Anexo 2.

**Tabla 9.** Evaluación sensorial de preferencia a las tulipas seleccionadas.

N. de jueces	Formulaciones Trigo- Amaranto- Gluten			
	70-20-10	60-30-10	50-40-10	40-50-10
<b>100</b>	286 <sup>a*</sup>	222 <sup>b</sup>	235 <sup>b</sup>	264 <sup>a</sup>

\*Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas (P≤ 0.05)

Se observaron que las tulipas con 20 y 50 % de harina de amaranto fueron las más aceptadas, mientras que las formulaciones de 30 y 40 % de amaranto fueron menos aceptadas ya que los jueces percibieron un resabio amargo después de su ingesta, así como una textura arenosa, aunque esta característica no es tan perceptible para todos los jueces, ya que no son entrenados, por esta razón se descartaron estas formulaciones y se trabajaron con las formulaciones 20 y 50%.

### 3.3 Análisis químico proximal de tulipas elaboradas con las formulaciones seleccionadas

Seguidamente a las tulipas seleccionadas se realizó un análisis químico proximal comparándolo con la tulipa control (100% trigo) y una tulipa comercial de la marca Selecto®, producto Canasta de harina de trigo, en una presentación de 10 piezas con un peso neto de 220 g (tabla 10).

**Tabla 10.** Análisis químico proximal de tulipas, formulaciones seleccionadas, tulipa control y tulipa comercial.

Muestra	Humedad	Proteínas	Grasa	Cenizas	Fibra	CHOS
<b>Comercial</b>	6.94±0.06 <sup>a</sup>	4.59±0.46 <sup>a</sup>	4.28±0.015 <sup>a</sup>	0.88±0.06 <sup>a</sup>	2.35±0.04 <sup>a</sup>	79.84 <sup>a</sup>
<b>Control</b>	3.92±0.05 <sup>b</sup>	5.93±0.47 <sup>b</sup>	19.32±0.35 <sup>b</sup>	0.55±0.018 <sup>b</sup>	2.72±0.27 <sup>ab</sup>	67.56 <sup>b</sup>
<b>Formulación HT-70,HA-20,G-10</b>	4.51±0.38 <sup>bc</sup>	7.02±0.44 <sup>c</sup>	19.88±0.33 <sup>b</sup>	0.67±0.02 <sup>c</sup>	2.35±0.03 <sup>b</sup>	65.57 <sup>b</sup>
<b>Formulación HT-40,HA-50,G-10</b>	3.85±0.15 <sup>bd</sup>	8.12±0.02 <sup>c</sup>	22.30±0.46 <sup>b</sup>	0.65±0.02 <sup>c</sup>	3.24±0.13 <sup>c</sup>	61.84 <sup>b</sup>

\*Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ )

Se puede apreciar que el amaranto tuvo un efecto positivo sobre el contenido de proteína, grasa y fibra. La formulación HT-70, HA-20, G-10 logró un incremento en proteína de 18% con respecto a la tulipa control y un 52.9% con respecto a la tulipa comercial. Mientras que la formulación HT-40, HA-50, G-10 logró un incremento de 36.43 % con respecto a la tulipa control y un 76.90 % con respecto a la tulipa comercial.

Además, su contenido de minerales es superior con respecto a la tulipa de trigo, reportándose que contiene principalmente calcio, potasio, magnesio y hierro (Becerra,2000; Flores, 2011). Y la fibra fue mayor y con una diferencia estadísticamente significativa entre la muestra con 50% de amaranto y las otras tres muestras.

Por lo tanto, la calidad nutrimental de las tulipas de amaranto fue considerablemente superior a la control y a la comercial, pero entre las dos formulaciones con amaranto fue ligeramente menor la formulación con 50% de amaranto.

### 3.4 Prueba de resistencia mecánica

Se realizaron pruebas físicas (Grosor, peso y resistencia) para determinar el tiempo que tarda el helado en filtrar y romper la tulipa para helado y determinar si existe una relación entre el grosor y la resistencia (tabla 11) .

**Tabla 11.** Resultados de resistencia, peso y grosor.

Muestra	Resistencia (min)	Peso (g)	Grosor (in)
<b>Tulipa Comercial</b>	178.66±6.54 <sup>a</sup>	24 ±0 <sup>a</sup>	0.119±7.13x10 <sup>-3 a</sup>
<b>Tulipa Control</b>	200.66±11.11 <sup>a</sup>	23.66 ±1.52 <sup>a</sup>	0.108±6.80x10 <sup>-4 a</sup>
<b>Formulación HT-70,HA-20,G-10</b>	203.66±9.03 <sup>a</sup>	24 ±0 <sup>a</sup>	0.107±4.63x10 <sup>-4 a</sup>
<b>Formulación HT-40,HA-50,G-10</b>	133.33±22.09 <sup>b</sup>	23.66 ±1.52 <sup>a</sup>	0.108±1.09x10 <sup>-4 a</sup>

\*Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ )

Se observa que en relación con la resistencia la que tuvo mayor tiempo fue la de harina de amaranto con 20% y no hubo diferencia significativa con las otras a excepción de la de 50% en harina de amaranto, en cuanto a peso no hubo diferencia significativa y en cuanto a grosor tampoco hubo diferencia significativa.

### 3.5 Pruebas de calidad nutrimental

Se realizó la prueba de digestibilidad *in vitro* y triptófano (tabla 12) para las tulipas elaboradas con la formulación HT-70, HA-20, G-10 y HT-40, HA-50, G-10, también la tulipa control y la tulipa comercial.

**Tabla 12.** Pruebas de calidad nutrimental en tulipas

Muestra	Digestibilidad In vitro	Contenido de Triptófano (g try/ 100 g proteína)
<b>Control</b>	83.68±0.22 <sup>a</sup>	1.035±0.005 <sup>a</sup>
<b>Comercial</b>	85.26±0.22 <sup>a</sup>	0.035±0.015 <sup>b</sup>
<b>Formulación HT-70,HA-20,G-10</b>	86.39±0.23 <sup>a</sup>	1.36±0.01 <sup>a</sup>
<b>Formulación HT-40,HA-50,G-10</b>	87.36±0.34 <sup>a</sup>	0.765±0.015 <sup>c</sup>

\*Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ )

La prueba de digestibilidad *in vitro* mostró que entre las formulaciones no había diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) teniendo valores aceptables de digestibilidad en todos los casos, siendo mayor en la formulación HT-40, HA-50, G-10 lo cual seguramente se debe a un mayor contenido de amaranto.

En cuanto al contenido de triptófano se observó que la muestra comercial y la formulación con TH-70, HA-20, G-10 son similares y no hubo diferencia estadísticamente significativa entre ellas ( $P \leq 0.05$ ), en cuanto a la formulación HT-70, HA-20, G-10 se ve que el triptófano es mayor que la formulación HT-40, HA-50, G-10, esto puede ser debido a que, aunque tiene menor concentración de amaranto, se complementa con el triptófano que aporta la porción de la harina de trigo, por eso es que es mayor el valor en la concentración HT-70,HA-20,G-10.

### 3.6 Análisis de compuestos anti-nutrimientales

A las tulipas elaboradas se les realizó un análisis de factores anti-nutrimientales como ácido fítico, taninos e inhibidores de tripsina (tabla 13).

**Tabla 13.** Contenido de factores anti-nutrimientales en las tulipas

Muestra Tulipa	Taninos	Ácido fitico	Inhibidores de Tripsina
<b>Control</b>	0.173±0.001 <sup>a*</sup>	NEGATIVA	ND
<b>Comercial</b>	0.195±0.005 <sup>a</sup>	NEGATIVA	ND
<b>Formulación HT-70,HA-20,G-10</b>	0.23±0.0 <sup>b</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	ND
<b>Formulación HT-40,HA-50,G-10</b>	0.25±0.0 <sup>bc</sup>	0.32±0.005 <sup>a</sup>	ND

\* Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ )  
ND: No Detectado

La presencia de taninos en las tulipas evaluadas muestra que no hay diferencia entre el control y la comercial, pero si hay diferencia significativa entre las formulaciones con amaranto, pero en los dos casos es tan baja la cantidad de taninos que es difícil que llegue a representar un riesgo en la ingesta de estos productos (Valle y Lucas, 2000).

En cuanto al ácido fitico, en la muestra control y comercial es negativa y en las formulaciones hechas con amaranto presentan valores pequeños los cuales no presentan riesgo en el consumo de estos (Valle y Lucas, 2000).

En cuanto a los inhibidores de Tripsina los resultados muestran que no son detectados en la tulipa control, la comercial y las dos formulaciones hechas con harina de amaranto.

Como se pudo observar en los resultados anteriores, el contenido de amaranto en las tulipas sí tuvo un efecto positivo sobre su calidad nutricional con respecto a los productos control y comercial, pero entre de las dos formulaciones con amaranto fue ligeramente mejor la que contenía 50% de amaranto, además en la evaluación sensorial fue la que tuvo mayor cantidad de opiniones positivas. Por esta razón fue seleccionada como la mejor formulación HT-40, HA-50,G-10 y con ella se realizó la prueba de la relación de eficiencia protéica (PER).

### 3.7 Prueba de eficiencia protéica (PER)

Las proteínas son el principal componente estructural y funcional de todas las células del organismo. Los aminoácidos (AA) son los sillares de las proteínas los cuales actúan, además, como precursores de ácidos nucleicos, neurotransmisores y otras moléculas esenciales para la vida. Por lo tanto, un aporte dietético adecuado de proteína es esencial para mantener la integridad y la función celular, y para lograr un buen estado de salud (Olza *et al.*, 2008).

**Tabla 14.** Resultados de la prueba Relación de Eficiencia Proteica (PER)

	<b>X PER</b>	<b>DIGESTIBILIDAD APARENTE</b>
<b>Caseína</b>	2.44 <sup>a</sup>	92.80 <sup>a</sup>
<b>amaranto</b>	2.34 <sup>a</sup>	91.24 <sup>a</sup>
<b>40%HT-50%HA-10%G</b>	1.44 <sup>b</sup>	91.84 <sup>a</sup>

\*Diferentes letras entre filas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ )

Los resultados del PER (tabla14) muestran que el amaranto tiene un valor de 95.90% con respecto a la caseína mientras que la formulación seleccionada (40%HT-50%HA-10%G) tuvo un 59% del valor de PER de la caseína, que está ligeramente por debajo de 1.5 que es un valor que indica una proteína de buena calidad nutrimental (Friedman, 1996). Por otra parte, la disminución en el valor de PER se puede deber al alto contenido de harina de trigo, la cual se sabe es de baja calidad nutrimental (FAO,1997), en comparación al amaranto crudo en forma de harina.

En cuanto a la digestibilidad aparente, los resultados muestran que no hay diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre las tres muestras, esto indica que la proteína contenida en la tulipa con amaranto puede ser muy bien asimilada por el organismo que la consume.

### 3.8 Prueba sensorial de nivel de agrado

Después de la realización del análisis químico proximal, así como de calidad nutrimental y anti-nutrimental, la tulipa de amaranto fue sometido a una prueba sensorial de nivel de agrado para conocer su aceptación por parte de un potencial consumidor.

La prueba se realizó ante 92 jueces no entrenados, los cuales contestaron el cuestionario mostrado en el ANEXO 3 (tabla 15).

**Tabla 15.** Prueba de nivel de agrado de la Tulipa de amaranto seleccionada.

<b>Tulipa de amaranto</b>	<b># Jueces</b>	<b>Calificación</b>	<b>% Aceptación</b>
<b>40%HT-50%HA-10%G</b>	92	9.21	95.55%

Con la prueba de nivel de agrado se determinó que la tulipa hecha a partir de harina de trigo y amaranto tuvo una muy buena aceptación (Anexo 4) de más del 90% de los jueces, quienes le otorgaron una calificación muy buena de 9.21 en una escala del 1 al 10 (tabla 15) con un coeficiente de variación de 14.84%. Estos resultados representan un buen indicador de la aceptación de este producto, que permitirá contribuir de una manera diferente y nutritiva de seguir consumiendo un producto que gusta a la población, pero con una mejor calidad nutrimental

## 4. CONCLUSIONES

Se pudieron elaborar tulipas hasta con un 50% de amaranto obteniéndose productos de buena calidad física y sensorial.

El análisis químico proximal determinó que la harina de amaranto tiene mayores componentes químicos (proteína, grasa, cenizas, fibra cruda y carbohidratos) que la harina de trigo comercial y que puede complementarla.

La formulación inicial fue modificada adicionándole gluten lo cual mejoró la resistencia, apariencia y dureza de las tulipas.

La mejor formulación fue la que contenía HT-40, HA-50, G-10 % trigo-amaranto-gluten respectivamente.

La calidad nutrimental de la tulipa elaborada con la mejor formulación fue superior a la de la tulipa control elaborada únicamente con trigo y también a la tulipa comercial debido a que el amaranto aumento la proteína , la grasa y la fibra, además de que la digestibilidad in vitro fue mayor en la formulación seleccionada.

Los factores anti-nutrimientales presentes en la tulipa con amaranto fueron el ácido fitico y los taninos pero en concentraciones muy bajas, en el caso del acido fitico en concentraciones de 2 a 5 g/Kg y en los taninos 10g/100 g por lo tanto puede ser consumida sin ningún riesgo para la salud.

La tulipa elaborada con amaranto obtuvo una aceptación de 95% por parte de los consumidores potenciales, quienes le otorgaron una calificación de 9.21 en una escala del 1 al 10 con un coeficiente de variación de 14.84%.

## 5. RECOMENDACIONES

Realizar un perfil de aminoácidos al producto, para comprobar que los aminoácidos esenciales que aporta el amaranto se mantuvieron en la tulipa después del horneado

Para conocer mejor la opinión de las personas acerca de un producto en el que se emplea un alto porcentaje de amaranto se recomienda realizar un estudio de mercado que describa de una manera más detallada la opinión de los consumidores acerca de este producto en cuanto a su consumo; y si realmente estarían dispuestos a adquirirlo si existiera en el mercado.

También evaluar diferentes aditivos (lecitina, gomas) que puedan sustituir a la mantequilla para bajar el contenido de grasa manteniendo la misma textura del producto.

Así mismo evaluar sustitutos para el azúcar, la sal y el gluten, para mejorar la calidad del producto para ciertos sectores de la población.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Alejandre Itubirde, G., & Gómez Lorence, F. (1986). Cultivo del amaranto en México, México; Universidad Autónoma de Chapingo
2. Alvarez Jubete, L., Arent E, K., E. (2010). Nutritive value of pseudocereales and their increasing use as functional gluten-free ingredients. Trends in Food Science and Technology. Vol 21:106-113.
3. A.O.A.C (2002) Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. Cunninf, P., Published by AOAC International, Edition, USA.
4. A.O.A.C. (2006). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. Method 960.48. Cunninf, P., Published by AOAC International, Edition, USA.
5. Amaro, N., Anzolabhere, M., Buonomo, B., Correa, V., Garrido, J., Regueiro, S., Riella, V., Rousserie, J. (2011). Descripción analítica del trigo. Universidad de la Republica, Facultad de agronomía, Montevideo.
6. Badui, S. (2001), Química de los alimentos. Ed. Pearson educación, México
7. Barriga, X. (2012). Galletas. Grijalbo Editores. España 92 pp.
8. Barros, C y M. Buenrostro. (199/), Amaranto, Fuente maravillosa de sabor y salud, México, Grijalbo. pp.158
9. Becerra, R. (2000). El amaranto. Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el conocimiento de la biodiversidad (Biodiversitas), 5(30)1-6
10. Biodiversidad Mexicana (2017) Amaranto, quelite, quintoniles, alegría, huautli, tzoalli; Fecha de consulta 20 de noviembre del 2017. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/ alimentacion/ amaranto.html>
11. Calaveras, Jesús (2014) Nuevo tratado de panificación y bollería. España: Mundi Prensa pp 25-29, 38, 125-1
12. CANIMOLT. (2017). Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo, Cereales y trigo. Fecha de consulta; 22 de diciembre del 2017, Disponible en; [ww.canimolt.org/trigo](http://ww.canimolt.org/trigo)
13. Conosvictoria (2017). Producto; Fecha de Consulta 27 de Agosto del 2017. Disponible en: <http://www.conosvictoria.com/Productos>
14. Contreras, L.E., Jaimez, O.J., Porrás, M.I., Juárez, S. F., Añorve, M. J., Villanueva. R.S (2010). Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de harinas para preparar atole de amaranto. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 60(2), 184-191
15. Escalera, C.F; (2010). Plan de negocios para una heladería. Tesis Licenciatura. Ingeniería Industrial., Facultad de Ingeniería, UNAM.
16. Escobedo, G.J; (2013). Desarrollo de una botana complementada con amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) para aumentar su calidad nutrimental. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

17. Espitia-Rangel, E., C. Mapes-Sanchez, D. Escobedo-López et. (2010), Conservación y uso de recursos genéticos de amaranto en México, Celaya, INIFAP-Centro de investigación Regional Centro, p .201.
18. Excelsior, (2018).Obesidad en México, problema de gravedad mayor; FAO. Disponible en: <http://www.excelsior.com.mx/global/2018/03/11/1225688>
19. FAO, (1997). Nutrición y Composición Química de Cereales. Disponible en:<http://www.rle.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/cap7.htm#Top>
20. Flores Ramírez, C. O. (2011). Amaranto: Conocimientos alimenticios, agronómicos y tecnológicos al inicio del siglo XXI. Tesis de Licenciatura, Ingeniero en alimentos. Universidad Autónoma de México.
21. Friedman, M. (1996). Nutritional value of proteins from different food sources. A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(1), 6-29.
22. Gil Hernández Ángel (2010) Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. España: Medica Panamericana.
23. González.C.A. J (2008). Optimización de procesos de la cadena fría del helado en la empresa Helados Sarita, Tesis de Licenciatura. Ingeniería Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
24. Haug. W., Lantzsch, H.J (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and products, J. Sci. Food Agric.34:14232-14261.
25. Hsu, H. W., D. D Vavak, Satterlee L.D y. Miller G.A (1977). A multienzyme tecnica for estimating protein digestibility, J. Food Sci. 42 (5):1269-1273
26. IIEG. (2017): Sobrepeso y obesidad. Disponible en: <http://iieg.gob.mx/contenido/PoblacionVivienda/libros/LibroDiezproblemas/Capitulo1.pdf>
27. Irving. D. W., Betschart A.A y Saunders R.M. (1981). Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. Journal Food Science. 46; 1170-1173
28. ISO. (1988). Determinación del contenido de taninos en sorgo. International Organization of Standardizations. ISO/DIS 9648.pp. 175-215
29. Kakade, M.L., Rackis, J.J, McGhee JE, Puski G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: A collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem. 51:376-381.
30. Kritchevsky, D. and Bonfield (1988).Dietary Fiber in Health and Disease. Book review in Am. J. Clin Nutr.69: 1308.
31. Listen diario (2018). El sorgo blanco recurso para la calidad del pan: Fecha de consulta Enero del 2018. Disponible en: <https://www.listindiario.com/economia/2017/05/23/467115/el-sorgo-blanco-recurso-para-la-calidad-del-pan>
32. Martínez (2012). Conos para helado: Fecha de consulta Agosto 2017. Disponible en: <http://www.conosmartinez.com.mx/>

33. Martínez-Manrique., E Jiménez-Vera.V., (2017) Estructura y morfología de cereales; Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2017, Disponible en <http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/>
34. Maya, C.G.C. (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una fábrica dedicada a la producción y comercialización de conos de galleta para helado en la ciudad de Ibarra. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en contabilidad y auditoría. Universidad técnica del Norte. Facultad de ciencias administrativas y económicas.
35. Mejor con salud (2017). 6 Harinas saludables que puedes usar para remplazar la harina de trigo refinada: Fecha de consulta 20 de diciembre 2017, Disponible en; <https://mejorconsalud.com/6-harinas-saludables-puedes-usar-reemplazar-la-trigo-refinada/>
36. Milenio (2017); Producción de Trigo en México creció 14.6% en tres años; Fecha de consulta: 20 de diciembre del 2017, Disponible en; [http://www.milenio.com/negocios/trigo-produccion\\_trigo-mexico-sagarpa-sonora-baja\\_california-milenio-noticias\\_0\\_946705634.html](http://www.milenio.com/negocios/trigo-produccion_trigo-mexico-sagarpa-sonora-baja_california-milenio-noticias_0_946705634.html)
37. Mujica, A.S., Beri M.D., Izquierdo J. (1997). El cultivo del amaranto (*amaranthus spp.*); producción, mejoramiento genético y utilización. Escuela de Post-grado. Maestría Agricultura Andina, Universidad Nacional del Altiplano, Peru, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chile
38. NMX-036-1996. Productos alimenticios no industrializados. Cereales, Trigo. (*Triticum aestivum L. y Triticum durum Desf.*). Especificaciones y métodos
39. NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
40. Olza, M.J., Porres, F.J., Urbano, V.G., Martínez, D.E., Gil, H. (2008). Evaluación biológica de la calidad de una mezcla de proteínas para uso en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*. 3(23).
41. OMS. (1985). Necesidades de energía y proteínas, OMS., Ginebra. Serie de informes técnicos N. 724.
42. OMS (2017). Obesidad y sobrepeso: Fecha de consulta: 20 de diciembre del 2017. Disponible en: [www.who.int/mediacenter/factsheets/fs311/es/](http://www.who.int/mediacenter/factsheets/fs311/es/)
43. Ortega Orlando (2011). El deleite de Moctezuma. Fecha de consulta: abril de 2018. Disponible en: <https://ortegareyes.wordpress.com/2011/12/30/el-deleite-de-moctezuma/>
44. Paredes-López, O., Barba de la Rosa, A.P. Hernandez-Lopez, D y Carabez-Trejo, A. (1990). Amaranto; características alimentarias y aprovechamiento industrial. Laboratorio de biotecnología de Alimentos, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico, Irapuato, Gto., México

45. Pastelería y dulcería Sin (2017): Trigo: Historia, Fecha de consulta; 14 de diciembre del 2017. Disponible en : [Sindulceria.com/txt/trigo-historia.htm](http://Sindulceria.com/txt/trigo-historia.htm)
46. Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la Panificación. España. Acibia, 85 pp.
47. Rama Rao, M.V., Tara, M, R., Krishanan, C. K. (1974). Colometric estimation of tryptophan contend of pulses. J. Food Sci. And Techn 11:213-216.
48. Reyna, T.T. (1988). Investigaciones recientes sobre el amaranto. Ed.Instituto de Geografía México, DF., pag 23
49. Rivera, L. E.; Romero, B.J. (1996). Estudio de la Calidad del trigo , su harina. Evaluación de tres variedades de trigo (*triticum aestivum*). Tesis Licenciatura, Ingeniería en Alimentos, UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, México.
50. SAGARPA. (2016). Amaranto alimento con presencia internacional. Consultado agosto del 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/amaranto-conquista-paises-de-america-y-europa>
51. Saludalia. (2018). Cereales. Fecha de consulta: 20 de febrero del 2018. Disponible en: <https://www.saludalia.com/salud-familiar/los-cereales>
52. Santin, H. C. y Lazcano S. M. (1986). Pasado, presente y futuro del amaranto. FAO. Cuadernos de Nutricion 9(1); 17-32
53. Sanz Panella J, M., Wronkowska, M., Soral Smietina, M., Haros, M. (2012). Effect of whole amaranth our on bread properties and nutritive value. ELSERVIER LWT-Food Science and Tecnology, XXX, 1-7.
54. SIAP. 2016. Del trigo al pan. Consultado agosto, 2017. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/3/04-trigo/contexto-1.html>
55. Soteras, E. M. (2011). Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto. Tesis de Maestría. Maestría en ciencia y tecno0logia de los alimentos. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de ingeniería química.
56. SSA (2017) Obesidad. Fecha de consulta:20 de diciembre del 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud>
57. Teutonico R.A. y Knoir D. (1985). Amaranth; Composition, Properties and Applications of a Rediscovered food Crop. Food Technology, 39(49) 49-61
58. Universal. (2018). ¿De qué tamaño es la industria del helado en México? Fecha de consulta: 30 de marzo del 2018. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/cartera/negocios/de-que-tamano-es-la-industria-del-helado-en-mexico>.
59. Valle, V. P. y Lucas, F. B. (2000). Toxicología en Alimentos, Mexico D.F, Instituto Nacional de Salud Pública, Centro Nacional de Salud Ambiental pág. 93.
60. Watts, B. M, Ylimaki G.L Jeffery L E, Elías L G. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ed. CIID, Ottawa.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### Cuestionario de la prueba sensorial de preferencia

#### PRUEBA DE EVALUACION SENSORIAL DE TULIPA PARA HELADO

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

NOTA: TOMA AGUA ANTES DE INICIAR LA PRUEBA Y POSTERIORMENTE ENTRE DEGUSTACION CONSUME AGUA

INSTRUCCIONES: Pruebe y califique las muestras otorgando un valor del 1 al 4, considere que el 1 es el que menos le gusta y el 4 es el que más le gusta.

Muestras	2688	3282	2787	2788
Valor	_____	_____	_____	_____

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

GRACIAS

Tulipa	Código
<b>HT-70,HA-20,G-10</b>	2688
<b>HT-60,HA-30,G-10</b>	3282
<b>HT-50,HA-40,G-10</b>	2787
<b>HT-40,HA-50,G-10</b>	2788

## ANEXO 2

### Resultados de la prueba sensorial de preferencia

No. De Juez	2688	3282	2787	2788
1	4	1	2	3
2	4	2	2	3
3	4	2	3	1
4	4	3	1	2
5	4	1	2	3
6	3	1	2	4
7	4	1	2	3
8	4	1	3	2
9	3	1	2	4
10	4	1	3	2
11	2	4	1	3
12	2	1	3	4
13	4	1	3	2
14	4	2	3	1
15	3	4	2	1
16	4	1	3	2
17	3	4	2	1
18	4	3	3	3
19	1	2	3	4
20	4	2	1	3
21	2	3	1	4
22	3	4	1	4
23	1	2	3	4
24	4	1	2	3
25	2	1	4	3
26	3	1	4	2
27	4	2	1	3
28	2	1	3	4
29	1	2	3	4
30	4	1	3	2
31	3	4	2	1
32	3	2	1	4
33	2	1	4	3
34	4	1	4	3

35	3	2	1	4
36	4	1	2	3
37	1	3	2	4
38	4	3	1	2
39	1	3	2	4
40	2	3	4	1
41	4	2	1	3
42	2	1	3	4
43	4	1	3	2
44	2	3	4	1
45	1	4	3	2
46	1	4	3	2
47	4	3	2	1
48	1	4	2	3
49	1	4	2	3
50	1	3	2	4
51	1	4	3	2
52	1	4	2	2
53	3	1	4	2
54	4	3	1	2
55	3	1	2	4
56	2	1	4	3
57	3	1	2	4
58	4	1	3	2
59	2	3	4	1
60	4	1	2	3
61	3	1	2	4
62	1	3	2	4
63	1	3	2	4
64	1	3	1	4
65	3	2	1	4
66	4	2	1	3
67	4	2	1	3
68	4	4	3	4
69	2	1	3	4
70	1	2	4	3
71	4	1	3	2
72	4	1	2	3
73	1	3	2	4
74	4	3	1	2
75	3	4	2	1
76	4	2	1	3
77	1	2	4	3
78	4	1	3	2
79	4	2	3	1

<b>80</b>	4	1	2	3
<b>81</b>	2	1	4	3
<b>82</b>	4	2	3	1
<b>83</b>	1	3	4	2
<b>84</b>	4	2	1	3
<b>85</b>	3	4	2	1
<b>86</b>	2	4	1	3
<b>87</b>	1	3	2	4
<b>88</b>	3	4	2	1
<b>89</b>	3	1	2	4
<b>90</b>	4	3	1	2
<b>91</b>	1	3	4	2
<b>92</b>	4	3	1	2
<b>93</b>	4	2	3	1
<b>94</b>	3	4	2	1
<b>95</b>	3	1	4	2
<b>96</b>	4	3	1	2
<b>97</b>	4	2	3	1
<b>98</b>	4	3	2	1
<b>99</b>	1	2	3	4
<b>100</b>	4	1	3	2
<b>total</b>	286	222	235	264

## ANEXO 3

### Cuestionario de la prueba sensorial de nivel de agrado

#### PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO DE TULIPAS DE AMARANTO PARA HELADO

Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: M F

Fecha \_\_\_\_\_

Buenos días/tardes

INSTRUCCIONES: Por favor pruebe las tulipas para helado y sobre la línea indique con una X su nivel de agrado. En el espacio de abajo, explique brevemente, ¿Por qué tomó esta decisión?

#### ESCALA

1 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

Disgusta mucho \_\_\_\_\_ Es Indiferente \_\_\_\_\_ Gusta

mucho

¿Por qué?

---

---

---

GRACIAS

## ANEXO 4

### Resultados de la prueba sensorial de nivel de agrado

JUEZ	CALIFICACION	JUEZ	CALIFICACION	JUEZ	CALIFICACION
1	10	31	10	61	10
2	10	32	10	62	9
3	10	33	10	63	9
4	10	34	10	64	9
5	10	35	10	65	9
6	10	36	10	66	9
7	10	37	10	67	9
8	10	38	10	68	8.5
9	10	39	10	69	8.5
10	10	40	10	70	8.5
11	10	41	10	71	8.5
12	10	42	10	72	8
13	10	43	10	73	8
14	10	44	10	74	8
15	10	45	10	75	8
16	10	46	10	76	8
17	10	47	10	77	7.5
18	10	48	10	78	7.5
19	10	49	10	79	7.5
20	10	50	10	80	7.5
21	10	51	10	81	7.5
22	10	52	10	82	7.5
23	10	53	10	83	7.5
24	10	54	10	84	7
25	10	55	10	85	7
26	10	56	10	86	5
27	10	57	10	87	5
28	10	58	10	88	5
29	10	59	10	89	5
30	10	60	10	90	5

PROMEDIO: 9.21

% DE ACEPTACION: 95.55