



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**ELABORACIÓN DE PAN DE CAJA A BASE DE AMARANTO Y CHÍA  
LIBRE DE GLÚTEN COMO ALIMENTO FUNCIONAL**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**RAMÍREZ DE LA TEJERA MARÍA JOSÉ**

**ASESORA:**

**M. en C. SANDRA MARGARITA RUEDA ENRÍQUEZ**

**COASESORA:**

**DRA. ALMA VIRGINIA LARA SAGAHÓN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

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

**ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe 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: **Tesis y Examen Profesional**

**Elaboración de pan de caja a base de amaranto y chía libre de glúten como alimento funcional.**

Que presenta la pasante: **María José Ramírez De La Tejera**  
Con número de cuenta: **308148589** 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 08 de Junio de 2016.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. Clara Inés Álvarez Manrique	
<b>VOCAL</b>	I.A. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Ana María Sabina de la Cruz Javier	
<b>1er. SUPLENTE</b>	I.A. Verónica Romero Arreola	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.A. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez	

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

IHM/cga\*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a la máxima casa de estudios, la UNAM por darme la oportunidad de ser parte de su comunidad de alumnos y formarme académica y culturalmente.

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por abrirme sus puertas, donde conocí profesores, compañeros y amigos cuyos recuerdos llevaré siempre conmigo.

A mi asesora la maestra Sandra Rueda y mi coasesora la doctora Virginia Lara por permitirme trabajar a su lado y compartirme sus amplios conocimientos, guiarme y apoyarme en todo el proceso de titulación, desde la selección del proyecto, el desarrollo experimental, la escritura y publicación, lo cual se dice fácil sin embargo sin ellas esto no sería posible.

A mis sinodales por su paciencia, apoyo y conocimientos brindados como comentarios y anotaciones, dejando en claro que en la UNAM se tienen docentes de gran nivel académico pero también humano.

Mi familia; mi mamá y mis hermanos quienes siempre creyeron en mí y me apoyaron en todos los aspectos, en cada decisión y proyecto emprendido, sin quienes no hubiera llegado jamás hasta aquí.

Finalmente, gracias a aquellos amigos con quienes tuve un apoyo académico, pero también compartí risas, enojos y lágrimas, ya que se convirtieron en una segunda familia al vernos todos los días y con quienes a la fecha, ya siendo colegas, seguimos recordando y compartiendo nuevas vivencias.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán como un proyecto del Taller Multidisciplinario “Desarrollo de Productos Alimenticios” con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE205314.

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	3
1.1. GENERALIDADES DEL AMARANTO	3
1.1.1. Composición química, características y propiedades	3
1.2. GENERALIDADES DE LA CHÍA	4
1.2.1. Composición química, características y propiedades	5
1.2.1.1. Mucílago	6
1.3. PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN	7
1.3.1. El glúten en los productos de panificación	10
1.3.2. Productos de panificación libres de glúten	11
1.4. PAN DE CAJA	13
1.4.1. Descripción y función de las materias primas utilizadas en la elaboración de pan de caja libre de glúten	14
1.5. EVALUACIÓN SENSORIAL	19
1.5.1. Importancia en el desarrollo de nuevos productos	19
1.5.2. Tipos de jueces	20
1.5.3. Tipos de pruebas	21
1.6. MERCADOTECNIA	23
1.6.1. Mercados	24
1.6.2. Estudio de mercado	24
1.6.3. Las 4 p de la mercadotecnia	25
1.6.4. Atributos del producto.	29

1.7. VIDA ÚTIL	30
1.7.1. Métodos para la determinación la vida útil	31
1.7.2. Etapas del ensayo de vida útil	33
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	35
2.1. OBJETIVOS	35
2.2. CUADRO METODOLÓGICO	36
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS	37
2.3.1. Actividades preliminares	37
2.3.2. Objetivo particular 1.	41
2.3.3. Objetivo particular 2.	43
2.3.4. Objetivo particular 3.	47
2.3.5. Objetivo particular 4.	49
2.3.6. Objetivo particular 5.	51
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.3.1. Actividades preliminares	53
3.3.2. Objetivo particular 1.	61
3.3.3. Objetivo particular 2.	67
3.3.4. Objetivo particular 3.	70
3.3.5. Objetivo particular 4.	75
3.3.6. Objetivo particular 5.	83
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS	91

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1:</b> Composición química del amaranto.	5
<b>Tabla 2:</b> Composición química de la chía.	7
<b>Tabla 3:</b> Curva patrón de ácido gálico para harina de chía.	28
<b>Tabla 4:</b> Días transcurridos de acuerdo al lote durante la determinación de vida útil.	51
<b>Tabla 5:</b> Concentración de ácido gálico (mg/ ml muestra) y absorbancia a 765nm de las disoluciones para la curva patrón para harina de chía.	56
<b>Tabla 6:</b> Concentración de ácido gálico (mg/ ml muestra) y absorbancia a 765nm de las disoluciones para la curva patrón para masa y pan.	57
<b>Tabla 7:</b> Tabla comparativa entre los resultados obtenidos de la harina de chía comparados con el bibliográfico.	59
<b>Tabla 8:</b> Porcentaje de las formulaciones de pan de caja a base de harinas amaranto y chía en función a la relación de harinas y concentración de mucílago (expresada en %).	67
<b>Tabla 9:</b> Condiciones para la elaboración de pan de caja a base de harinas de amaranto y chía.	67
<b>Tabla 10:</b> Resultados de la prueba de Friedman para probar el efecto de la proporción de harinas y mucílago en los atributos sensoriales	68
<b>Tabla 11:</b> Medianas de la prueba sensorial de ordenamiento para comparar prototipos.	69
<b>Tabla 12:</b> Formulación seleccionada.	70
<b>Tabla 13:</b> Propiedades físicas del pan de caja desarrollado vs pan comercial.	71
<b>Tabla 14:</b> Aporte nutritivo de la harina de chía experimental del pan de caja.	72
<b>Tabla 15:</b> Fenoles totales en la masa, pan de caja recién horneado y pan de caja adicionado.	73
<b>Tabla 16:</b> Propiedades fisicoquímicas del pan de caja.	74
<b>Tabla 17:</b> Análisis microbiológico del pan de caja.	75
<b>Tabla 18:</b> Características de Polietileno de Baja Densidad.	76
<b>Tabla 19:</b> Gramos por componente de cada rebanada.	78
<b>Tabla 20:</b> Determinación del costo de materia prima.	83
<b>Tabla 21:</b> Resultados de análisis microbiológico.	84
<b>Tabla 22:</b> Resultados de análisis de humedad.	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
<i>Fig. 1 Encuesta para el estudio de mercado.</i>	42
<i>Fig. 2 Diagrama de bloques para la elaboración de pan de caja.</i>	44
<i>Fig. 3 Encuesta de pruebas discriminativas.</i>	46
<i>Fig. 4 Harina de Chía.</i>	53
<i>Fig. 5 Mucílago deshidratado.</i>	54
<i>Fig. 6 Mucílago con Chía – Agua.</i>	54
<i>Fig. 7 Mucílago con Chía-Leche.</i>	55
<i>Fig. 8. Curva estándar de ácido gálico para determinación de fenoles en chía.</i>	56
<i>Fig. 9 Curva patrón de ácido gálico para determinación de fenoles en masa y pan.</i>	58
<i>Fig. 10 ¿Conoces el amaranto?</i>	62
<i>Fig. 11 ¿Conoces la chía?</i>	62
<i>Fig. 12 ¿Sabes que el amaranto tiene alto contenido de proteína y fibra?</i>	63
<i>Fig. 13 ¿Sabes que la chía es baja en carbohidratos, rica en fibra y omega-3?</i>	63
<i>Fig. 14 ¿Padeces o conoces a alguien que sea intolerante al glúten?</i>	64
<i>Fig. 15 ¿Qué tan frecuente consumes pan de caja?</i>	64
<i>Fig. 16 Al momento de su compra ¿En que se basa para realizar su compra?</i>	65
<i>Fig. 17 ¿Conoces un pan elaborado con amaranto y/o chía en el mercado?</i>	65
<i>Fig. 18 ¿Compraría pan a base de amaranto y chía?</i>	66
<i>Fig. 19 ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por un paquete de pan de caja de 450g?</i>	66
<i>Fig. 20 Etiqueta de información del producto.</i>	78
<i>Fig. 21 Recuadros especificados en la modificación a la norma NOM-051.</i>	79
<i>Fig. 22 Logotipo de pan integral “Salvia”.</i>	79
<i>Fig. 23 Empaque de pan integral “Salvia”.</i>	80
<i>Fig. 24 Anuncio publicitario de pan integral “Salvia”.</i>	81
<i>Fig. 25 Exhibidor para punto de venta de pan integral “Salvia”.</i>	82
<i>Fig. 26 Cocina para promoción y degustación de pan integral “Salvia”.</i>	82
<i>Fig. 27 Cinética de reacción de la humedad vs tiempo en pan de caja.</i>	85



## RESUMEN

La elaboración de pan sin glúten presenta dificultades tecnológicas y tiene baja aceptabilidad, en la elaboración de pan, el gel mucílago actúa en la masa proveyéndole mayor capacidad de retención de agua y menor pérdida de la misma durante la cocción (Garda, Álvarez, Lattanzio, Ferraro y Colombo, 2012). La sustitución del huevo por mucílago de chía disminuye el contenido de grasa saturada en pan, además aumenta su volumen por su capacidad de retención de agua (Boatella, Codony y López, 2004). En el presente trabajo se desarrolla pan de caja libre de glúten con el mucílago de chía como emulsificante y estabilizante para obtener características sensoriales, nutricionales y calidad higiénica aceptables para su consumo. Se realiza un experimento para evaluar el efecto de la relación de harinas de amaranto y chía (98:2, 95:5 y 92:8) y de la concentración del mucílago (20, 25 y 30 %) sobre las propiedades sensoriales de color, olor, sabor y textura medidas con una prueba discriminativa cuyos resultados fueron analizados con un análisis de varianza. Se encuentra un efecto significativo en el sabor y la textura ( $p < 0.05$ ), el prototipo con mayor aceptación es con amaranto: chía en relación 92:8 y concentración de mucílago de 25%. El pan producido tiene mayor contenido de fibra (15%), mayor contenido en cenizas (8%) y menor de carbohidratos (29%) que un pan de centeno comercial. El producto se envasa en polietileno de baja densidad y se diseña una etiqueta según la NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Se estima una vida útil de 18 días con pruebas microbiológicas y químicas a temperatura ambiente.

## INTRODUCCIÓN

El amaranto tiene características nutrimentales importantes con respecto a su contenido y calidad de proteína, pues su aporte de aminoácidos es superior al de los cereales. La lisina, es un aminoácido esencial deficiente en los cereales, sin embargo en el amaranto es abundante (Sanz-Penella, Wronkowska, Soral-Smietana y Haros, 2013), tiene alto contenido de fibra, proteína, y contiene pocos carbohidratos; entre las vitaminas que contiene el grano de amaranto están la riboflavina que se encuentra en mayor proporción que en otros alimentos, como los cereales e incluso que en la leche, y solo es menor que en el huevo (Morales, Vázquez y Bressani, 2009). La chía (*Salvia hispánica*) es una semilla deficiente en

carbohidratos, rica en fibra, proteína y ácidos grasos Omega-3, y es una excelente fuente de minerales (Salgado y Tapia, 2013). Las semillas de chía contienen particularmente aminoácidos como la leucina, lisina, valina e isoleucina y no hay evidencia de efectos adversos o alergenidad (Costantini, Luksic, Molinari, Kreft, Bonafaccia, Manzi y Merendino, 2014), por lo que es de interés su uso como ingrediente por su aporte energético y su alto contenido de antioxidantes, flavonoides y ácidos grasos que son benéficos para la salud (Bautista, Castro, Camarena, Katarzyna, Kazimierz, Alanís, Gamiño y Da Mota, 2007). Borneo (2010) demostró que la sustitución del huevo por mucílago de chía disminuye el contenido de grasa saturada en pan, además de aumentar el volumen de este por su capacidad de retención de agua (Borneo, Aguirre y León, 2010).

El pan de caja elaborado con harina de trigo es comercializado ampliamente en el mercado, por lo que, se desarrolló pan de caja a base harinas libres de glúten (amaranto y chía) de tal manera que el producto final no presenta sabor amargo característico que confiere la chía al someterla al horneado, utilizando como emulsificante su mucílago para obtener un pan con características funcionales. Su alto contenido de fibra facilita al intestino la absorción de nutrientes, por lo que el desarrollo en esta área de alimentos cobra gran importancia, para así obtener productos funcionales en valor nutritivo, los cuales se definen como aquellos alimentos que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos que ofrecen beneficios para la salud debido a su contenido en nutrientes y reducen el riesgo a contraer enfermedades (Segura, Salazar, Chel-Guerrero y Betancur-Anaconda, 2013). Hoy en día gracias a los avances en los criterios diagnósticos, la celiaquía y los problemas de obesidad se han convertido en un problema de salud de primer orden siendo su tratamiento el consumo de productos libres de glúten, ricos en fibra y bajos en grasa, para mejorar el funcionamiento del aparato digestivo, reduciendo el colesterol y favoreciendo el control de peso (Borneo, 2010), así mismo por su contenido en flavonoides y antioxidantes se previenen tumores, afecciones cardiovasculares y radicales libres, por lo que es importante generar productos libres de glúten (Buresová, Kracmar, Dvorakova y Streda, 2014).

## CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

### 1.1. GENERALIDADES DEL AMARANTO

El amaranto es uno de los cultivos pre-hispánicos principales y fue parte de la dieta de los Aztecas, Mayas, Incas y otras civilizaciones precolombinas, pertenece a la familia de los pseudocereales, tiene propiedades similares a los cereales aunque botánicamente no pertenece a esa familia. El género *Amaranthus* incluye más de 60 especies que crecen en varias partes del mundo, como América Central y del Sur, India, África y China (Sanz-Penella et al., 2013).

Existen tres especies del género *Amaranthus* que producen grandes inflorescencias repletas de semillas comestibles y que han sido domesticadas independientemente de las especies arbustivas: *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*, que se cultivan en México y Guatemala, respectivamente, y *A. caudatus*, que se cultiva en Perú (Morales et al., 2009).

En el “Libro octavo: De las comidas” del Códice florentino, fray Bernardino de Sahagun (1576) menciona que los mexicas “comían tamales hechos de bledos (amaranto) llamados ouaquitamalli”. Los tarahumaras, mayas, tepehuanes, yaquis, y miembros de otras tribus también preparaban una bebida llamada wee (Sánchez-Marroquín, 1980).

Los huicholes llamaban wa-ve a la semilla de amaranto y la utilizaban en la elaboración de galletas con formas de animales. En Jalisco y Oaxaca sus usos eran parecidos a los ya mencionados y en algunos lugares se empleaban para preparar tortillas o atoles, en Tenochtitlan las semillas de amaranto se consumían en forma de tamales y atoles. Los productos más comunes eran unas bolitas de masa de amaranto llamadas tzoalli o zoale; para prepararlas molían las semillas de amaranto y las mezclaban con miel de maguey, la palabra amaranto deriva del griego: *a*, negación y *maranino*, marchitarse, con lo que se alude a la resistencia de esta planta a la sequía, de allí que se diga que la palabra amaranto significa “inmortal” (Morales et al., 2009).

#### 1.1.1. Composición química, características y propiedades

El amaranto es un producto del cual se pueden obtener compuestos como proteínas, lípidos, fibra y almidón que se pueden utilizar para la elaboración de otros alimentos. Las proteínas de

amaranto tienen un valor nutritivo similar a la caseína de leche, sus propiedades funcionales son: capacidad de formar geles, emulsiones y espuma, lo que permite considerarlo como una fuente de materias primas de excelente calidad en el sector de alimentos (Carmona, 2007).

La semilla o grano del amaranto posee características nutrimentales muy interesantes; una de las más importantes es su contenido y calidad de proteínas, pues su aporte de aminoácidos indispensables es superior al de los cereales. Se ha informado que el contenido de proteínas crudas de diversas variedades de amarantos va de 13% a 18%, las semillas negras tienen mayor contenido de proteínas crudas que las semillas de colores claros, sin embargo las primeras poseen mucha más fibra y menos almidón (Morales et al., 2009).

Las proteínas de los amarantos tienen un balance de aminoácidos muy aceptable: poseen concentraciones elevadas de lisina (0.73%-0.84%), aminoácido indispensable que es deficiente en los cereales (Alvarez-Jubete, Auty, Arendt, y Gallagher, 2010).

Su contenido de lípidos varía de 3.1 a 11.5%, donde el ácido linoleico es el principal componente. La mayor parte de los lípidos de amaranto se ubica en la fracción testa embrión, que representa 25% del peso de la semilla (Morales et al., 2009). El aceite de amaranto es reportado que tiene alto nivel de tocotrienoles y escualeno, los cuales son compuestos naturales orgánicos que son envueltos en el metabolismo del colesterol y que pueden jugar un papel importante en la disminución del colesterol LDL en la sangre (Bodroza-Solarov, Filiocev, Kevresan, Mandic, y Simurina, 2008).

En cuanto a sus componentes, el amaranto contiene almidón en un 58-66%, con baja temperatura de gelatinización, entre 62 y 68°C y poca variación en el tamaño del gránulo. La fibra dietética contiene polisacáridos indigeribles, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a la planta. El contenido varía entre las especies de 9 a 16% de fibra dietética. La composición relativa de azúcares de la fibra insoluble en *A. caudatus* es de 57.35% de glucosa, 21.77% de arabinosa, 8.71% de xilosa, 6.07% de galactosa, 3.95% ramnosa, 1.59% de manosa y 0.55% de fructosa.

Los nutrimentos inorgánicos del grano de amaranto se hallan en el epispermo, el endospermo y el embrión. El contenido total de minerales ha sido reportado generalmente como mayor que el observado en los granos de cereales, especialmente calcio y magnesio (Alvarez-Jubete et al., 2010).

Entre las vitaminas que contiene el grano de amaranto, la riboflavina se encuentra en mayor proporción que en otros alimentos, como los cereales e incluso que en la leche, y solo es menor que en el huevo. Otras vitaminas que posee el grano de amaranto son tiamina, niacina y ácido ascórbico (Morales et al., 2009).

La composición química aparece resumida en la Tabla 1.

**Tabla 1:** *Composición química del amaranto*

<b>Componente</b>	<b>Amaranto (%)</b>
<b>Proteínas</b>	16.2
<b>Lípidos</b>	7.9
<b>CHO's</b>	57
<b>Fibra</b>	15.5
<b>Cenizas</b>	3.4

(Capitani, 2013)

De estos ingredientes se espera por su alto contenido en proteínas, fibra y cenizas que el producto final resulte con un porcentaje semejante, para aportar la funcionalidad nutritiva, así como que la diferencia entre el porcentaje de lípidos y fibra de un resultado neutro entre ambos componentes.

## **1.2. GENERALIDADES DE LA CHÍA**

La chía es una planta anual que pertenece a la familia de las Lameaceas. Alrededor del mundo la familia de las Lameaceas está compuesta aproximadamente de 224 géneros y 5600 especies, mientras que en México, de donde es nativa esta semilla, 26 géneros y aproximadamente 512 especies han sido reportadas (Salgado y Tapia, 2013).

En tiempos de la conquista española, la chía era uno de los cultivos más importantes de los aztecas. La chía, uno de los cuatro cultivos principales de los aztecas cuando Colón llegó al

Nuevo Mundo, ofrece el mayor contenido de ácidos grasos omega-3 disponible en el reino vegetal. Las civilizaciones precolombinas usaron la chía como materia prima para elaborar medicinas, compuestos nutricionales, y como fuente energética en viajes prolongados (Ayerza y Coats, 2006).

La chía era utilizada como materia prima para la elaboración de medicinas, alimentos y pinturas, así como en ofrendas a los dioses durante las ceremonias religiosas. Las semillas eran tostadas y se mezclaban con agua para consumirse como gachas (masa blanda medio líquida) o bien se mezclaban con harina para hornear. El aceite se usaba en pinturas o como emoliente y el mucílago como una pasta aplicado en heridas o para remover la suciedad del ojo (Ortiz de Montellano, 1978).

Durante muchos años las semillas de chía fueron comercializadas solamente en los mercados mexicanos. En 1965 la chía comenzó a estar disponible en comercios dietéticos del sudeste de California y Arizona y hacia finales de los 80's se comenzó a comercializar como un alimento para mascotas (Chía Pets), incrementándose la demanda de las semillas y posibilitando la venta mayoritaria de su producción (Hicks, 1966).

### **1.2.1. Composición química, características y propiedades**

La chía es una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre. Es pobre en sodio: 78 veces menos que el salmón, 237 veces menos que el atún (Ayerza y Coats, 2006).

En los aceites de semilla de chía se identificó principalmente ácido linolénico 50-57% y ácido linoleico (17-26%) (Bautista et al, 2007). Jiménez (2013) determinó 423 mg/kg de tocoferoles en aceite de chía. La importancia de los tocoferoles en alimentos y a nivel biológico, se debe a las propiedades antioxidantes de estos compuestos, así se ha visto que sus efectos están relacionados con su carácter protector frente a enfermedades degenerativas crónicas como las enfermedades coronaria, degeneración neuronal y aparición de tumores en diferentes localizaciones además de su contribución a la reducción de la peroxidación lipídica y su actividad antihipertensiva (Jiménez, Masson y Quitral, 2013).

Los antioxidantes más importantes son el ácido clorogénico, el ácido cafeico, miricetina, quercetina, kaempferol y flavonoles. En el caso de semillas de chía, además de tener un alto contenido de materia grasa, también contienen un aporte proteico importante. Esta semilla contiene un mayor contenido de proteínas en relación a otras semillas de consumo habitual como es el caso de trigo, maíz, arroz, avena, cebada y amaranto (Jiménez et al., 2013). La chía es también una buena fuente de riboflavina, niacina, tiamina, calcio, fósforo, potasio, cinc y cobre (Bautista et al., 2007).

Sus semillas tienen entre 13-354, 2-12 y 1,6-9 veces más calcio, fósforo y potasio, respectivamente que el trigo, arroz, cebada, avena y maíz. Así mismo, en comparación con la leche, las semillas de chía presentan un contenido 6 veces mayor de calcio, el doble de fósforo y 4,6 veces más de potasio (Capitani, 2013).

En consecuencia, las semillas de chía son productos de interés para enriquecer gran cantidad de productos como fórmulas y alimentos para bebés, alimentos horneados, barras nutritivas, yogures, salsas, etcétera (Bautista et al., 2007). El contenido de fibra en la harina residual de chía, después de la extracción de aceite representa alrededor de un 40%, del cual un 5% corresponde a fibra soluble, denominada mucílago (Capitani, 2013).

La Tabla 2 muestra la composición de la semilla de chía.

**Tabla 2:** *Composición química de la chía.*

<b>Componente</b>	<b>Chía (%)</b>
<b>Proteínas</b>	29
<b>Lípidos</b>	32
<b>CHO`s</b>	14
<b>Fibra</b>	20
<b>Cenizas</b>	5

(Capitani, 2013)

#### **1.2.1.1. Mucílago**

La fibra dietética soluble de la chía es parcialmente expulsada de la semilla cuando entra en contacto con el agua, en un gel claro mucilaginoso (Trowel, Southgate, Wolever Leeds, Gassull y Jenkins, 1976). Esta sustancia está formada por D-xilosa,  $\alpha$ -D-glucosa, 4-O-metil- $\alpha$ -

D-ácido glucoronico como sus componentes principales, en una relación de 2:1:1 respectivamente (Lin y Whistler, 1994).

El mucílago de la chía puede ser utilizado en la industria alimentaria como estabilizante, emulsificante, adhesivo y aglutinante, como resultado de su absorción de agua. Cuando el agua se pone en contacto con la superficie externa de la semilla, el mucílago es excretado, llegando a un estado constante después de 30 minutos del proceso, sin observarse crecimiento de la aureola del mucílago, produciendo una sustancia viscosa, sin alteración notable del tamaño del grano, aunque con una degradación de las células externas del pericarpio (Salgado y Tapia, 2013).

Específicamente en elaboración de pan el gel mucílago actúa en la masa proveyéndole mayor capacidad de retención de agua y menor pérdida de la misma durante la cocción. Esta propiedad aportada por los mucílagos también se evidencia en la actividad de agua. Esta última es de particular importancia en la determinación de la calidad y la seguridad del producto, también influye en el color, olor, sabor, textura y vida útil. Predice la seguridad y la estabilidad con respecto al crecimiento microbiano, la velocidad de las reacciones químicas y las propiedades físicas del alimento (Garda et al., 2012).

Así mismo, se encontró una mejora en la cualidad del perfil de grasa en pasteles cuando se sustituye el huevo o aceite por el mucílago de la chía, disminuyendo la grasa saturada como el colesterol, no afectando el rendimiento de la materia prima y teniendo buena aceptación de sus propiedades sensoriales (Borneo et al., 2010). El huevo en la industria panadera se utiliza para retener el gas producido durante la fermentación en el proceso de panificación (Boatella et al., 2004), característica que puede ser proporcionada por el mucílago de la chía para sustituir el huevo en la formulación del pan de caja.

### **1.3. PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN**

El pan puede considerarse como el primer alimento natural de la humanidad. Su importancia tanto desde el punto de vista nutricional, como cultural, ha llevado a que el logo de la FAO sea



una espiga de trigo rodeada del lema “FIAT PANIS” (Hágase el pan) (Hernández y Majem 2009).

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 700 u 800 años. Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes (Bourgeois, 1995).

Fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva daba un pan más ligero y de mejor gusto (Alexandre, 1990).

Sin embargo, fue Grecia quien asumió y desarrolló la industria panadera como una dedicación laboral y social de alto reconocimiento. Los hornos tipo industrial, que habrán de sustituir a las maniobras caseras, datan ya de 1540-1900 A.C. Después de 1700 A.C. los cereales habrán de hacer sitio al maíz, traído del Nuevo Mundo. Y a partir de este siglo XVIII, la técnica irrumpe en la industria panadera, mejorando extraordinariamente la producción y el consumo. Aparecen los aventadores, montacargas, molinos de cilindros de hierro, hornos de alta producción y control (Hernández y Majem, 2009).

A principio de siglo comenzó la mecanización de las panaderías y en 1900 entra en la fabricación la amasadora eléctrica y con ello surge la revolución industrial en el sector (Calaveras, 2004).

Durante los siglos XIX y XX los oficios familiares dan paso a la construcción de fábricas que incrementan la capacidad de producción de alimentos básicos, entre ellos el pan y los productos de panadería, llegándose hasta nuestros días a dos tendencias hasta cierto punto contrapuestas. Por un lado, los cambios de estilo de vida y la difusión de los congeladores y las microondas conllevan a la demanda de los alimentos (entre ellos el pan) de más cómoda preparación y adecuados para su almacenamiento en congeladores. Por otro lado, existe también una cierta demanda de alimentos lo más parecidos posible al alimento tradicional (Alexandre, 1990). Estas dos tendencias han tenido una repercusión importante en la panificación moderna.

### 1.3.1. El glúten en los productos de panificación

En 1907 se clasificó las proteínas del trigo según su solubilidad:

- Albúmina (Soluble en agua)
- Globulina (Soluble en solución salina diluida)
- Glutenina (Soluble en ácidos y bases)
- Gliadina (Soluble en alcohol al 70%) (Dueñas, Bedolla y Trujillo, 2004).

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

El glúten es el encargado de aguantar el gas carbónico producido por las levaduras gracias a su formación de la red proteica, para una buena panificación necesitamos que se forme un 24 ó 26% de glúten (Calaveras, 2004).

Las gliadinas y gluteninas son las proteínas de trigo que forman el glúten, jugando un importante rol en la calidad panadera de la harina. La calidad y la cantidad de estas proteínas están determinadas genéticamente y por factores ambientales que intervienen durante el desarrollo del grano (Cardos, Lupano y Añon, 2000).

Las proteínas pueden: A) No formar masa: aquellas proteínas solubles que no forman la red proteica del glúten y están en muy pequeñas cantidades proviniendo principalmente de las capas externas del grano. Se disuelven en agua y quedan distribuidas en la misma por lo que no tienen importancia para la panificación. B) Formar masa: aquellas proteínas insolubles que al contacto con el agua forman una red proteica llamada glúten.

Las gliadinas están formadas por moléculas pequeñas, la mayoría con pesos moleculares entre 30,000 y 45,000 con puentes intermoleculares de disulfuro que contribuyen a la extensibilidad de la masa (Cardos et al., 2000), son encargadas de dar ligación a la masa y se encuentran en menor cantidad. Las gluteninas por otro lado están compuestas por subunidades de un peso molecular (PM) entre 30,000 y 140,000 con puentes intermoleculares de disulfuro, dando

complejos de alto PM. Cuando se forma el glúten las gluteninas forman una red que contribuye a la cohesión y fuerza de masa (Cardos et al., 2000) y se encuentran en mayor cantidad (Calaveras, 2004).

La composición en aminoácidos de la fracción proteica muestra notables diferencias: la gliadina resulta muy pobre en algunos aminoácidos esenciales, como la lisina (0.56 mg/100 g de proteína) y la metionina (0.95 mg/100 g de proteína) que son aminoácidos limitantes. La gluteína presenta un contenido más elevado en estos aminoácidos respecto de la glianina no llegando a los valores encontrados en la albumina (3.6 mg/100 g de proteínas y de 1.88/100 g de proteína) y en la globulina (3.84 mg/100 g de proteína y 1.22 mg/100 g de proteínas) (Quaglia, 1991).

### **1.3.2. Productos de panificación libres de glúten**

La segmentación de los productos está empezando a tener un importante papel en las estrategias de nuevos desarrollos, dirigidos a grupos específicos de consumidores, también existe preocupación por el tema de nutrición por lo que hay una tendencia creciente a consumir productos más saludables junto a productos de indulgencia.

En consecuencia, las estrategias de innovación en productos de panadería se están orientando a la salud y a la sofisticación. Cabe mencionar que los productos de panadería con bajo contenido de calorías y más recientemente los exentos de glúten, así como los que contienen fibras, ácidos grasos omega 3, etc. sin embargo este nicho de mercado es todavía pequeño (Hernández y Majem, 2009).

La enfermedad celíaca, adquirida de manera genética, es una intolerancia permanente a una proteína, el glúten, contenida en el trigo, la cebada, el centeno y otros cereales. La ingestión de estos alimentos provoca en las personas celíacas una respuesta autoinmune que causa alteraciones en las mucosas del intestino y provoca graves disfunciones en el proceso de absorción de los principios nutritivos que contienen los alimentos, esta enfermedad puede manifestarse a cualquier edad y su único tratamiento, en la actualidad, consiste en el seguimiento de una dieta estricta sin glúten de por vida (Prandoni y Gianotli, 2012).

Desde inicios de los años 90's ha quedado claro que, con la enfermedad celíaca, existen otras condiciones relacionadas con la ingestión de glúten. Dentro de ellas se han considerado que son tres formas principales: a) la menos frecuente es la alergia al trigo; b) la forma autoinmune que incluye la enfermedad celíaca, dermatitis Herpetiformis y la ataxia por glúten y c) la sensibilidad al glúten que es posiblemente inmuno-mediada y ahora la más frecuente.

El glúten representa casi un 80% de las proteínas que se encuentran en el trigo, es el que confiere a la harina sus propiedades elásticas, y dota de consistencia y esponjosidad al pan. La fracción de gliadinas contribuye a las propiedades viscosas y la extensibilidad de la masa, mientras que las gluteninas afectan a las propiedades funcionales de las masas panarias (Peña y Peña, 2013).

Las harinas de cereales y otros granos no convencionales tales como leguminosas, musáceas, raíces y tubérculos se perciben como potenciales ingredientes en el desarrollo de numerosos productos a nivel mundial, e inclusive existen muchos productos tradicionales en diversos países. Los pseudocereales como el sorgo, mijo, quínoa, amaranto y trigo sarraceno, también se están introduciendo como ingredientes en la formulación de productos libres de glúten. En el norte de América se pueden localizar diversos panes basados en amaranto, con el cual se consigue mejorar la composición nutricional dado que posee mayor cantidad de proteínas, fibra y minerales (Peña y Peña, 2013).

La elaboración de pan sin glúten presenta importantes dificultades tecnológicas debido a que este es básico en la formación de la estructura de la miga y su ausencia genera pérdida de las propiedades viscoelásticas de la masa y de la capacidad de retención gaseosa. Estos panes presentan una miga desgranable, un bajo volumen y en general una escasa aceptabilidad. Una mejora significativa se logra con la incorporación de gomas y agentes surfactantes y de ingredientes poliméricos que mimeticen la funcionalidad del glúten durante el proceso de panificación (Ranhotra, Loewe y Puyat, 1975).

Los hidrocoloides son aditivos esenciales en la producción de panes libres de glúten, puesto que pueden mimetizar en cierta medida la funcionalidad del glúten, a través de la viscosidad que confieren o de sus propiedades viscoelásticas. En la industria de la panificación estos

compuestos contribuyen a mejorar la textura de los alimentos su capacidad de retención de agua, retrasar su envejecimiento y en general incrementar la calidad de los productos durante su almacenamiento (Peña y Peña, 2013).

#### **1.4. PAN DE CAJA**

Calaveras (2004), define el pan, sin otro calificativo como el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria, como el *Saccharomyces cerevisie*.

Se le llama productos de panificación, a los obtenidos de las mezclas de harinas de cereales o harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener: sal comestible, mantequilla, margarina, aceites comestibles hidrogenados o no, leudante, polvo de hornear, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles similares, pueden emplear o no aditivos para alimentos; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso (NOM-147-SSA1-1996).

Pan blanco es el producto que resulta de hornear una masa obtenida de harina fermentada, agua y sal, acondicionadores y mejoradores de masa, adicionado o no de aceites y grasas comestibles, leche, otros ingredientes y aditivos para alimentos (NOM-247-SSA1-2008).

Pan de harina integra es el producto que resulta de la panificación de la masa fermentada, preparada con mezclas de harina de trigo integrales, harinas de cereales integrales o harina de leguminosas, agua, sal, azúcares, grasas comestibles, otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (NOM-247-SSA1-2008).

##### **1.4.1. Descripción de las materias primas utilizadas en la elaboración de pan de caja libre de glúten**

Hay diversos factores que determinan la formulación de un producto de panadería y que se deben tener en cuenta a la hora de formular, por ejemplo la identidad del propio producto, la

legislación vigente, el proceso de producción, etc. Esto hace que no exista una metodología universal de formulación, sino que esta va a depender de numerosas variables cuyo conocimiento se adquiere con la investigación, análisis y experimentación.

**Harina.** La denominación harina, sin otro calificativo, designa exclusivamente el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales o de leguminosas hay que indicarlo, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, amaranto, etc. Si en la harina aparece no sólo el endospermo, sino todos los componentes del grano se llama harina integral (Mesas y Alegre, 2002).

Es la materia prima en mayor proporción en la elaboración de productos de panificación, la importancia parte de sus componentes: carbohidratos y proteínas, almidón y glúten respectivamente (Téllez y Arenas, 2012).

La composición media de las harinas panificables oscila entre los siguientes valores:

- Humedad: 13 - 15%.
- Proteínas: 9 - 14%
- Almidón: 68 - 72%.
- Cenizas: 0.5 - 0.65%.
- Materias grasas: 1 - 2%.
- Azúcares fermentables: 1 - 2%.
- Materias celulósicas: 3%.
- Enzimas hidrolíticos: amilasas, proteasas, etc.
- Vitaminas: B, PP y E (Mesas y Alegre, 2002)

**Agua/ Leche.** La leche es uno de los ingredientes más conocidos que mejoran la calidad al agregarse a los productos de panificación ya que se obtiene un alimento más completo nutricionalmente. Imparte sabor característico, contribuye a reforzar la estructura de la masa, da un color a la corteza más atractivo en panes, pasteles y otros productos de panificación (Boatella, Codony y López, 2004).

El agua es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina, ya que la hidrata facilitando la formación del glúten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio (Calvel, 1983). La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (Mesas y Alegre, 2002).

**Levadura.** En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO<sub>2</sub>. Este CO<sub>2</sub> queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa. Los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez (Mesas y Alegre, 2002).

Para la fermentación de las masas panarias se emplean levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, estas transforman los azúcares, como glucosa y fructosa, produciendo anhídrido carbónico y alcohol. Entre los productos de fermentación, los ácidos volátiles están representados por pequeñísimas cantidades de ácido fórmico y cantidades mayores de ácido acético. Aunque en la fermentación alcohólica la formación de etanol representa la principal característica de las levaduras fermentantes, también son posibles otras actividades bioquímicas, relacionadas con el proceso de fermentación, entre éstas y en particular para algunas especies se destaca la formación de ácidos (Mondal, 2008).

**Almidón.** La presencia de cierta cantidad de almidón mejora significativamente la calidad de los panes sin glúten, con este propósito se usan preferiblemente los almidones de arroz, patata o tapioca (Peña y Peña, 2013).

Esta mejora en la apariencia y textura, más esponjosa debido al almidón se da ya que se sustituye la amilopectina y amilosa (componentes mayoritarios del almidón) que pierde el producto al no utilizar harina de trigo para su elaboración. Estos componentes actúan

formando una red tridimensional en contacto con el agua que produce una masa mucho más espesa y un volumen mayor al momento del horneado, sumado con algún otro tipo de hidrocoloide como las gomas xantana o guar, que son también comúnmente usadas en este tipo de productos. Algunos almidones y harinas modificados al hidratarse también producen un aumento de la viscosidad de la masa, a través de la formación de una red tridimensional capaz de retener gases y expandirse durante la fermentación y el horneado (Mondal, 2008).

**Agentes leudantes.** Se entiende por agentes leudantes los preparados naturales o artificiales que en condiciones adecuadas producen desprendimientos de anhídrido carbónico y se utilizan en panadería con el fin de hacer esponjosa la masa (Mesas y Alegre, 2002).

Entre los leudantes tenemos la levadura instantánea, de pasta o prensada, las masas madres, el polvo para hornear y el bicarbonato (Dueñas et al., 2004).

**Manteca vegetal.** Normalmente, en panificación, se utiliza el término “grasa” para denominar a cualquiera de los dos sin atender a su estado físico. Algunas de sus propiedades funcionales se atribuyen a su efecto sobre la capacidad de retención de gas de la masa. En los productos de panificación se utilizan para mejorar la textura de la miga. Tienden a ablandar la miga, lo cual puede ser percibido como un “síntoma” de frescura en el producto. Son muy buenos disolventes de los aromas por lo cual ayudan a retener algunos de estos durante el horneo. Los aceites más utilizados son el girasol, el de soja y el de palma en algunos casos parcialmente hidrogenados y las grasas más utilizadas aparte de la mantequilla son las procedentes de palma y coco (Boatella et al., 2004).

**Hidrocoloides.** Los hidrocoloides son polisacáridos complejos de alto peso molecular. Están exentos de grasas, son solubles en agua y tienen la propiedad de formar geles bajo determinadas condiciones. Al formar geles de gran viscosidad contribuyen a estabilizar la estructura de la masa (Boatella et al., 2004).

Los hidrocoloides como las gomas garrofín, guar, xantana y el agar se han utilizado como sustitutos del gluten en el desarrollo de panes dirigidos a la población celíaca o con



intolerancia al glúten. El volumen específico de estos panes aumento en presencia de hidrocoloides excepto en el caso de la goma xantana (Peña y Peña, 2013).

Gambus (2007), obtuvo mayor volumen en el pan libre de glúten en presencia de xantana, la cual también disminuyó la dureza de la miga del pan fresco almacenado 72 horas. Así mismo estos autores concluyeron que la combinación de goma xantana, pectina y goma guar originaba los productos de mejor calidad (Gambus, Sikora y Ziobro, 2007).

Las características de la miga también se ven modificadas por la presencia de hidrocoloides, concretamente, se ha obtenido mayor porosidad en presencia de carboximetilcelulosa (CMC),  $\beta$ -glucanos o pectina. Entre los derivados de celulosa la hidroxipropilmetil (HPMC) es un adecuado agente estructurante, y por tanto sustituto del glúten, con buena capacidad de retener gas (Jakel, Schons, Rodríguez y Silva, 2004).

Respecto al mecanismo de acción, se ha descrito que la adición de HPMC a la harina de arroz, incrementa significativamente las propiedades viscoelásticas de las masas, siendo el efecto global un reforzamiento de la masa (Grujal, Guardiola, Carbonell y Rosell, 2003), en general, se recurre a combinaciones de aditivos o coayudantes tecnológicos para obtener productos sensorialmente aceptables (Peña y Peña, 2013).

**Azúcar (Sacarosa).** Dentro de la formulación de productos de panificación se encuentra el azúcar que se encuentra de manera añadida y como parte de la composición de otros ingredientes utilizados en la elaboración de pan (Tellez y Arenas, 2012). Su principal propiedad funcional es incrementar la capacidad de producción de gas de la masa y sirven de fuente de alimento para la levadura durante el proceso de fermentación (Boatella et al., 2004). Los azúcares que se añaden a la masa tienen efecto sobre la propiedad de absorción, sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas del producto. El azúcar añadido en cantidad normal tiene un efecto muy limitado sobre la absorción de la masa: sin embargo a medida que aumenta la cantidad de azúcar adicionado, el tiempo de amasado es más largo debido a un mecanismo competitivo del agua entre el azúcar y el glúten (Boatella et al., 2004).

El color de la superficie del pan se debe a la reacción entre los azúcares y los aminoácidos (reacción de Maillard) y a la caramelización de los azúcares por el calor. El azúcar actúa también en la formación del aroma; por este motivo en los panes especiales donde se permite el empleo del azúcar se añade en cantidad mayor de la necesaria para producir anhídrido carbónico (Quaglia, 1991).

**Sal.** Su objetivo principal es dar sabor al pan (Calvel, 1994); además es importante porque hace la masa más tenaz, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan (Calvel, 1983), es un potenciador del sabor, disminuye la consistencia de la masa y la capacidad de producción de gas de la levadura de forma importante, de aquí se considera como un regulador de la fermentación (Boatella et al., 2004).

**Conservador.** En panificación los conservantes se emplean básicamente para prevenir la proliferación de moho. Cuando el pan sale del horno se considera que es estéril, es en la etapa de enfriamiento donde se contamina; si el pan se distribuye sin envasar, los conservadores no son necesarios debido a que no se dan las condiciones fisiológicas para el desarrollo de moho sin embargo cuando el producto se envasa, las condiciones en el interior de la bolsa son muy favorables para que se desarrollen las típicas colonias de moho como el encierro de calor y humedad. La acción de un conservante depende estrictamente de su naturaleza: los más usados en panificación son ácidos orgánicos de cadena corta, acético, propionico y sorbico (Boatella et al., 2004).

El ácido sórbico, o su sal más soluble sorbato de potasio y el benzoato de sodio impiden el crecimiento de los hongos filamentosos en alimentos ácidos, alimentos con pH de 5.5 o menor, son los más susceptibles al deterioro causado por los hongos filamentosos (Tortora, Funke y Case, 2007).

## **1.5. EVALUACIÓN SENSORIAL**

La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido. La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos y es usada como técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, es decir, los cinco sentidos (Anzaldua, 1994).

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos, entre las cuales se pueden mencionar por su importancia:

- Apariencia: color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
- Olor: los miles de compuestos volátiles que contribuyen al aroma.
- Gusto: dulce, amargo, salado y ácido.
- Textura: las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosisidad.
- Sonido: aunque de poca aplicación en alimentos, se correlaciona con la textura, por ejemplo, crujido, tronido, efervescencia (Pedrero y Pangborn, 1989).

### **1.5.1. Importancia en el desarrollo de nuevos productos**

Las investigaciones sobre la opinión del consumidor, en base al grado de aceptación del producto, las diferencias entre los productos propios y los de la competencia, la evaluación del gusto en los grupos sociales, etc. solo pueden llevarse a cabo sensorialmente (Sancho, Bota y De Castro, 1999).

Independiente de que tan nutritivo sea un producto, en algunas circunstancias se llega a dar el caso de que incluso personas con numerosas horas sin consumo previo de alimentos rechazan el alimento si no reúne los atributos sensoriales deseados. La evaluación sensorial ayuda en la formulación de nuevos productos o modificación de los ya existentes, al tratar de mantener las características sensoriales deseadas; por ejemplo, productos para dietas especiales que sean bajas en sodio, en colesterol o que no contengan lactosa (Pedrero y Pangborn, 1989).

En el desarrollo de nuevos productos existen diferentes tipos de pruebas, dependiendo de lo que se quiera evaluar, comparar o describir de este, para ello es necesario tener personas que realicen estas pruebas, a estos sujetos se les denomina jueces.

### **1.5.2. Tipos de jueces.**

La selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte el éxito y la validez de las pruebas, el número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida depende del tipo de juez que vaya a ser empleado, este puede ser de diferentes tipos:

- **Jueces expertos.** El juez experto es, como en el caso de los catadores de vino, te, café, quesos y otros productos, una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento (Larmond, 1977). Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúa solo es necesario contar con su respuesta. Por lo general los jueces expertos o catadores solo intervienen en la degustación de productos caros, debido a que su entrenamiento es muy largo y costoso, además que cobran sueldos muy altos (Anzaldúa, 1994).
- **Jueces entrenados.** Es una persona que posee la habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en partículas, que ha recibido previa enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba, además suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad (Anzaldúa, 1994). Cuando se llevan a cabo pruebas sensoriales con este tipo de jueces, el número requerido de participantes debe ser al menos de siete y como máximo 15 (Larmond, 1977).
- **Jueces semientrenados.** Son aquellos individuos que poseen información técnica detallada sobre los productos de la empresa. Diariamente, este tipo de jueces prueban productos e ingredientes y comparan sus evaluaciones con sus iguales y con los resultados del análisis físico y químico cuando está disponible. Sobre los años, los jueces han

desarrollado conocimiento especializado sobre sus productos que sirven como base para recomendaciones específicas (Stone y Sidel, 1985). Las pruebas con jueces semientrenados deben efectuarse con un mínimo de 10 jueces y un máximo de 20, cuando mucho 30 (Larmond, 1977).

- **Jueces consumidores.** La persona que participe como consumidor debe ser precisamente, una persona que normalmente consuma el tipo de producto en estudio y comunicara al investigador su punto de vista con respecto a su aceptación o rechazo de una o varias muestras, el orden de su preferencia al confrontar varias muestras o el nivel de agrado de las muestras que se le presenten (Pedrero y Pangbom, 1989). Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, en una tienda, escuela, etc. Los jueces de este tipo solamente deben emplearse para pruebas afectivas (Anzaldua, 1994).

### **1.5.3. Tipos de pruebas**

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas (Anzaldua, 1994).

#### **1.5.3.1. Pruebas discriminativas**

Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón, además permiten cuantificar la diferencia significativa (Sancho et al., 1999). Para las pruebas discriminativas suelen usarse jueces semientrenados cuando las pruebas son sencillas (Anzaldua, 1994).

- Las pruebas de diferencia global son aquellas que, como la del triángulo y la dúotrio, están diseñadas para demostrar si los evaluadores pueden detectar alguna diferencia entre las muestras (Houg y Fiszman, 2005).
- Las pruebas para diferenciar atributos son aquellas en las que se evalúa si se encuentran diferencias en un atributo (o en unos pocos) en particular, normalmente utilizadas cuando el producto en cuestión tiene la sustitución de uno o más componentes, ya sea, por otro diferente o en cantidad (Hough y Fiszman, 2005).

Dentro de esta clase en general hay una variedad de métodos específicos, algunos bien conocidos como la prueba de comparación por pares, la prueba de ordenamiento y la prueba triangular, y otros relativamente desconocidos como la prueba de diferencial estándar. Sin embargo, todos los métodos intentan responder de manera similar la pregunta “¿Son estos productos percibidos como diferentes?” (Stone y Sidel, 1985).

#### **1.5.3.2. Pruebas descriptivas**

Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o tipos (patrones) definidos previamente (Sancho et al., 1999).

Este tipo de pruebas emplea descriptores obtenidos por consenso y su éxito depende del lenguaje sensorial que representa los productos que se van a evaluar por lo que los jueces prueban distintos productos y verbalizan sus impresiones. Los descriptores se cuantifican utilizando escalas estructuradas o no estructuradas. Los resultados de este método se analizan estadísticamente. El modelo más utilizado es el análisis de varianza que permite estudiar la diferencia existente entre los productos para cada uno de los descriptores y que permite monitorizar el funcionamiento del panel y la validez de los descriptores utilizados (Houg y Fiszman, 2005).

Las pruebas descriptivas, por lo tanto, proporcionan mucha más información acerca del producto que las otras pruebas, sin embargo, son más difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces deberá ser más intenso y monitorizado, y la interpretación de los resultados es ligeramente más laboriosa que en los otros tipos de pruebas. Algunos tipos de pruebas descriptivas son: Calificación con escalas no-estructuradas, calificación con escalas de intervalo, calificación con escalas estándar, calificación proporcional, medición de atributos sensoriales con relación al tiempo, determinación de perfiles sensoriales y relaciones psicofísicas (Anzaldúa, 1994).

#### **1.5.3.3. Pruebas afectivas**

Tienen como objetivo evaluar, de acuerdo con un criterio personal-subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo (Pedrero y Pangborn, 1989) donde el juez indica si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Para las

pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados, y estos deben ser consumidores habituales o potenciales y compradores del tipo de alimento en cuestión (Anzaldua, 1994).

Esta evaluación está referida a la aceptación, preferencia o el grado de satisfacción o prueba de consumidor (Stone y Sidel, 1985).

- Prueba de preferencia. Se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra (Anzaldua, 1994). La preferencia es aquella expresión de apelación de un producto contra otro, y puede ser medida directamente por la comparación de dos o más productos (Stone y Sidel, 1985).
- Pruebas de medición del grado de satisfacción. Cuando se desea evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto (Anzaldua, 1994).
- Pruebas de aceptación. El objetivo de esta prueba es evaluar, de acuerdo con un criterio personal- subjetivo, si la muestra es aceptable o rechazable para su consumo (Pedrero y Pangborn, 1989). El deseo de esa persona para adquirir un producto es lo que se llama aceptación (Anzaldua, 1994).

## **1.6. MERCADOTECNIA**

La American Marketing Association define a la mercadotecnia como: el proceso de planificar y ejecutar la concepción, asignación de precios, promoción y distribución de ideas, bienes y servicios para crear intercambios que satisfagan metas individuales y de la organización (Czinkota, 2001).

La función de la mercadotecnia consiste básicamente en: "La identificación de los clientes meta y la satisfacción de sus necesidades o deseos de una manera competitiva y rentable para la empresa u organización; todo ello, mediante el análisis del mercado, la planificación de las diferentes actividades de mercadotecnia, la ejecución de las actividades planificadas y el control del avance y de los logros obtenidos" (Russell, 2010).

### **1.6.1. Mercados**

Desde el punto de vista de la mercadotecnia, un mercado es el conjunto de clientes actuales o potenciales para los productos actuales o futuros. Mercado meta, es aquel universo o conjunto de prospectos (posibles clientes) en donde se desea operar.

La selección de un buen mercado meta (con buenas posibilidades de negocio), es un eslabón necesario en la cadena que nos conduce al éxito (Lerma, 2011). Entonces este se forma por todos los clientes potenciales que comparten una necesidad o deseo específico y que podrían estar dispuestos a participar en un intercambio que satisfaga esa necesidad o deseo", así, el tamaño de este, a criterio de Kotler, depende de que el número de personas que manifiesten la necesidad, tengan los recursos que interesan a otros y estén dispuestas a ofrecerlos en intercambio por lo que ellos desean (Czinkota, 2001).

Para la determinación de mercados meta, el primer paso es la segmentación de este: dividir a los clientes potenciales en grupos más pequeños de compradores con diferentes necesidades, características o comportamientos, los cuales podrían requerir productos o mezclas de marketing distintos. La empresa identifica las diferentes formas de segmentarlo y crea perfiles de los grupos resultantes. El segundo paso es la determinación de mercados meta: evaluar que tan atractivo es cada segmento de este y seleccionar uno o más grupos en los que se ingresará. El tercer paso es el posicionamiento en el mercado: establecer el posicionamiento competitivo del producto y crear una mezcla de marketing detallada (Kotler y Armstrong, 2008).

### **1.6.2. Estudio de mercado**

Las compañías dependen cada vez más de la investigación para saber dónde poner sus recursos de mercadotecnia. A través de la investigación pueden saber quiénes son sus clientes y que es lo que buscan. Hay dos tipos de datos externos disponibles para el mercadólogo. Los datos secundarios y los primarios, ambos disponibles fuera de la empresa (Czinkota y Kotabe, 2001).



Los datos primarios se originan por el propósito específico del investigador de atender el problema que enfrenta. La recolección de datos primarios implica seis etapas del proceso de investigación de mercados (Malhotra, 2004).

- Etapa 1. Definición del problema, el investigador debe considerar la finalidad del estudio, la información pertinente, la información faltante y como utilizaran el estudio.
- Etapa 2. Elaboración de un método para resolver el problema; esto incluye formulación de marco teórico u objetivo, modelos analíticos, y determinar qué información se necesita.
- Etapa 3. Elaboración del diseño de la investigación, lo que implica los siguientes pasos: a) Definición de la información necesaria, b) Análisis de datos secundarios, c) Investigación cualitativa, d) Métodos para el acopio de datos cuantitativos (encuesta, observación y experimentación), e) Procedimientos de medición y preparación de escalas, f) Redacción del cuestionario, g) Muestreo y tamaño de la muestra, h) Plan para el análisis de datos.
- Etapa 4. Trabajo de campo o acopio de datos, esto es, el acopio de datos comprende un equipo de campo o personal que opera ya en el campo como el caso de entrevistas personales, telefónicas o electrónicas.
- Etapa 5. Preparación y análisis de datos, lo cual consiste en su revisión, codificación, transcripción y verificación; cada cuestionario o forma de observación se examina, revisa y, si es necesario, se corrige.
- Etapa 6. Preparación y presentación del informe, implica que los resultados se deben presentar en un formato comprensible, para que la administración los aproveche de inmediato en el proceso de toma de decisiones (Malhotra, 2004).

Los datos secundarios son aquellos que ya se han recolectado para fines distintos al problema que se enfrenta. Estos datos se pueden obtener de manera rápida y poco costosa. Algunas fuentes de datos útiles pueden ser bibliotecas, proveedores de información comercial, asociaciones industriales o servicios de información electrónica (Boyd y Westfall, 1978).

### **1.6.3. Las 4 p de la mercadotecnia**

Para comprender mejor la mercadotecnia (marketing), debemos saber que en general es descubrir y ofrecer a los consumidores lo que quieren y necesitan además de conseguir

beneficios. Y si bien esto se ve reflejado en la manipulación de las cuatro P; producto, precio, plaza y promoción para satisfacer a los consumidores obteniendo beneficios (Russell, 2010).

Conocer las cuatro P también es de suma utilidad para el desarrollo de nuevos productos y como sabemos un producto puede ser un bien o un servicio que se ofrece en el mercado con el propósito de satisfacer las necesidades y deseos del consumidor generando mediante el intercambio un ingreso económico (Lerma, 2011).

Entonces estas cuatro P entran dentro de marketing estratégico en los negocios, ya que las empresas tienden a centrarse en el producto, en las ventas, en las ganancias, en la promoción del producto y en el consumidor; hay diversos tipos de empresas enfocados a varios tipos de mercadotecnia, sin embargo hay diversos grados de éxito por lo que las empresas centradas en la publicidad ya que en esta se indica que productos van a investigarse, desarrollarse y producirse. Determinando la estrategia de precios (conforme a rentabilidad), la estrategia de distribución y los informes de marketing de equipo de ventas exterior de la empresa (Russell, 2010).

**1. Producto.** Es cualquier cosa que puede ponerse a la venta o que puede usar otro individuo; incluye la calidad del producto, los materiales elegidos, color, tamaño, aroma, sabor, cualquier aspecto físico o punto del proceso de desarrollo del objeto tangible o intangible (Russell, 2010).

Esto es, algo que se puede adquirir a través del intercambio para satisfacer una necesidad o un deseo.

En general se dividen en dos grandes categorías. Aquellos que son para uso personal y diversión, se conocen como productos para el consumidor, mientras que los que se compran para ser distribuidos, para fabricar otros productos o para utilizarlos en las operaciones de una empresa se llaman productos empresariales o industriales.

Clasificación de productos para el consumidor.

- **Productos de conveniencia:** casi siempre son bienes económicos que se compran con regularidad, en cuya compra los consumidores invierten muy poco tiempo y esfuerzo. La clave para vender productos de conveniencia es que exista una gran disponibilidad y sean muy fáciles de adquirir.

- **Productos de elección:** son aquellos en los cuales los clientes intervienen considerable tiempo y dinero para planear y hacer la compra. Los consumidores buscan información, comparan con los productos de la competencia y visitan diversas tiendas para evaluar el precio, las características y el servicio.
- **Productos especializados:** estos son los artículos únicos en cuya adquisición el cliente invierte considerablemente tiempo, esfuerzo y dinero. En el caso de estos productos, el cliente sabe lo que quiere y no acepta sustitutos (Ferrel y Hiartline, 2006).

**2. Precio.** Los precios se toman como una medida de valor. Muchos de los problemas de la evaluación de estos tienen su origen en el hecho de que existen artículos diferentes pero cuyos precios no son idénticos (Davis, 1990). Este no solo nos sirve para cubrir el costo de los bienes más los beneficios si no que implica información sobre el producto y establece expectativas de calidad (Russell, 2010).

La ecuación de las ganancias es muy sencilla: estas son iguales al precio por la cantidad vendida. Debido a la importancia de los precios en la estrategia de marketing, las decisiones acerca de ellos se encuentran entre las más complejas que se deben tomar al desarrollar un plan de promoción. Existen varios factores importantes que determinan la estrategia del precio, algunos de ellos, como los objetivos de precios de la empresa, la oferta y la demanda y la estructura de costos de la compañía tiene una importancia crucial al establecer la estrategia de precios (Ferrel y Hiartline, 2006).

Las leyes básicas de la oferta y demanda tienen una influencia obvia en la estrategia de precio aunque la relación inversa entre el precio y demanda es muy conocida y bien entendida, conforma el precio aumenta, la demanda baja (Davis, 1990), sin embargo otro aspecto importante de la oferta y demanda son las expectativas del cliente en cuanto a los precios. Los clientes siempre tienen expectativas en cuanto al precio al comprar los productos. Sin embargo, en algunas situaciones, las expectativas del cliente relacionadas con el precio pueden ser la fuerza motora de la estrategia de precios (Ferrel y Hiartline, 2006).

**3. Promoción.** Cualquier forma de comunicación, como publicidad, relaciones públicas, promoción de ventas, marketing de eventos y cualquier venta personalizada que se realice (Russell, 2010).

La promoción solo se basa en la creatividad y que no está relacionada con el resto de la estrategia de marketing. El modelo clásico para establecer las metas promocionales y alcanzar este resultado con el tiempo es el modelo AIDA: atención, interés, deseo y acción.

- **Atención:** las empresas no pueden vender sus productos si los miembros del mercado meta no saben que existen, por ello la primera meta importante es captar la atención de los clientes potenciales.
- **Interés:** el hecho de captar la atención rara vez vende los productos, por ello la empresa debe despertar e interés en el producto demostrando sus características, usos y beneficios.
- **Deseo:** para tener éxito las empresas deben mover a los clientes potenciales más allá del simple interés por el producto.
- **Acción:** después de convencer a los clientes potenciales de que compren el producto, la promoción debe impulsarlos a la compra real (Ferrel y Hiartline, 2006).

Si la promoción no responde a las necesidades del cliente, que debieron descubrirse en la investigación de mercadotecnia, es probable que falle, sin importar lo creativo que sea el tratamiento. Así, la promoción efectiva está inseparablemente ligada a una forma u otra, a una buena investigación de mercados. También es un diálogo constante, porque la promoción misma cambiará lo que el cliente piensa y necesita (Czinkota, 2001)

La publicidad puede ser un elemento eficiente en costos de un programa de comunicación de marketing integral cuando se utiliza para llegar a muchas personas a través de televisión, revistas, anuncios en exteriores o anuncios en línea. El gasto inicial para la publicidad en masa puede ser muy elevado, representa una desventaja importante de la publicidad en general. Sin embargo, la publicidad en línea ofrece la oportunidad de llegar a mercados muy especializados a un costo relativamente bajo (Ferrel y Hiartline, 2006).

**4. Plaza.** Se refiere a la entrega del producto y se considera como un método o herramienta del marketing (Czinkota, 2010). Hace referencia al lugar y la forma de vender el producto, supermercado, especifica los lugares en donde estará disponible el producto (Russell, 2010).

#### **1.6.4. Atributos del producto**

Es preciso establecer que el mensaje visual siempre tiene valor psicológico autónomo, no depende necesariamente de un referente verbal que especifique o señale su connotación simbólica. Por lo tanto, los elementos visuales (arquetipos especiales, lineales y cromáticos) y no verbales (fonograma) de la marca deben conformar una estructura única. Dado que cada uno de los elementos gráficos componen una estructura visual posee un valor simbólico intrínseco, es preciso considerar isotipo, logotipo, tipografía, etc. por separado, a los efectos de unificar el sentido global de la marca grafica (Pol, 2005).

**Marca.** Es un elemento esencial e intangible para la identificación y diferenciación de los productos, es sinónimo de garantía comercial, atracción y da razón al trabajo de posicionamiento del producto (Lerma, 2011).

Una de las decisiones de productos clave que los mercadólogos deben tomar se relaciona con las marcas. Una marca es una combinación de nombre, símbolo, termino o diseño que identifica un producto en específico y se componen de tres partes: el nombre, el sello y el slogan (Ferrel y Hiartline, 2006).

**Slogan.** Es la frase o palabra que promociona tu producto y se utiliza para denotar la característica más importante de este y que su penetración en el mercado meta sea más importante, es decir más fácil de recordar (Ferrel y Hiartline, 2006). El slogan propone valores diferentes a los que sugiere la identidad grafica de la marca (Pol, 2005).

**Logotipo.** Incluye símbolos, cifras o un diseño, es la parte de la marca que no se puede pronunciar y comunican de manera efectiva la marca y su imagen sin necesidad de pronunciar ninguna palabra. Son útiles para la ubicación de un producto (Ferrel y Hiartline, 2006).

**Envase.** Es el recipiente que contiene el producto individual (en unidades de venta al menudeo) con el propósito de conjuntarlo, protegerlo, conservarlo y transportarlo, así como cumplir funciones de dosificación y exhibición del producto (Lerma, 2011).

El envase tiene varias funciones importantes en la estrategia de marketing. Los clientes dan por hecho que algunas de ellas, como protección, almacenamiento y conveniencia, hasta que el empaque deja de conservar fresco el producto o descubren que no cabe en el refrigerador.

El envase también tiene una función en las modificaciones y el reposicionamiento de los productos. Una mejor tapa, un paquete más fácil de abrir, una caja o recipiente más durable o la introducción de un paquete de tamaño más conveniente pueden dar lugar a un reconocimiento en el mercado y una ventaja competitiva (Ferrel y Hiartline, 2006).

**Etiqueta.** Es el espacio impreso frecuentemente en recuadro, resaltado, adherido que se ubica en el producto, envase o embalaje que contiene información (instrucciones o datos) opcional u obligatoria, que proporciona el productor o el distribuidor del producto, la información es relativa a la formulación, instrucciones, advertencias, fabricante, importador, exportador, etcétera (Lerma, 2011).

Las etiquetas por si mismas representan una consideración importante en la estrategia de marketing. Estas no solo ayudan a identificar y promover el producto, sino que además contienen gran cantidad de información que ayuda a los clientes a seleccionar el producto apropiado. La etiqueta también es un aspecto legal, ya que las leyes y regulaciones federales especifican la información que debe incluir el empaque de los productos (Ferrel y Hiartline, 2006).

## **1.7. VIDA ÚTIL**

La vida útil de un alimento representa aquel período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Fiszman, 2005).

Entre las muchas variables que deben considerarse en la vida útil de un alimento están: la naturaleza del alimento, su composición, las materias primas usadas, el proceso al que fue

sometido, el envase elegido para protegerlo, las condiciones de almacenamiento y distribución y la manipulación que tendrá en manos de los usuarios por lo que estas condiciones pueden influenciar negativamente los atributos de calidad de los alimentos (Man y Jones, 1994).

De una parte, los criterios de aceptabilidad pueden variar según tengan como base la inocuidad del producto o bien se apoyen en la evaluación subjetiva de unas propiedades sensoriales. Para soslayar esta situación, es frecuente que las industrias alimentarias establezcan el denominado “nivel mínimo de calidad aceptable” cuyas exigencias van a depender del posible grado de alteración alcanzado por el producto fabricado antes de su venta (Bello, 2000).

Una vez aprobadas las pruebas sanitarias y nutricionales, la barrera restante depende en definitiva de las propiedades sensoriales del producto. Se puede discutir que es importante tener en cuenta los cambios físicos o químicos aunque éstos repercuten directamente sobre la calidad sensorial (Hough y Fiszman, 2005).

La temperatura, el contenido de humedad y la actividad de agua son factores importantes que afectan a la velocidad de las reacciones deteriorativas a temperaturas superiores a la de congelación. Otros factores que afectan la velocidad de reacciones en alimentos son el pH, la composición del entorno (mini atmósfera) gaseoso y las presiones parciales, así como la presión total (Fennema, 2000).

### **1.7.1. Métodos para determinar la vida útil**

Para determinar la vida útil de un alimento o producto, primero deben identificarse las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y seguridad del mismo, considerando la composición del alimento y el proceso a que es sometido y se procede a establecer las reacciones más críticas en la calidad (Casp y Abril, 1999).

El tiempo de vida útil se puede estimar mediante varios métodos:

**Ensayos en anaquel.** Estos ofrecen excelentes datos y presentan en algunos casos, el inconveniente del tiempo prolongado para su adquisición. Entre las consecuencias están que el

dato obtenido es puntual y se obtiene en un lapso que puede no ser práctico para la empresa, como en el caso del lanzamiento de nuevos productos.

**Pruebas de vida útil acelerada.** Durante estas se deben tomar en cuenta no solamente la selección de las temperaturas para realizar las pruebas, sino que se tiene que establecer el diseño estadístico experimental, realizar las respectivas mediciones por duplicado o triplicado para evaluar las desviaciones de las muestras y así evaluar de manera más apropiada la vida útil. Se planea cuidadosamente el diseño experimental que contemple las variables por evaluar y controlar las variables que no se desean evaluar para evitar interfieran en las mediciones, y por ende, en los resultados (Labuza y Schmidt, 1985).

Existen dos tipos de diseños aplicables a los estudios de vida útil: el diseño básico y el diseño escalonado.

**Diseño básico.** Consiste en almacenar un lote de muestra en las condiciones seleccionadas e ir haciendo un muestreo en los tiempos prefijados. En cada muestreo se realizan todos los análisis correspondientes.

La ventaja de emplear un diseño básico es que se trabaja con un único lote de producción.

Las desventajas del diseño básico son que hay que reunir al panel de evaluadores y a los consumidores varias veces (en cada tiempo de muestreo), lo que implica mayor trabajo y mayor costo. Los evaluadores sensoriales van intuyendo el objetivo del estudio y hay un error de expectativa. Si se citan siempre a los mismos consumidores, éstos también pueden percatarse de los objetivos del estudio. Como ya se mencionó, se debe recordar la precaución de asegurar que el testigo se mantenga inalterado a lo largo del estudio; de no ser así, hay que cambiarlo por testigo fresco cada día de ensayo.

**Diseño escalonado.** Consiste en almacenar diferentes lotes de producción en las condiciones seleccionadas a diferentes tiempos, de forma de obtener en un mismo día todas las muestras con los diferentes grados de deterioro y en ese día analizarlas.

La ventaja de emplear el diseño escalonado es que todos los ensayos se realizan en un solo día (se reúne al panel de evaluadores y se reclutan los consumidores una sola vez) y además no se necesita almacenar un control.



La desventaja del diseño escalonado es que al trabajar con varios lotes de producción es difícil definir cuál se toma como testigo (Hough et al, 2005).

### **1.7.2. Etapas del ensayo de vida útil**

Al diseñar pruebas de vida útil basadas en la pérdida de calidad de los alimentos deben seguirse los siguientes pasos:

1.- Determinar la carga microbiológica y parámetros de calidad durante las formulaciones y procesos empleados.

2.- Determinar, analizando los ingredientes y el proceso, cuales son las principales reacciones químicas que probablemente determinan la pérdida de la calidad (Fennema, 2000).

Existe una gran cantidad de reacciones que se pueden dar debido a estos factores, pero la mayoría pueden clasificarse dentro de las siguientes áreas:

- Oscurecimiento no enzimático. Una serie de reacciones complejas que inician con compuestos reductores y grupos amino que producen sabores amargos, pigmentos oscuros, pérdida de solubilidad de las proteínas y pérdida de características de sabor.
- Pérdida de vitaminas. Esto conlleva a la pérdida del valor nutricional del alimento. La destrucción de las vitaminas puede ocurrir a través de varios mecanismos como es la hidrólisis debido a la luz, calor o ácidos, a la oxidación directa en presencia de oxígeno y la participación de estas reacciones redox.
- Cambio de color. El color natural de los alimentos se pierde como consecuencia de varios tipos de reacciones como la oxidación directa de pigmentos u co-oxidación de lípidos.
- Actividad enzimática. Si los alimentos no se someten a tratamientos térmicos para inactivar las enzimas, estas pueden catalizar ciertas reacciones que producen sabores, colores o texturas indeseadas (Labuza, 1984).

3.- Seleccionar el envase a usar en la prueba de vida útil.

4.- Seleccionar las temperaturas de almacén.

5.- Determinar cuánto tiempo deberá mantenerse a las temperaturas de ensayo.

6.- Decidir los ensayos a realizar y la frecuencia de realización a cada temperatura.

7.- Representar gráficamente los datos a medida que se obtienen para determinar el orden de reacción y para decidir si la frecuencia entre pruebas se aumenta o reduce (Fennema, 2000).

Las reacciones pueden ser:

- De orden cero. Cuando el atributo considerado se reduce durante su almacenamiento de un modo lineal, es decir, ofrece una variación negativa que es constante con respecto al tiempo. Por ejemplo, el pardeamiento no enzimático o el crecimiento microbiano.
- De primer orden. Cuando la pérdida de calidad en el producto almacenado se desarrolla de un modo exponencial. Por ejemplo, incidencia de oxidaciones sobre el color y las vitaminas (Bello, 2000).

8.- Para cada condición de almacenamiento ensayada, la estimación de  $k$  (constante de velocidad de reacción) y  $t_s$  (punto de corte) hacen que la representación gráfica sea adecuada para estimar la vida útil en la condición de almacenamiento deseada. La reducción de la calidad puede representarse por una pérdida cuantificable de un atributo de calidad deseable o por la formación de un atributo indeseable ( $A$ ).

La velocidad de las reacciones se expresa con la ecuación 1.

$$\frac{-d(A)}{dt} = k(A)^n \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

- $k$  es la constante de velocidad de reacción y  $n$  es el orden de reacción aparente
- $A$  es la concentración del reactivo que forma el atributo (Fennema, 2000).

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

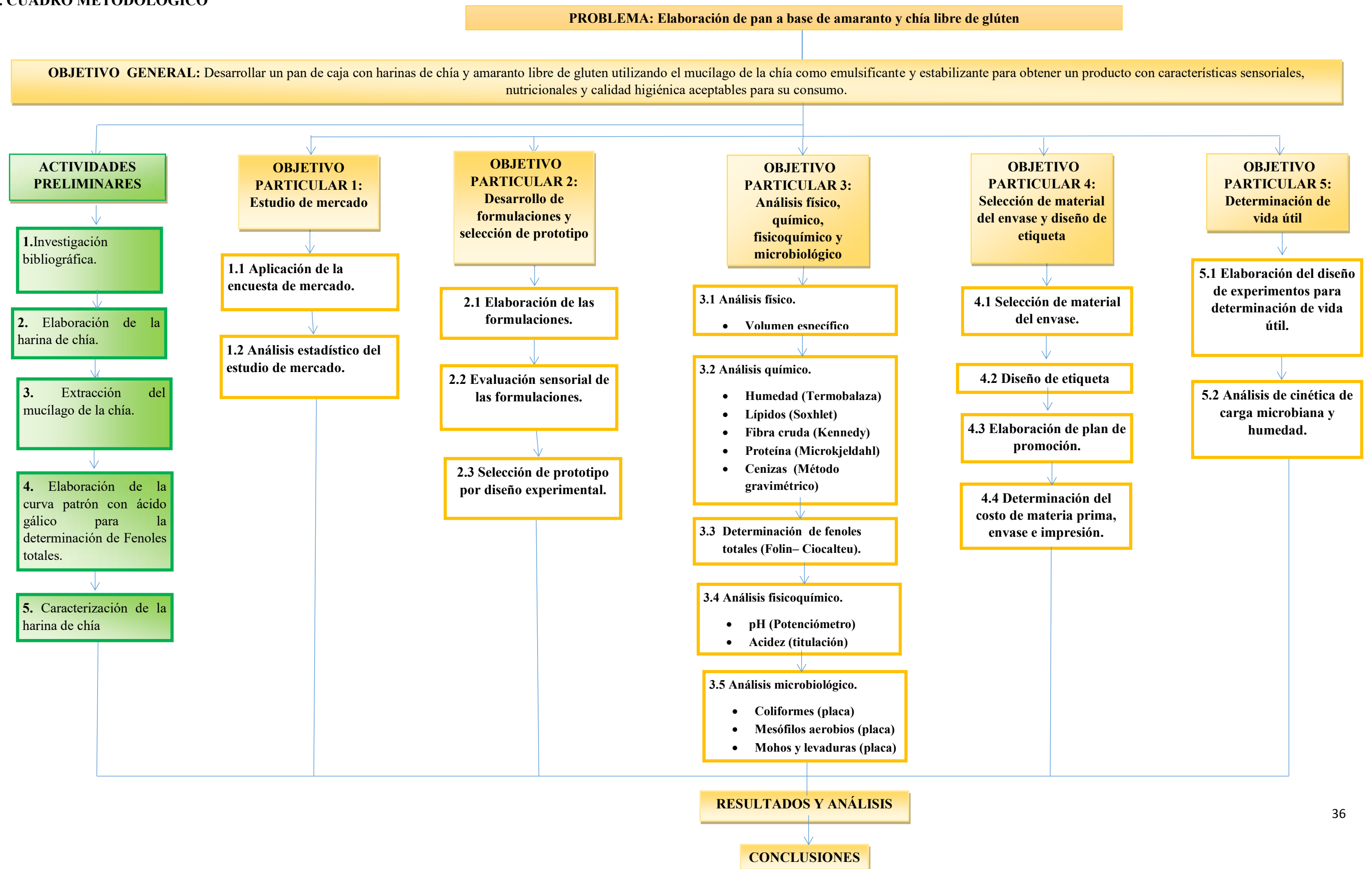
### 2.1. OBJETIVOS

**General:** Desarrollar pan de caja con harinas de amaranto y chía, libre de glúten utilizando el mucílago de la chía como emulsificante y estabilizante para obtener un producto con características sensoriales, nutricionales y calidad higiénica aceptables para su consumo.

**Particulares:**

1. Determinar la viabilidad de comercialización de pan de caja a base de harinas de amaranto y chía mediante un estudio de mercado para establecer la población objetivo del producto.
2. Desarrollar diferentes formulaciones de pan de caja variando la proporción de harinas de amaranto y chía (98:2, 95:5, 92:8), así como la concentración de mucílago de chía en el pan (20, 25, 30 %) para determinar la que tenga mejores características mediante pruebas discriminativas de ordenamiento.
3. Realizar un análisis físico (volumen específico), químico proximal (humedad, carbohidratos, lípidos, fibra cruda, proteína, cenizas), contenido de fenoles, fisicoquímico (pH y acidez), y microbiológico (coliformes, mesófilos, mohos y levaduras) a la formulación de mayor preferencia para determinar el valor nutricional y la calidad sanitaria del producto elaborado comparado con el de un pan comercial.
4. Seleccionar el material del envase y diseñar la etiqueta del pan de caja de amaranto y chía a través de la mercadotecnia basándose en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM051-SCFI/SSA1-2015) y en las propiedades del producto para su correcta distribución y comercialización.
5. Estimar la vida útil del pan de caja de amaranto y chía mediante pruebas en tiempo real a temperatura ambiente para determinar el tiempo máximo de consumo preferente del producto, empleando pruebas microbiológicas y químicas.

## 2.2. CUADRO METODOLÓGICO



## **2.3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES**

#### **2.3.1.1. Investigación bibliográfica**

Se realizó una investigación en diferentes libros y revistas científicas con la finalidad de plantear el problema, objetivos y la metodología que se lleva a cabo para realizar el proyecto y realizar los análisis correspondientes a los resultados, así como utilizarlos de apoyo para las conclusiones del presente trabajo.

#### **2.3.1.2. Elaboración de harina de chía**

La harina de chía se elaboró a partir de semilla de chía entera. Se molieron aproximadamente 50 gramos de semilla de chía en un molino KRUPS modelo GX4100 durante un periodo de 5 minutos y posteriormente se tamizó con una malla #40.

#### **2.3.1.3. Extracción del mucílago de chía**

Se propusieron tres métodos diferentes para la extracción del mucílago, los cuales fueron experimentados y seleccionados con base a prueba y error.

1. Extracción de mucílago deshidratado. Se hizo una disolución de chía y agua con una relación de 1:15, se dejó reposar por 30 minutos con agitación continua. Posteriormente la solución obtenida se sometió a secado por 20 horas a 80°C, el residuo se sometió a molienda, por un periodo 2 minutos y finalmente se tamizó en una malla #40, se tuvieron 3 repeticiones.

2. Extracción de mucílago hidratado con agua. Se realizó una solución de 1:15 de semilla de chía y agua respectivamente, se dejó reposar por 30 minutos con agitación constante, se realizó este procedimiento 3 veces distintas.

3. Extracción de mucílago hidratado con leche. Se realizó una solución con 8% de semilla de chía y leche respectivamente, se dejó reposar por 30 minutos con agitación, se hicieron 3 repeticiones.

#### 2.3.1.4. Elaboración de curva patrón de ácido gálico para determinación de fenoles totales en harina de chía, masa y pan

Los fenoles tienen propiedades antioxidantes que han sido relacionados con la prevención de enfermedades coronarias, cáncer y se asocian con una mayor expectativa de vida (Bautista et al., 2007).

Para la elaboración de la curva patrón de donde se utilizaron los datos de pendiente y ordenada al origen se realizaron distintas diluciones a diferentes concentraciones de ácido gálico como se presenta en la tabla 3 presentada en la siguiente página.

**Tabla 3:** Curva patrón de ácido gálico para harina de chía

No. Tubo	Concentración de Ácido Gálico ( $\mu\text{g/mL}$ )	Ácido Gálico ( $\mu\text{L}$ )	Agua destilada
Blanco	0	0	200
1	20	40	160
2	40	80	120
3	60	120	80
4	80	160	40
5	100	200	0

(Fogliano, Verde, Randazzo y Rietieni, 1999)

La espectrofotometría es la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico (absorbancia) en función de la longitud de onda, la cual de acuerdo con la ley de Beer es inversamente proporcional con la concentración de las moléculas en una muestra (Sierra, Pérez, Gómez y Morante, 2010).

Posteriormente se añadió 1.5 mL de agua destilada, 100  $\mu\text{L}$  de reactivo Folin-Ciocalteu y 200  $\mu\text{L}$  de solución de carbonato de sodio anhidro al 20% p/v. Se agitó por 30 segundos en el vortex y se dejó reposar por 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se leyeron las muestras en un espectrofotómetro UV marca GENESYS 10, modelo 351001, a una longitud de onda de 765nm. Se graficó la absorbancia vs la concentración y se realizó una regresión lineal.

### 2.3.1.5. Caracterización de la harina de chía

El análisis químico y fisicoquímico de la harina de chía se realizó para llevar a cabo la caracterización de la misma, verificando que cumpla con las especificaciones químicas y fisicoquímicas descritas por el autor Capitani (2013); para lo cual se emplearon los métodos que a continuación se describen.

- **Humedad por termobalanza (NMX-F-428-1982).**

Equipo

-Termobalanza digital (marca OHAUS MB45)

En la pantalla se muestra el % de humedad por lo que se esperó hasta que se mantuviera estable y se tomó el dato de % de humedad.

Se realizaron 3 repeticiones.

- **Lípidos por Soxhlet (AOAC, 1998).**

Equipos

-Extractor Soxhlet

-Parrilla de calentamiento (marca CORNING)

Cálculos

$$\% \text{ grasa} = \frac{\text{Peso matraz con muestra} - \text{Peso matraz sin muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Se realizaron 3 repeticiones.

- **Proteínas por Microkjeldahl (AOAC, 1998).**

Equipos

-Digestor (marca LABCONCO)

-Destilador rapid distillation UN II (marca LABCONCO)

Cálculos

$$\% \text{ proteina} = \frac{((\text{mL gastados} - \text{mL de blanco}) \times N_{\text{HCl}}) \times 0.014 \times \text{Factor} \times 100}{\text{Peso de la muestra en gramos}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde el factor= 6.25

Se realizaron 3 repeticiones.

- **Cenizas por Klemm (AOAC, 1998).**

Equipo

-Estufa secado (marca MAPSA)

Cálculos

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso crisol con muestra} - \text{Peso crisol sin muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. (4)}$$

Se realizaron 3 repeticiones.

- **Fibra cruda por Kennedy (Lees, 1982).**

Equipos

-Estufa de secado (marca MAPSA)

-Digestor de fibra cruda (marca LABCONCO)

Cálculos

$$\% \text{ fibra} = \frac{(\text{Peso crisol sin incinerar} - \text{Peso crisol con cenizas}) - \text{Peso papel filtro}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. (5)}$$

Se realizaron 3 repeticiones.

- **Fenoles totales por Folin-Ciocalteu (Fogliano et al, 1999).**

Equipos

-Centrifuga (marca OFNUS)

-Espectrofotómetro a 765 nm (marca GENESIS 10 UV)

Cálculos

$$\% \text{ Ác. gálico} = \frac{\left( \frac{\text{Abs } 765 - b}{m} \right) * Vc}{Pm} \quad \text{Ec. (6)}$$



Dónde:

b = Ordenada al origen de la curva

m = Pendiente de la curva

Va = Volumen de la alícuota (ml)

Vc = Volumen de celda (ml)

Pm = Peso de muestra (g)

La ordenada y la pendiente de la curva fueron previamente calculadas en la realización de esta. Se realizaron 4 repeticiones.

- **pH mediante potenciómetro (AOAC, 1998).**

Equipo

-Potenciómetro (marca SCHOTT)

El pH se muestra en la pantalla del potenciómetro.

Se realizaron 3 repeticiones.

- **Acidez por titulación (NMX-F-102-S-1978).**

Cálculos


$$\% \text{ acidez} = \frac{L \text{ gastados de NaOH} \times N_{\text{NaOH}} \times \text{meq Ac. cítrico}}{\text{Peso de la muestra en gramos}} \times 100 \quad \text{Ec. (7)}$$

Se realizaron 3 repeticiones.

## 2.3.2. OBJETIVO PARTICULAR 1. ESTUDIO DE MERCADO

### Actividad 1.1. Aplicación de la encuesta de mercado

Se realizó el estudio de mercado a 50 personas de entre 20-60 años de ambos sexos en las áreas de Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli y Tlalnepantla con el fin de cuantificar los posibles consumidores, y saber si tienen algún conocimiento del amaranto y la chía, así como sus propiedades, para saber en qué hacer énfasis durante la publicidad y conocer la frecuencia de consumo, el precio y la fiabilidad que tendría el producto. El formato de la encuesta aplicada se presenta en la figura 1.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
TALLER DE DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS  
Estudio de mercado

Sexo: Masculino      Femenino      Edad: \_\_\_\_\_

1. ¿Conoces el amaranto?  
a) Sí  
b) No

2. ¿Conoces la chia?  
a) Sí  
b) No

3. ¿Sabías que el amaranto tiene alto contenido de proteína y fibra y además ayuda a reducir el nivel de colesterol?  
a) Sí  
b) No

4. ¿Sabías que la chia es baja en carbohidratos, rica en fibra, proteína, Omega 3, minerales y en antioxidantes?  
a) Sí  
b) No

5. ¿Padeces o conoces a alguien que padezca intolerancia al gluten?  
a) Sí  
b) No

6. ¿Qué tan frecuentemente consumes pan de caja?  
a) 1-3 veces por semana      c) Diario  
b) 3-5 veces por semana      d) Otros \_\_\_\_\_

7. Al momento de comprar pan de caja ¿en que se basa para realizar su compra?  
a) Empaque      b) Contenido nutrimental  
c) Precio  
d) Presentación (Colores)      e) Otro \_\_\_\_\_

8. ¿Conoces algún pan elaborado con amaranto y/o chía en el mercado?  
a) Sí  
b) No

9. ¿Compraría pan a base de amaranto y chía?  
a) Sí  
b) No

10. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por un paquete de pan de caja de amaranto y chía de 450 g (mediano)?  
a) 27-30 pesos  
b) 31-33 pesos  
c) 34-36 pesos

Gracias por su atención y tiempo

**Figura 1** Encuesta del estudio de mercado

## **Actividad 1.2. Análisis estadístico del estudio de mercado**

Una vez aplicada la encuesta se llevó a cabo el conteo de las respuestas en los diferentes incisos de cada pregunta y se calculó el porcentaje de cada uno.

Estos resultados para mejor entendimiento se expresaron en gráficos de pastel y se interpretaron para tomar la decisión si es viable el desarrollo y comercialización del producto, así como determinar el consumidor al que estará dirigido y las expectativas del cliente.

### **2.3.3. OBJETIVO PARTICULAR 2. DESARROLLO DE FORMULACIONES Y SELECCIÓN DE PROTOTIPO**

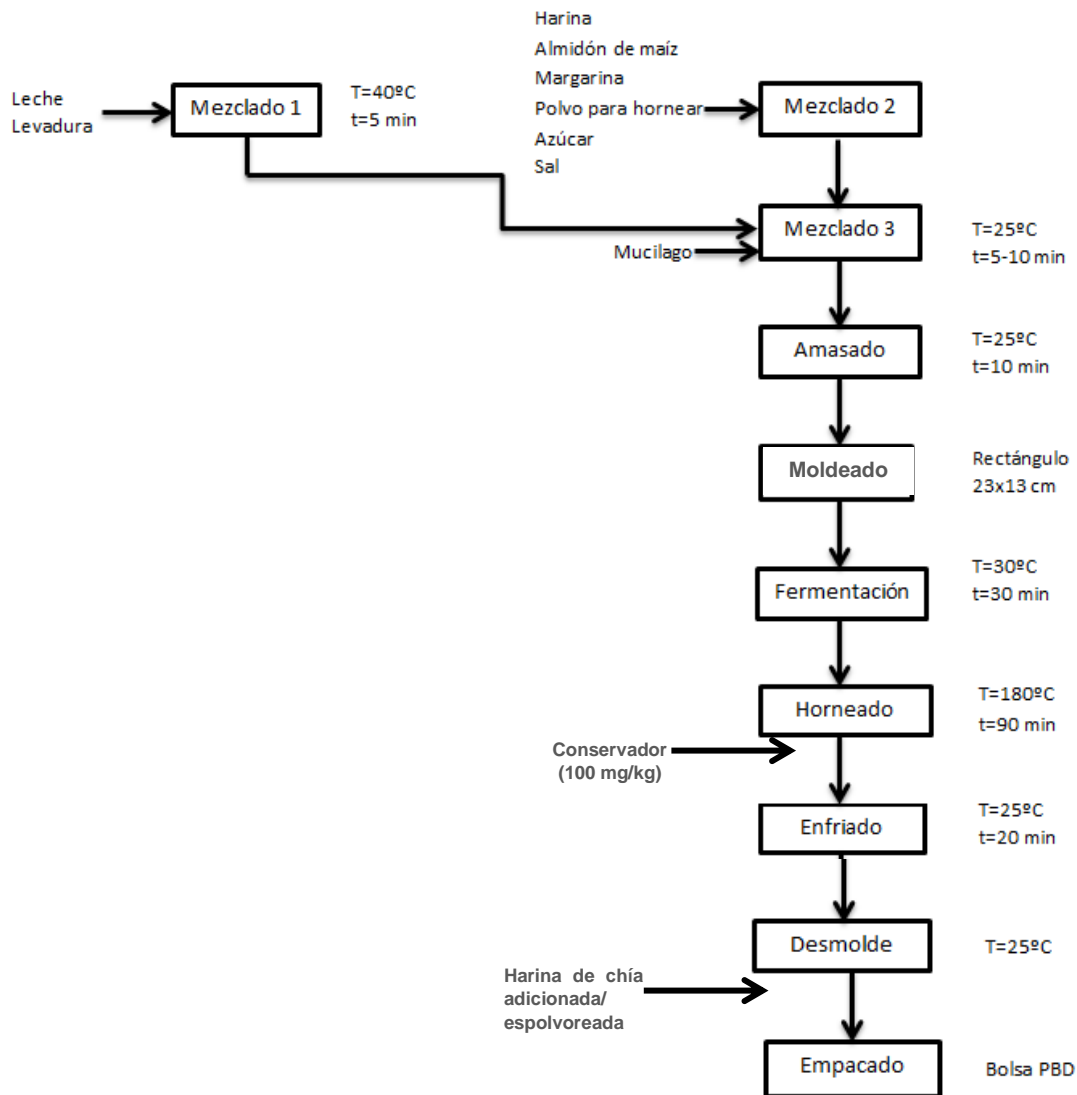
Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron las actividades descritas a continuación:

#### **Actividad 2.1. Elaboración de las formulaciones**

Para la elaboración de las diferentes formulaciones se utiliza la harina elaborada en la actividad preliminar 2.3.1.2 y el mucílago de la chía extraído en la actividad preliminar 2.3.1.3 (página 37).

Para evaluar el efecto de la composición amaranto-chía y de la cantidad de mucílago sobre las características sensoriales del pan se realizó un experimento factorial 3x3, en el que se probaron las relaciones de amaranto-chía 98:2, 95:5 y 92:8 y el mucílago al 20, 25 y 30%.

Las 9 formulaciones resultantes se elaboraron mediante el procedimiento descrito en el diagrama de bloques mostrado en la figura 2.



(Pradoni y Gianotli, 2012)

**Figura 2** Diagrama de bloques para la elaboración de pan de caja

- Mezclado 1: se mezcló la leche con la levadura, a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , a la cual la *Sacharomyces cerevisiae* está activada, y se homogenizó por 5 minutos.
- Mezclado 2: se mezcló todos los componentes sólidos formando un pequeño volcán al centro.
- Mezclado 3: se incorporó la levadura en el centro del volcán formado junto con el mucilago extraído y se deja reposar por 5-10 minutos a temperatura ambiente.

- Amasado: sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación. Esta se logró a mano por 10 minutos a temperatura ambiente.
- Moldeado: consiste en dar forma en el molde previamente encerado para que este no se pegue, las dimensiones especificadas son en forma rectangular con 23 cm de largo y 13 cm de ancho.
- Fermentación: consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, dióxido de carbono y algunos productos secundarios. En el caso de utilizar levadura de masa se producen en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias. Los objetivos de la fermentación son la formación de dióxido de carbono, para que al ser retenido por la masa ésta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. Esta se realizó por 30 minutos a una temperatura de 30°C, para lograr mejores resultados se tapó con papel aluminio. Una vez fermentado se adicionó el conservador.
- Horneado: su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza, por lo que su temperatura fue de 180°C, aproximadamente por 1.5 horas, en moldes de aluminio. Es importante que no se tenga cambios repentinos de temperatura ya que puede escapar el dióxido de carbono que se haya producido hasta el momento, teniendo como resultado que el pan no sea esponjoso.
- Enfriado: se dejó reposar el pan aun cubierto por el papel aluminio después del horneado para que este perdiera calor y pueda ser manipulado para las operaciones posteriores.
- Desmolde: se separó el producto del molde cuidadosamente ya que se puede trocear y dar un mal aspecto al pan.
- Empacado: se utilizó una bolsa de polietileno de baja densidad para preservar mejor el pan, ya que este lo protege de contaminantes así como de la humedad del ambiente, lo que permite que se preserve en mejores condiciones sensoriales y microbiológicas.

## Actividad 2.2. Evaluación sensorial de las formulaciones mediante pruebas discriminativas

Se aplicó la encuesta mostrada en la figura 3 a 30 jueces semientrenados para evaluar cuatro características, color, olor sabor y textura, probando las 9 distintas formulaciones y ordenándolas de acuerdo a su nivel de agrado en cada característica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
INGENIERIA EN ALIMENTOS  
TALLER DE DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS  
Pruebas discriminativas

Sexo Masculino Femenino Edad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Frente a usted hay 9 muestras de pan de harinas de amaranto y chía, anote el número delante del que corresponda de acuerdo a su preferencia en cuanto a cada una de sus características, donde 1 es la muestra que más le agrado y 9 es la muestra con menor agrado.

### PREFERENCIA DE COLOR

251. \_\_\_\_\_  
395. \_\_\_\_\_  
568. \_\_\_\_\_  
789. \_\_\_\_\_  
403. \_\_\_\_\_  
201. \_\_\_\_\_  
611. \_\_\_\_\_  
975. \_\_\_\_\_  
104. \_\_\_\_\_

### PREFERENCIA DE OLOR

251. \_\_\_\_\_  
395. \_\_\_\_\_  
568. \_\_\_\_\_  
789. \_\_\_\_\_  
403. \_\_\_\_\_  
201. \_\_\_\_\_  
611. \_\_\_\_\_  
975. \_\_\_\_\_  
104. \_\_\_\_\_

### PREFERENCIA DE SABOR

251. \_\_\_\_\_  
395. \_\_\_\_\_  
568. \_\_\_\_\_  
789. \_\_\_\_\_  
403. \_\_\_\_\_  
201. \_\_\_\_\_  
611. \_\_\_\_\_  
975. \_\_\_\_\_  
104. \_\_\_\_\_

### PREFERENCIA DE TEXTURA

251. \_\_\_\_\_  
395. \_\_\_\_\_  
568. \_\_\_\_\_  
789. \_\_\_\_\_  
403. \_\_\_\_\_  
201. \_\_\_\_\_  
611. \_\_\_\_\_  
975. \_\_\_\_\_  
104. \_\_\_\_\_

Comentarios: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Gracias por su atención y tiempo

**Figura 3** Encuesta de pruebas discriminativas

### **Actividad 2.3. Selección de prototipo por diseño experimental**

Mediante un diseño experimental factorial  $2^3$  con un análisis ANOVA elaborado por el programa estadístico R versión 3.1.1 se eligió el prototipo de mayor agrado, donde:

- Ho: No hay diferencia significativa entre los prototipos.
- Ha: Existe diferencia significativa con al menos un prototipo.

#### **2.3.4. OBJETIVO PARTICULAR 3. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO, FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO A LA FORMULACIÓN SELECCIONADA**

Al prototipo seleccionado como preferido por los jueces semientrenados, se caracterizó por medio de un análisis físico (volumen específico) para determinar la calidad de la textura que proporcionó el mucilago, químico proximal (humedad, carbohidratos, lípidos, fibra cruda, proteína, cenizas) y el contenido de fenoles totales para conocer el aporte nutrimental de este, así como las propiedades fisicoquímicas (pH y acidez) y finalmente se llevó a cabo un análisis microbiológico para conocer la calidad sanitaria del producto elaborado, todo esto comparado con el del pan comercial elaborado con harina de trigo con algún agente emulsificante.

##### **Actividad 3.1. Análisis físico**

El volumen específico por desplazamiento de semillas (Ordaz, 2010) se cuantificó con el aumento de volumen en ml del vaso de precipitados.

##### **Actividad 3.2. Análisis químico**

Para el análisis químico proximal se llevaron a cabo las siguientes técnicas, cuyos equipos y cálculos fueron descritos en la actividad preliminar 2.3.1.4, página 38.

Lípidos con la técnica de Soxhlet, fibra cruda con Kennedy (Lees, 1982), proteínas con Microkjeldahl (AOAC, 1998), humedad mediante termobalanza (NMX-F-428-1982), cenizas con Klemm (AOAC, 1998) y carbohidratos por diferencia.

### **Actividad 3.3. Determinación de fenoles**

La curva patrón para la determinación de fenoles en la masa, el pan recién horneado y el pan adicionado se elaboró como actividad preliminar 2.3.1.4 la curva patrón de ácido gálico (ver página 38).

La determinación de fenoles se llevó a cabo por el método de Folin-Ciocalteu (Fogliano et al., 1999) descrito en la actividad preliminar 2.3.1.5, en la página 39.

### **Actividad 3.4. Análisis fisicoquímico**

Las propiedades fisicoquímicas de pH mediante potenciómetro (AOAC, 1998) y acidez por titulación (NMX-F-102-S-1978), descritas en la página 41.

### **Actividad 3.5. Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico se llevó a cabo para determinar la calidad sanitaria del producto con las siguientes técnicas:

#### **Coliformes por cuenta de microorganismos coliformes totales en placa (NOM-113-SSA1-1994)**

El método permite determinar el número de microorganismos coliformes presentes en una muestra, utilizando un medio selectivo (agar rojo violeta bilis) en el que se desarrollan bacterias a 35°C en aproximadamente 24 h.

El resultado se reporta como UFC/g o ml en placa de agar rojo violeta bilis, incubados a 35°C durante  $24 \pm 2$  h. En caso de emplear diluciones y no observar crecimiento, informar utilizando como referencia la dilución más baja utilizada, por ejemplo dilución  $10^{-1}$ .

En caso de no observar crecimiento en la muestra sin diluir se informa: "no desarrollo de coliformes por ml".



### **Mesófilos por cuenta de bacterias aerobias en placa (NOM-092-SSA1-1994)**

Se debe reportar como resultado como Unidades formadoras de colonias, \_\_\_ UFC/g o ml, de bacterias aerobias en placa en agar tripton extracto de levadura o agar para cuenta estándar, incubadas por 5 horas a 35 °C.

### **Mohos y levaduras por cuenta de mohos y levaduras en placa (NOM-111-SSA-1994)**

El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba previamente en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubado a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Se informan los resultados como Unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro/ por inverso de la dilución (UFC/g o ml) de mohos en agar papa- dextrosa acidificado, incubadas a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 5 días o Unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o ml) de levaduras en agar papa-dextrosa acidificado, incubadas a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 5 días

## **2.3.5. OBJETIVO PARTICULAR 4. SELECCIÓN DE MATERIAL DEL ENVASE Y DISEÑO DE ETIQUETA**

### **Actividad 4.1. Selección del material del envase**

El envase tiene como función principal preservar, contener, transportar, informar, y proteger al producto que contiene, pero siempre la principal función es conservar (Robles y Farland, 1996). Es por ello que la selección del material es de suma importancia para el cumplimiento de este objetivo.

La mayoría de los nuevos productos por el desarrollo en la tecnología y el diseño del envase pertenecen al campo de los plásticos por su versatilidad a formas, usos, etcétera (Robles y Farland, 1996).

El envase se seleccionó de acuerdo a lo indicado en la norma NMX-EE-207-1986, el empaque primario consta de una bolsa de polietileno de baja densidad cerrada, la cual es la encargada de mantener su frescura y calidad hasta el momento de su consumo.

## **Actividad 4.2. Diseño de etiqueta**

Además de la información para vender la etiqueta debe llevar algunos datos legales, los cuales los indica la NOM-051-SCFI/SSA1-2015, sobre las especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre-envasados.

En dichas especificaciones se incluyeron:

- Nombre del producto
- Lista de ingredientes en orden descendiente de acuerdo a su porcentaje en el producto
- Debe mencionar el uso de ingredientes que puedan causar sensibilidad
- El contenido neto
- Nombre y domicilio con calle, número, código postal y entidad federativa del responsable del producto
- El país de origen
- Lote para su rastreabilidad
- Fecha de caducidad
- Información nutrimental

## **Actividad 4.3. Elaboración del plan de promoción del producto**

En esta actividad se realizó una propuesta del marketing mix, teniendo en cuenta la previa investigación bibliográfica sobre mercadotecnia, se propuso el nombre de la marca, slogan, diseño de empaque y etiqueta.

Posteriormente se seleccionó la publicidad del producto, ya que en gran parte del tipo de comunicación que se haga con el posible consumidor, este elegirá el producto que comprara, tomando a su vez en cuenta distintos factores, como los beneficios, y fácil acceso a este, los cuales se tomaron en cuenta para realizar la promoción.

Así mismo se siguieron lineamientos para diseñar la etiqueta, como tipos de colores que funcionan para la venta del producto, tipo de consumidor (niños, jóvenes, mujeres), lugar de venta, etc. Con esta información y el conocimiento del armado del envase y habiéndose

aplicado apropiadamente los conocimientos en mercadotecnia, se garantiza el éxito del producto.

#### **Actividad 4.4. Determinación del costo de producto de materia prima, envase e impresión**

La estimación del precio resulta problemática cuando la empresa tiene que hacerlo por primera vez, principalmente cuando se desarrolla un nuevo producto, el método de costos permite determinar el precio final de un producto, sin embargo, contempla los costos de adquisición y producción, costos logísticos, operativos, de entrega y marketing (Rivera y Garcillan, 2009).

Para el desarrollo de este proyecto se determinó el costo de la materia prima y envase con la impresión de la etiqueta para el contenido neto del producto, ya que no se cuenta con costos de producción, mano de obra, ventas, almacenamiento, distribución, publicidad y utilidad.

#### **2.3.6. OBJETIVO PARTICULAR 5. DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL.**

##### **Actividad 5.1. Elaboración del diseño de experimentos para determinación de vida útil**

Se estimó la vida útil del producto con un diseño escalonado, durante el cual se almacenaron lotes de producción de 600 gramos cada uno, a temperatura ambiente en tiempo real durante 37 días en envases de polietileno. En la tabla 4 se muestran los días transcurridos al momento de realizar la determinación de la vida útil de cada lote.

**Tabla 4:** *Días transcurridos de acuerdo al lote durante la determinación de vida útil*

<b>Número de lote</b>	<b>Días transcurridos</b>
<b>1</b>	37
<b>2</b>	33
<b>3</b>	30
<b>4</b>	26
<b>5</b>	23
<b>6</b>	19
<b>7</b>	16
<b>8</b>	12
<b>9</b>	8

De modo que por cada lote represento distintos días de almacenamiento en las condiciones a las que será sometido el producto con el consumidor , los lotes fueron producidos en intervalos de 3 y 4 días, de modo que se tuvieron lotes con tiempos de almacenamiento de 0, 8, 12, 16, 19, 23, 26, 30, 33 y 37 días. El experimento se realizó de tal modo que todas las muestras con distintos tiempos de almacenamiento se analizaron en un mismo día.

### **Actividad 5.2. Análisis de la cinética de carga microbiana y humedad**

Los factores seleccionados como críticos por considerarse atributos que pueden llegar a sufrir un mayor cambio por el deterioro con el tiempo en almacenamiento del pan de caja son la cantidad de mohos y levaduras debido a sus características y necesidades para su crecimiento como son la presencia de carbohidratos, pH ácido y temperatura de almacenamiento ambiente (Armada, 2007); así mismo se eligió la humedad, ya que es un factor importante que afecta directamente la textura.

Una vez transcurrido el tiempo se realizaron las siguientes pruebas llegando el día 38: Cuenta de mohos y levaduras en placa (NOM-111-SSA-1994), humedad mediante termobalanza (NMX-F-428-1982).

Se utilizó un análisis de regresión para establecer la cinética de deterioro de los atributos críticos seleccionados.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. RESULTADOS DE ACTIVIDADES PRELIMINARES

#### 3.1.1. Elaboración de la harina de chía

Las semillas de chía se sometieron a una reducción de tamaño en un molino KRUPS modelo GX4100 durante un periodo de 5 minutos y posteriormente se tamizó con una malla #40, resultando la harina como se observa en la figura 4.



*Figura 4 Harina de Chía*

Para el caso del amaranto se compró la harina de amaranto marca NIUX.

#### 3.1.2. Extracción del mucílago de chía

La extracción de mucilago se llevó a cabo por medio de 2 métodos, hidratado (agua y leche) y deshidratado, obteniendo los siguientes resultados.

1) El pan elaborado con mucilago deshidratado presentó una textura poco esponjosa, consistencia chiclosa, como se observa en la figura 5, además de un sabor desagradable. Otra desventaja de este es el bajo rendimiento, ya que por cada 100 gramos de chía se obtuvieron 5 gramos de mucilago.



**Figura 5** Mucílago deshidratado

2) En el pan que se elaboró con el mucílago extraído con agua y utilizado en estado líquido se obtuvo una textura esponjosa, sin embargo el sabor seguía siendo desagradable. En la figura 6 se muestra la imagen del resultado del pan.



**Figura 6** Mucílago con Chía - Agua

3) El pan que se elaboró con el mucilago extraido con leche y agregado de manera líquida obtuvo una textura esponjosa, como se muestra en la figura 7, además el sabor desagradable disminuyó considerablemente, siendo este tipo de extracción con leche el seleccionado para el proyecto.



**Figura 7** Mucílago con Chía-Leche

De acuerdo con los 2 diferentes métodos de obtención de mucílago de chía el cual es un polisacárido de alto peso molecular que puede ser ocupado como un polisacárido, mediante la aplicación de este en la formulación de la elaboración de pan de caja a base amaranto y chía, se encontró que el mucílago deshidratado tenía un menor rendimiento en comparación con los mucilagos obtenidos por hidratación, además de que había menor esponjamiento del pan, por otro lado los panes elaborados en los que se empleó mucilago deshidratado y mucílago hidratado con agua el sabor era desagradable para ambos casos y para el pan en el que se empleó mucilago hidratado con leche se observó que el esponjamiento del pan fue similar, además de que el sabor amargo desapareció significativamente, es importante mencionar que el mucilago de chía obtenido por medio de hidratación requiere un mayor tiempo de obtención ya que las microfibras contenidas en el exterior del pericarpio de la semilla no se hidratan con la misma facilidad que con el agua (Salgado y Tapia, 2013), suponiendo que este fenómeno es debido a que la leche tiene un mayor contenido de sólidos y proteínas, por lo que el hinchamiento de las microfibras de la semilla de chía tardan más tiempo en absorber agua.

### **3.1.3. Elaboración de curva patrón de ácido gálico para determinación de fenoles totales en harina**

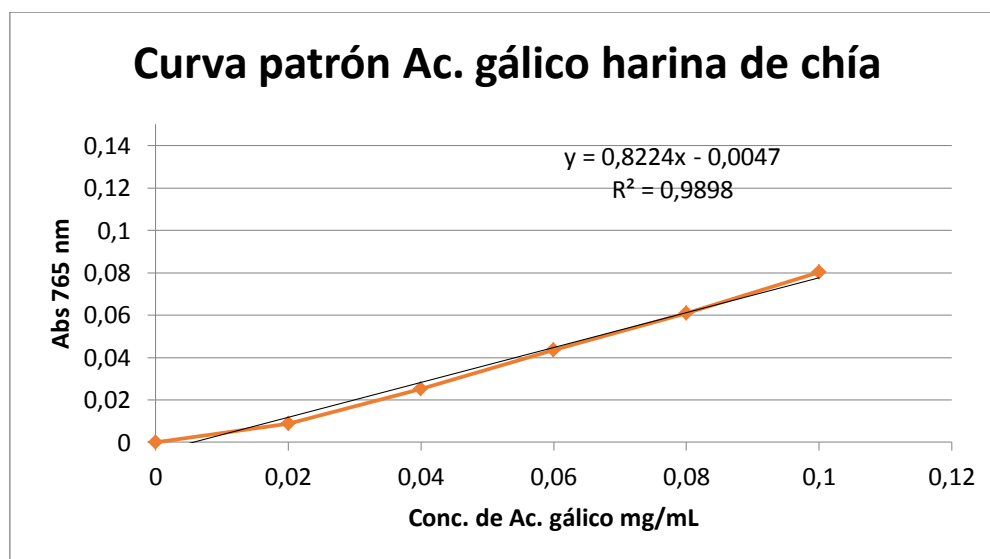
Una vez que se obtuvieron las disoluciones de ácido estas se sometieron al espectrofotómetro modelo Genesys 10 UV a 765 nm para determinar la absorbancia de las soluciones y posteriormente obtener la concentración correspondiente de ácido gálico para cada una de las

disoluciones. A continuación en la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos por el espectrofotómetro para la elaboración de la curva patrón de ácido gálico.

**Tabla 5:** Concentración de ácido gálico (mg/ ml muestra) y absorbancia a 765nm de las disoluciones para la curva patrón para harina de chía

No. Tubo	Abs (765 nm)	Concentración (mg/ml)
<b>Blanco</b>	0.000	0.000
<b>1</b>	0.020	0.0089
<b>2</b>	0.040	0.0251
<b>3</b>	0.060	0.0436
<b>4</b>	0.080	0.0608
<b>5</b>	0.100	0.0803

Una vez obtenida la absorbancia y concentración de las disoluciones de ácido gálico, estas se grafican, de forma que se obtendrá la ecuación de lineal de la cual se ocuparán los datos de la ordenada al origen, la pendiente a partir de los datos de absorbancia y concentración de ácido gálico obtenidos por el espectrofotómetro, los cuales se muestran en la tabla 5 para realizar los cálculos para la determinación de ácido gálico en la harina de chía a partir de la ecuación 6 (ver página 41). La gráfica estándar obtenida de las disoluciones de ácido gálico que se muestra en la figura 8.



**Figura 8** Curva estándar de ácido gálico



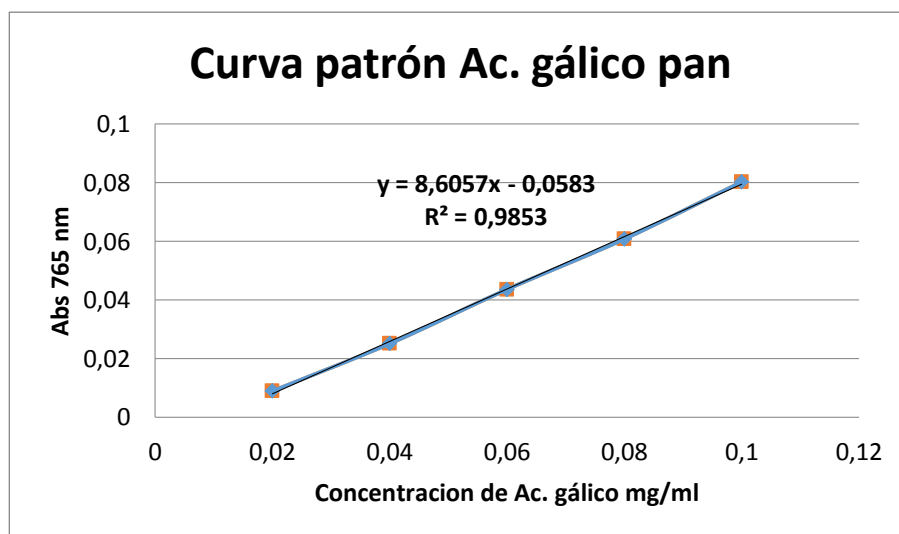
Se obtuvo una regresión lineal para obtener la pendiente y la ordenada al origen, datos que se sustituyen en el cálculo para la determinación de fenoles en harina de chía como actividad preliminar para el objetivo 2, por medio de esta regresión también se obtuvo el coeficiente de correlación ( $r^2$ ) que determina el error entre la tendencia de los puntos en el gráfico mostrado en la figura 8, la correlación obtenida fue de 0.9898 por lo que se puede decir que no hay variación entre los datos, por lo que el gráfico, la ecuación y los datos obtenidos a partir de este pueden utilizarse para la determinación de fenoles en harina de chía y así determinar si la adición de harina después del horneado aporta a la funcionalidad del producto.

Para la elaboración de curva patrón de ácido gálico para determinación de fenoles en masa y pan; las disoluciones de ácido gálico fueron sometidas a un espectrofotómetro modelo Genesys 10 UV a 765 nm para determinar la absorbancia de las soluciones y calcular el porcentaje correspondiente de ácido gálico para cada una. En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos por el espectrofotómetro para la elaboración de la curva patrón de ácido gálico.

**Tabla 6:** Concentración de ácido gálico (mg/ ml muestra) y absorbancia a 765nm de las disoluciones para la curva patrón para masa y pan

No. Tubo	Abs (765 nm)	Concentración (mg/ml)
<b>Blanco</b>	-0.001	0
<b>1</b>	0.086	0.02
<b>2</b>	0.237	0.04
<b>3</b>	0.441	0.06
<b>4</b>	0.636	0.08
<b>5</b>	0.833	0.1

Posteriormente se graficaron, de forma que se obtendrá la ecuación de lineal de la cual se ocuparan los datos de la ordenada al origen y la pendiente para realizar los cálculos para la determinación de ácido gálico en el la masa cruda, el pan recién horneado y el pan adicionado a partir de la ecuación 6 (ver página 41). La gráfica estándar obtenida de las disoluciones de ácido gálico que se muestra en la figura 9.



**Figura 9** Curva patrón de ácido gálico para determinación de fenoles en masa y pan

Se obtuvo una regresión lineal para obtener la pendiente y la ordenada al origen, datos utilizados en el cálculo de fenoles en el pan de amaranto y chía. El coeficiente de correlación ( $r^2$ ) fue de 0.9853 por lo que se puede decir que no hay variación entre los datos, con lo que se afirma que los datos obtenidos a partir de este son confiables y pueden utilizarse para la determinación de fenoles en harina de chía.

### 3.1.4. Caracterización de la harina de chía

Los resultados obtenidos del análisis químico, la determinación de fenoles y el fisicoquímico de la chía se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7:** Tabla comparativa entre los resultados obtenidos de la harina de chía comparados con el bibliográfico

<b>Determinación</b>	<b>Técnica</b>	<b>Experimental (%)</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>C.V (%)</b>	<b>Referencia (%)</b>
<b>Humedad</b>	<i>Termobalanza (NMX-F-428-1982)</i>	<b>6.1467</b>	0.2026	3.2956	<b>Máximo 15</b> (NOM-147-SSA1-1996)
<b>Lípidos</b>	<i>Soxhlet (AOAC, 2000)</i>	<b>34.8207</b>	1.0636	3.0544	<b>32.2</b> (Gutierrez, 2007)
<b>Proteínas</b>	<i>Kjeldahl (AOAC, 2000)</i>	<b>19.8734</b>	1.9254	9.6882	<b>21.1</b> (Gutierrez, 2007)
<b>Cenizas</b>	<i>Klemm (AOAC, 2000)</i>	<b>5.1976</b>	0.4076	7.8414	<b>4.8</b> (Gutierrez, 2007)
<b>Fibra cruda</b>	<i>Kennedy (Lees, 1982)</i>	<b>21.6696</b>	2.0032	9.2444	<b>27.7</b> (Gutierrez, 2007)
<b>Carbohidratos</b>	<i>Diferencia</i>	<b>12.2920</b>	-----	-----	<b>14.2</b> (Gutierrez, 2007)
<b>Fenoles totales</b>	<i>Folin-Ciocalteu (Fogliano et al., 1999)</i>	<b>1.1162</b>	0.0437	3.9190	
<b>pH</b>	<i>Potenciómetro (AOAC, 2000)</i>	<b>6.1567</b>	0.0451	0.7324	<b>6.1</b> (AOAC, 1998)
<b>Acidez</b>	<i>Titulación (NMX-F-102-S-1978)</i>	<b>2.3667</b>	0.1528	6.4543	<b>2.1-2.4</b> (AOAC, 1998)

De acuerdo a los valores reportados de lípidos se encontró que tiene un 34.82% de estos por lo que la harina de chía es una de las harinas con mayor contenido de lípidos, ya que la semilla de chía es la fuente natural más rica en ácidos grasos omega-3 en comparación con otras semillas o cereales, según Constantini et al. (2014).

La semilla de chía tiene un contenido de grasa entre un 25% a un 40% ya que tiene un alto contenido de ácidos grasos esenciales entre los cuales se encuentran el Omega-3 y el ácido

linoleico en mayor proporción. En cuanto al contenido de proteína, se encontró que un 19.81% es proteína, lo que convierte a la harina de chía en una opción viable para satisfacer la dieta diaria, además de que el contenido alto de proteínas puede contribuir a reforzar las redes que atrapan el gas generado durante la fermentación en pan dándole un mayor volumen al mismo. Es importante mencionar que el contenido proteico es mayor que en los granos utilizados que el trigo, el maíz, el arroz y la avena, además la harina de chía es una buena fuente de aminoácidos esenciales, en particular leucina, lisina, valina e isoleucina (Constantini et al., 2014).

El resultado obtenido del contenido de cenizas que fue de 5.1976%, sin embargo esto depende de la variedad de semilla de chía que se esté utilizando, en general el contenido de cenizas es una medida total de los minerales que hay presentes en un alimento, en el caso harinas, las materias minerales son poco significativas en su composición, no obstante, las más importantes y que pueden estar incluidas en la determinación son el fósforo, el magnesio, hierro y zinc.

De acuerdo con el contenido de humedad se observa que se tiene un porcentaje de 6.14%, valor que está por debajo del límite de la norma NOM-147-SSA1-1996, este parámetro es un factor importante en la conservación y la calidad de las harinas, por lo que el contenido de humedad debe ser bajo ya que la humedad hace que se altere la capacidad de fermentación de las harinas (principalmente en las que tienen contenido de gluten). Esta prueba permite determinar la mayor o la menor capacidad de las harinas para conservarse, puesto que el agua se encuentra en las harinas como agua libre, y por tanto hay menor vida de anaquel. Con respecto al contenido de fibra mostrado en la tabla 7 podemos observar que su contenido es alto esto es debido a que la semilla de chía es rica en fibra dietética (hasta 30% del total de su peso) y al entrar en contacto tanto con agua se genera un polisacárido ramificado por xilosa, glucosa y ácido glucoronico, este polisacárido es de alto peso molecular, el cual hace que se absorba hasta 10 veces su peso en agua, lo que permite una absorción más lenta de azúcar en el cuerpo (Salgado y Tapia., 2013), haciendo de esta una buena opción en la sustitución de harinas a base de cereales ricos en fibra.

Con respecto a las propiedades fisicoquímicas de pH y acidez no tenemos dato bibliográfico de comparación sin embargo estos parámetros son importantes para la identificación de posibles adulteraciones de harinas, tomando como base pH de harina de trigo en los cuales el límite es de 6 a 6.8 en pH y 2.1 a 2.4 en acidez (Fennema, 2000; AOAC, 1998).

En lo que respecta al contenido de fenoles totales de acuerdo a la tabla 4 se encuentra que el contenido de fenoles está aproximadamente entre 1.06 y 1.51 mg equivalentes de ácido gálico por gramo de harina de chía, este pseudo cereal posee algunos compuestos fenólicos, entre los que destaca la quercetina, triglucósidos flavonoides, la quercitina principalmente es la que tiene una mayor actividad antioxidante sobre los radicales libres, por lo que un pan a base de chía podría representar una fuente de antioxidantes (Chlopicka Pasko, Gorinstein, Jedryas y Zagrodzki, 2012), sin embargo sabemos que durante el proceso de horneado algunos de estos compuesto fenólicos se pierden, por lo que es de suma importancia determinarlo en el pan después del horneado.

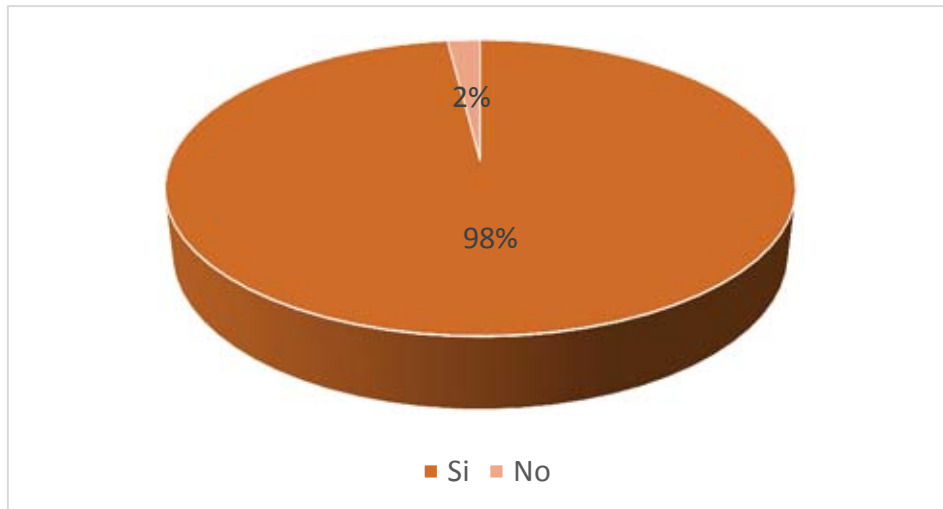
### **3.2. OBJETIVO PARTICULAR 1. ESTUDIO DE MERCADO**

#### **Actividad 1.1. Aplicación de la encuesta de mercado**

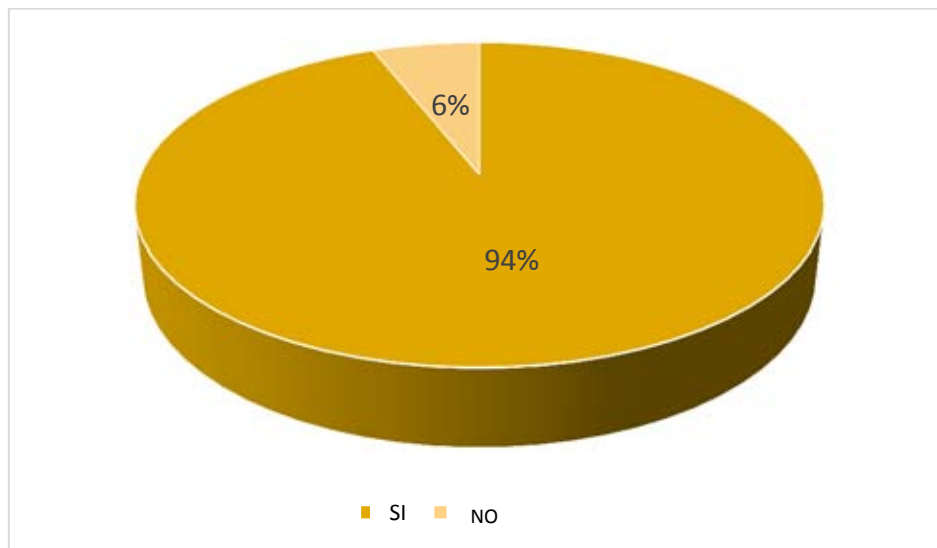
El estudio de mercado fue aplicado a una muestra de 50 personas de la cual en un 54% fueron mujeres, debido a que generalmente son quienes deciden sobre el producto que se consumirá en el hogar. La edad predominante fue de 20 a 30 años con un 56% de entrevistados con este rango de edad.

#### **Actividad 1.2. Análisis estadístico del estudio de mercado**

De acuerdo con los resultados de las encuestas aplicadas a los entrevistados, se encontró que más de un 90% tiene conocimiento acerca de la existencia del amaranto y la chía (ver figura 10 y 11), sin embargo los encuestados mencionan no tener conocimiento de los beneficios específicos de la aplicación de este tipo de cereales en la dieta alimentaria.



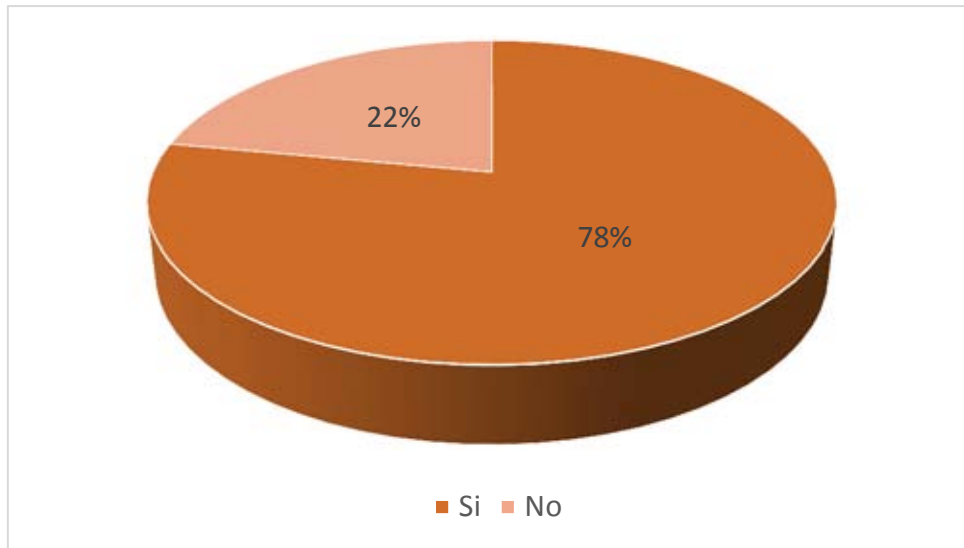
**Figura 10** ¿Conoces el amaranto?



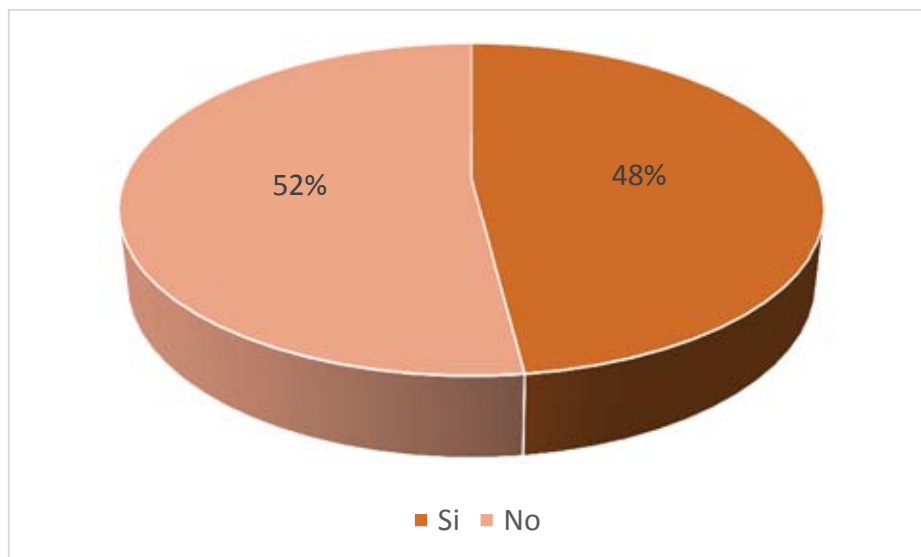
**Figura 11** ¿Conoces la chía?

De acuerdo con la figura 10, se observa que gran parte de la población conoce el amaranto, sin embargo la chía es menos conocida, aunque debido a su apogeo en los últimos años, esta última se ha hecho popular entre la población mexicana.

De las figuras 10, 11, 12 y 13 se puede deducir que la mayoría de la población conoce el amaranto y la chía, sin embargo no conocen los beneficios nutricionales que estos proporcionan, por lo que hay que concientizar a las personas de ello como parte de la publicidad del producto.

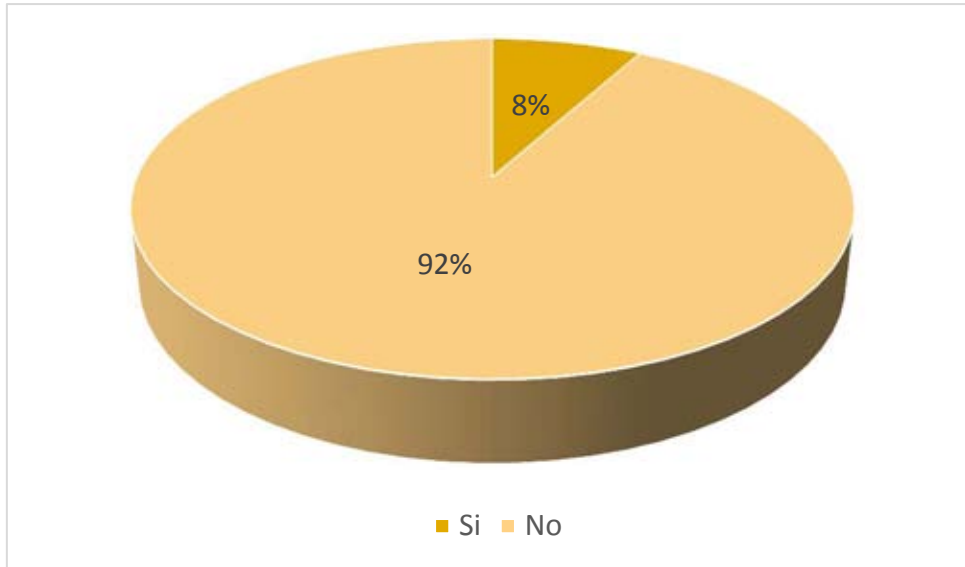


**Figura 12** *¿Sabes que el amaranto tiene alto contenido de proteína y fibra?*



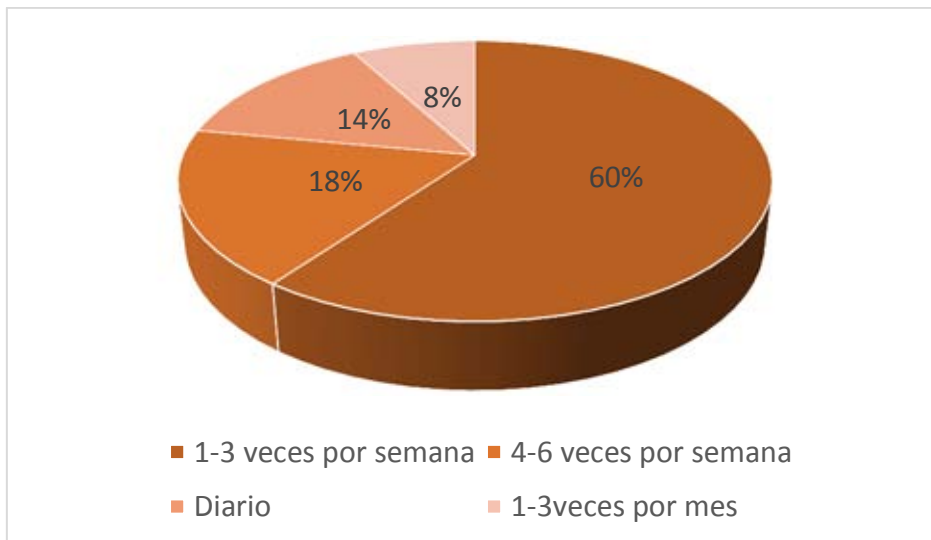
**Figura 13** *¿Sabes que la chía es baja en carbohidratos, rica en fibra y omega-3?*

Es sabido que la población mexicana no es propensa a padecer de celiaquía, siendo el porcentaje de 6% en adultos (Hernández, 2009), lo cual se ve reflejado durante el estudio, sin embargo, se mostró un gran interés por prevenir los síntomas, además de la prevención y control de la obesidad, que tiene un alto índice en la población mexicana, el cual Prandoni reporta en el 2012 como 72-76% en población adulta.



**Figura 14** ¿Padeces o conoces a alguien que sea intolerante al gluten?

En lo que respecta al consumo de pan de caja de acuerdo a la figura 15 se observa que la mayoría de la población encuestada lo consume de 1-3 veces por semana, lo cual es un buen indicador para el éxito del producto en el mercado, tomando en cuenta que lo consume toda la familia y que uno de los factores que más importancia tiene sobre la compra de un producto de este tipo es el contenido nutrimental del mismo.

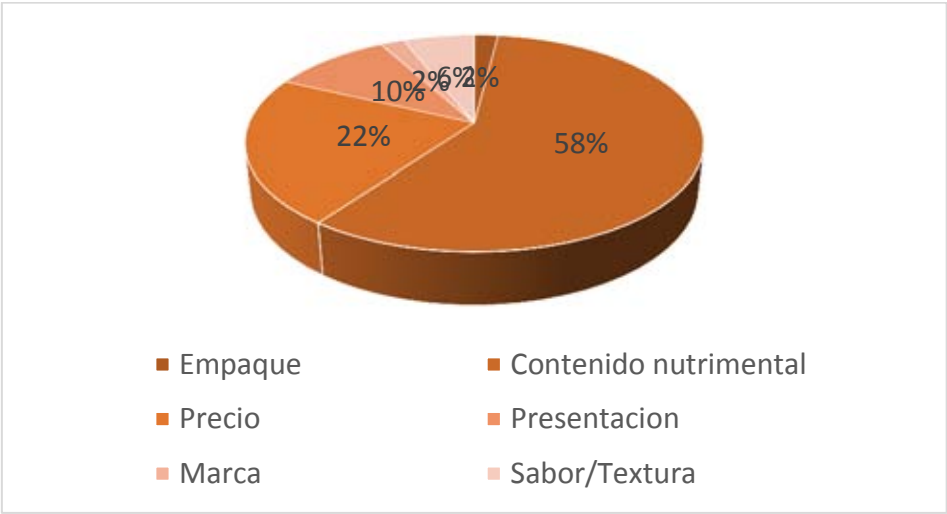


**Figura 15** ¿Qué tan frecuente consumes pan de caja?

De acuerdo a la figura 16 el 58% de la población dice que compra el pan conforme a su contenido nutrimental, mencionando que el pan integral o multigrano es el de su preferencia,

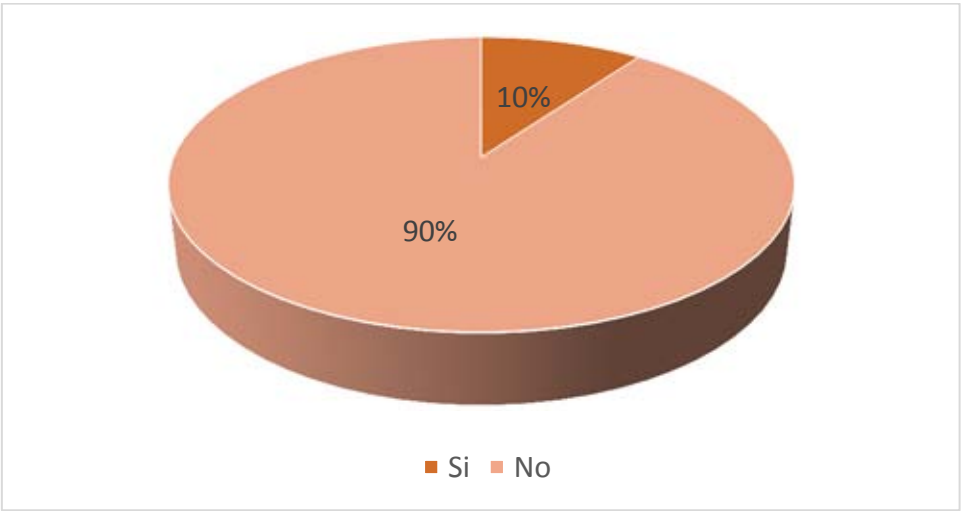


por lo que se predice que el producto elaborado con amaranto y chía llamará la atención de este porcentaje de la población.



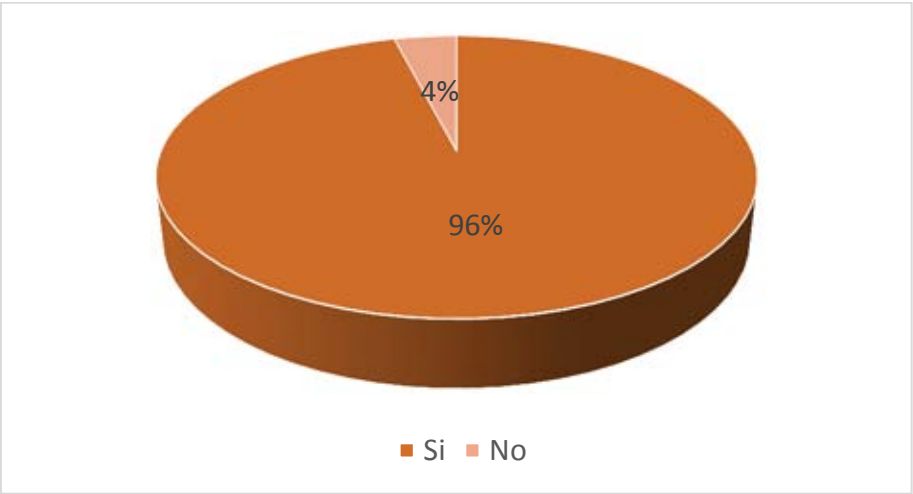
**Figura 16** Al momento de su compra ¿En que se basa para realizar su compra?

En la figura 18 podemos identificar que el 90% de los encuestados mencionó que no conoce pan de caja alguno que contenga amaranto y/o chía y además el 96% dijo que si saliera al mercado alguno con estas características lo comprarían para “probarlo” (figura 18), por lo que se predice que se tienen buenas expectativas con respecto a la aceptación del producto en los consumidores.

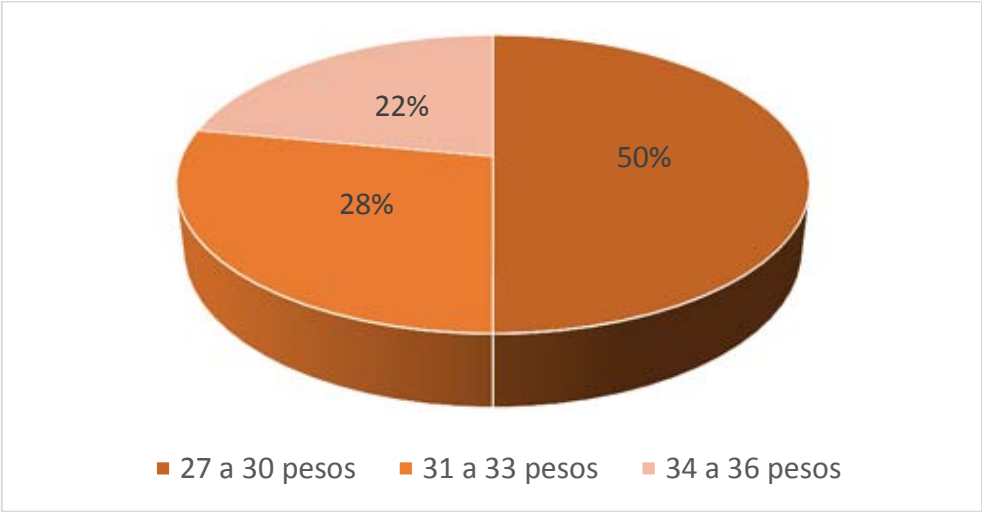


**Figura 17** ¿Conoces un pan elaborado con amaranto y/o chía en el mercado?

Y finalmente de acuerdo con los resultados de los entrevistados se encontró que el 50% de los encuestados indicaron que el precio que pagarían por un paquete de tamaño comercial mediano de pan (450 gramos) es de 27 a 30 pesos, debido a que es el precio de pan de caja de trigo en el mercado, prediciendo que para poder insertar este producto en el mercado y tenga éxito hay que hacer promociones con respecto a su contenido nutrimental y beneficios a la salud, para así poder asegurar que el pan de caja a base de harina de amaranto y chía será aceptado por el consumidor.



**Figura 18** ¿Comprarías pan a base de amaranto y chía?



### 3.3. OBJETIVO PARTICULAR 2. DESARROLLO DE FORMULACIONES Y SELECCIÓN DE PROTOTIPO

#### Actividad 2.1. Elaboración de las formulaciones

Se desarrollaron 9 formulaciones descritas en la tabla 8 y cuyos porcentajes se describen en la tabla 8 (ver página 62), previamente se establecieron condiciones elaboración del pan, ya que se desconocía el comportamiento de la harina de chía y amaranto en conjunto en un producto de panificación. El proceso tenía que ser estandarizado de manera que todas las formulaciones del pan de caja fueron elaboradas bajo las mismas condiciones, estas condiciones se describen en la tabla 9.

**Tabla 8:** Porcentaje de las formulaciones de pan de caja a base de harinas amaranto y chía en función a la relación de harinas y concentración de mucilago

Ingredientes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
<b>Harina</b>	25%	25%	25%	24%	24%	24%	22%	22%	22%
<b>De la cual:</b>									
<b>Amaranto</b>	92%	95%	98%	92%	95%	98%	92%	95%	98%
<b>Chía</b>	8%	5%	2%	8%	5%	2%	8%	5%	2%
<b>Mucilago</b>	20%	20%	20%	25%	25%	25%	30%	30%	30%
<b>Almidón (fécula de maíz)</b>	19%	19%	19%	17%	17%	17%	16%	16%	16%
<b>Leche</b>	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
<b>Aceite vegetal</b>	6%	6%	6%	5%	5%	5%	3%	3%	3%
<b>Agente leudante*</b>	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%
<b>Levadura (Sacharomyces cerevisae)</b>	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%
<b>Azúcar</b>	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%
<b>Harina de chía adicionada/ espolvoreada</b>	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
<b>Sal</b>	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
<b>Conservador **</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

\*Fosfato monocálcico+ sulfato sódico (royal)

\*\* Sorbato de potasio (100 mg/kg)

**Tabla 9:** Condiciones para la elaboración de pan de caja a base de harinas de amaranto y chíá

<i>Parámetro</i>	<i>Condiciones seleccionadas</i>
<b>Tiempo de fermentación</b>	30 min (25-30 °C)
<b>Tiempo de horneo</b>	1 hora y 30 min
<b>Temperatura de horneo</b>	180 °C

Solo se estableció una fermentación después de amasar por un tiempo de 30 min a una temperatura de entre 25 y 30 °C una vez que la masa era colocada en los moldes, debido a que durante este tiempo se observó un mayor esponjamiento de la masa a estas condiciones.

### **Actividad 2.2. Evaluación sensorial de las formulaciones**

Se seleccionaron 30 jueces semientrenados de ambos sexos, los cuales eran estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la FES Cuautitlán, que cumplieran con los conocimientos previos necesarios sobre evaluación sensorial.

### **Actividad 2.3. Selección de prototipo por diseño experimental**

En la tabla 10 se observa que de acuerdo a la prueba de ordenamiento realizada a las formulaciones, la de mayor preferencia recibió el rango 1 y el de menor preferencia el rango 9. Se notó un efecto significativo entre las diferentes formulaciones, es decir, entre la combinación de la proporción amaranto-chíá con el porcentaje de mucilago, sobre los atributos sensoriales sabor, textura olor como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10:** Resultados de la prueba de Friedman para probar el efecto de la proporción de harinas y mucilago en los atributos sensoriales

<b>Atributo sensorial</b>	<b>Chi cuadrada de Friedman</b>	<b>Valor p</b>
<b>Color</b>	4.9	0.777
<b>Olor</b>	19.5	0.012
<b>Sabor</b>	32.3	<0.001
<b>Textura</b>	20.9	0.007

Se encontró efecto significativo en el olor, sabor y textura ( $p < 0.05$ ).

La formulación con mayor preferencia de sabor y textura fue el elaborado con 30% de mucilago y 92% de harina de amaranto ya que tuvo las medianas más pequeñas que fueron de 2 y 3 respectivamente a cada atributo. Hay una clara diferencia significativa ( $p < 0.001$ ) entre este prototipo y el de menor preferencia de sabor y textura, el cual fue el que contiene 25% de mucilago y 98% de harina de amaranto. También se observó que los tres prototipos con 30% de mucilago tuvieron una buena calificación de preferencia en sabor y que no hay diferencia significativa entre ellos (tabla 11). El sabor mejora al aumentar la concentración de mucilago.

Otro prototipo con buena calificación en sabor y textura es aquel que contiene 20% de mucilago y 98% de harina de amaranto.

La mayor preferencia con respecto al atributo olor también la tuvo la muestra con 30% de mucilago y 92% harina de amaranto con una diferencia significativa ( $p < 0.005$ ) con los de menor preferencia en olor que fueron las muestras con 20% de mucilago y 95 y 92% de harina de amaranto.

El efecto del mucilago depende de la proporción amaranto-chía, sin embargo no está claro el comportamiento de esta interacción, por lo que sería interesante continuar la investigación en este sentido.

El sabor mejora al aumentar la concentración de mucilago; en los atributos de textura y olor no se observa un efecto claro de las concentraciones de mucilago y harina. No se observaron diferencias significativas en las preferencias de color, sin embargo las medianas están en el rango de 6 a 5 lo cual indica que el color no es muy agradable.

**Tabla 11:** Medianas de la prueba sensorial de ordenamiento para comparar formulaciones

Prototipo		Medianas			
Mucilago (%)	Harina amaranto (%)	Color	Olor	Sabor	Textura
20	92	6	6 <sup>b</sup>	6 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>
20	95	6	3.5 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>
20	98	6	4 <sup>ab</sup>	4 <sup>bc</sup>	3.5 <sup>b</sup>
25	92	5	6 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>	4 <sup>ab</sup>
25	95	6	5.5 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>	6 <sup>ab</sup>
25	98	6	4.5 <sup>ab</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>
30	92	5	3 <sup>ab</sup>	3 <sup>c</sup>	2 <sup>b</sup>
30	95	5	6.5 <sup>b</sup>	4 <sup>bc</sup>	5 <sup>ab</sup>
30	98	5	4.5 <sup>ab</sup>	4 <sup>bc</sup>	4.5 <sup>ab</sup>

Las letras diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Con base en el estadístico aplicado a la evaluación sensorial, se muestra en la tabla 12 la formulación del prototipo seleccionado por los jueces semientrenados, la cual resultó con mayor porcentaje de mucilago propuesto, debido a que este le confiere una mejor textura al pan por sus características funcionales, así como la mayor cantidad de harina de chía teniendo el mismo efecto en la textura debido al mucilago que puede desprenderse de esta. En cuanto al sabor los ingredientes como el azúcar, aceite vegetal y la leche, los cuales se mantuvieron como constantes, son los encargados de mejorar esta característica, por lo que el producto tendrá aceptación de los consumidores hacia las propiedades del producto al insertarlo en el mercado.

**Tabla 12:** Formulación seleccionada

<b>Ingrediente</b>	<b>%</b>
Harina total	32
<b>De la cual:</b>	
Harina de Amaranto	29
Harina de Chía	3
Mucilago	30
Leche	17
Almidón	10
Aceite vegetal	3
Agente leudante	2
Levadura	2
Azúcar	2
Harina de chía espolvoreada	1.5
Sal	0.5
Conservador	0.1

### **3.4. OBJETIVO PARTICULAR 3. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO, FISCOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO A LA FORMULACIÓN SELECCIONADA**

#### **Actividad 3.1. Análisis físico**

Se determinó el volumen específico del producto desarrollado y se comparó con el pan de linaza como referencia, para observar la diferencia entre el pan con gluten y el uso de

mucilago en pan libre de gluten. Los resultados mostrados en la tabla 13, página 65, comprueban la eficacia del mucilago como aditivo para proporcionar al pan las características texturales propias, sin embargo el volumen del prototipo es 23% menor al de referencia, por lo que el mucílago no brinda la esponjosidad necesaria para sustituir completamente el gluten por este y obtener un volumen igual, por lo que se considera el sustituir el gluten con una fracción de mucílago y otra de algún otro tipo de hidrocoloide (goma guar, xantana, etcétera). Además en la formulación se propuso 10% de almidón, cuyos componentes (amilosa y amilopectina) forman una red tridimensional en contacto con el agua, produciendo una masa más espesa y volumen mayor al horneado debido a que ayudan a retención del gas, mejorando atributos como apariencia y textura al producto final (Badui, 1993).

**Tabla 13:** *Propiedades físicas del pan de caja desarrollado vs pan comercial*

<i>Determinación</i>	<i>Técnica</i>	<i>Experimental</i>	<i>Desv. Estándar</i>	<i>C.V (%)</i>	<i>Referencia Etiqueta de pan comercial de centeno</i>
<b><i>Volumen específico</i></b>	<i>Desplazamiento de semillas (Ordaz, 2010).</i>	<b><i>210 cm<sup>3</sup></i></b>	2.9833	1.4206	<b><i>274 cm<sup>3</sup></i></b>

### **Actividad 3.2. Análisis químico**

Se determinaron los lípidos, proteínas, cenizas, humedad, fibra cruda y carbohidratos que contiene el pan de amaranto y chía, posteriormente se comparó el resultado con un pan comercial de centeno, cuyos ingredientes son harina de trigo integral (gluten), harina de trigo, azúcares linaza (5%), gluten de trigo, levadura, girasol, aceite vegetal, harina de cebada integral, hojuelas de avena, sémola de maíz, harina de centeno, sal, lecitina de soya, salvado de trigo, propionato de calcio, fosfato mococalcico, mono y digliceridos, esteres de ácido diacetil tartico, enzimas, vitaminas, minerales y sorbato de potasio, tomando la información nutrimental expuesta en el empaque cuyos resultados se presentan a en la tabla 14.

**Tabla 14:** Aporte nutritivo experimental del pan de caja

<b>Determinación</b>	<b>Técnica</b>	<b>Experimenta l (%)</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>C.V (%)</b>	<b>Referencia (%) Etiqueta de pan comercial de centeno</b>
<b>Humedad</b>	<i>Termobalanza (NMX-F-428-1982)</i>	<b>30.65</b>	<i>1.41</i>	<i>6.86</i>	<i>31.35**</i>
<b>Lípidos</b>	<i>Soxhlet (AOAC, 2000)</i>	<b>7.19</b>	<i>0.3586</i>	<i>4.9826</i>	<i>7.05</i>
<b>Proteínas</b>	<i>Kjeldahl (AOAC, 2000)</i>	<b>8.94</b>	<i>0.5710</i>	<i>6.3816</i>	<i>10.58</i>
<b>Cenizas</b>	<i>Klemm (AOAC, 2000)</i>	<b>8.29</b>	<i>0.3715</i>	<i>4.4781</i>	<i>5.14*</i>
<b>Fibra cruda</b>	<i>Kennedy (Lees, 1982)</i>	<b>15.06</b>	<i>0.3567</i>	<i>1.4230</i>	<i>3.53</i>
<b>Carbohidratos</b>	<i>Diferencia</i>	<b>29.84</b>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>42.32</i>

\*Con base a la suma de los minerales reportados en el empaque.

\*\*Con base a los sólidos reportados en el empaque.

De acuerdo con los resultados presentados del aporte nutritivo del pan de caja, se esperaba un porcentaje de humedad más alto en el de amaranto debido al contenido de mucilago que se incluyó en la formulación, el cual retiene el agua, sin embargo es muy parecido al pan de referencia, esto se puede deber a las condiciones de tiempo y temperatura del horneado, por lo que se confirman estas condiciones como adecuadas para tener un porcentaje de humedad aceptable, ya que además de ser parecido a la referencia se encuentra en el rango que marca la norma NMX-F-442-1983 de 15 a 35%, este parámetro es un punto crítico de control ya que entre mayor humedad contenga el producto tiende a ser menor la vida de anaquel del mismo, por otro lado el contenido de proteína es demasiado bajo en comparación al contenido de proteína que contiene la harina de amaranto y chíá que es de aproximadamente entre un 17 y un 21%, es importante mencionar que al someter la masa a un proceso de horneado las proteínas se degradan, ya que estas son termosensibles a temperaturas mayores de 75°C según Hernández (2009), sin embargo el pan de referencia contiene un porcentaje de proteína solamente 1.6% mayor, debido a la ausencia del gluten en el nuevo producto.

Respecto a los componentes inorgánicos se observa un porcentaje notablemente mayor en el pan de amaranto y chíá, el cual según la bibliografía estos son el calcio y magnesio



principalmente provenientes del amaranto como componente mayoritario, y que su contenido total de minerales generalmente se reporta como mayor que el observado en los granos de cereales, comparado con la referencia, los cuales reporta como zinc, hierro, fosforo, calcio, ácido fólico, magnesio y yodo en su envase.

En cuanto a los lípidos, de acuerdo a Bautista (2007) estos son en su mayor parte omega 6 proveniente del amaranto y omega 3 proveniente de la chía, cuyo porcentaje es muy similar al de la referencia.

El porcentaje de fibra cruda si es notablemente mayor, esto puede deberse a que el 30% del pan es mucilago de la chía, en el cual se encuentra solubilizada la fibra dietética de esta.

El amaranto contiene aproximadamente 14% de fibra, lo que hace que el producto final tenga un contenido casi 5 veces mayor al de la referencia.

### **Actividad 3.3. Determinación de fenoles totales**

Los fenoles contenidos en la chía son termosensibles, por lo que con el calor o la luz pueden degradarse, es por ello que se determinaron los fenoles totales en la masa cruda, posteriormente en el pan recién horneado y finalmente en el pan después de ser adicionado con harina de chía.

**Tabla 15:** Fenoles totales en la masa, pan de caja recién horneado y pan de caja adicionado

<i>Determinación</i>	<i>Técnica</i>	<i>Experimental (%)</i>	<i>Desv. Estándar</i>	<i>C.V (%)</i>
<i>Fenoles totales en masa</i>	<i>Folin-Ciocalteu (Fogliano et al., 1999)</i>	<b>0.24</b>	0.0200	8.2521
<i>Fenoles totales en pan recién horneado</i>	<i>Folin-Ciocalteu (Fogliano et al., 1999)</i>	<b>0.0385</b>	0.0063	4.1196
<i>Fenoles totales en pan adicionado</i>	<i>Folin-Ciocalteu (Fogliano et al., 1999)</i>	<b>0.45</b>	0.0273	5.9887

En la tabla 15 se puede observar que la cantidad de fenoles disminuyó un 20% durante la cocción debido a la sensibilidad de estos al calor, sin embargo se adicionó en el pan 1.5% de la formulación de harina de chía, lo cual representó un aumento del 42% en los fenoles, siendo el total de fenoles totales mayor inclusive que en la masa, por lo que se afirma que la adición de harina de chía aumenta la cantidad de fenoles en el pan, siendo esta práctica aceptada para la elaboración del producto, debido a que aumenta el valor funcional nutrimental del producto final.

### Actividad 3.4. Análisis fisicoquímico

Los factores fisicoquímicos como pH y acidez en el pan de caja están relacionados con la calidad del producto, así como la calidad de la levadura que realizó la fermentación de este. Los resultados del análisis se presentan a continuación en la tabla 16.

**Tabla 16:** Propiedades fisicoquímicas del pan de caja

<i>Determinación</i>	<i>Técnica</i>	<i>Experimental</i>	<i>Desv. Estándar</i>	<i>C.V (%)</i>	<i>Referencia</i>
<i>pH</i>	<i>Potenciómetro (AOAC, 2000)</i>	<b>5.23</b>	<i>0.03</i>	<i>0.48</i>	<b>4.5-5.8</b> <i>(NMX-F-159-S-1983)</i>
<i>Acidez</i>	<i>Titulación (NMX-F-102-S-1978)</i>	<b>0.0253</b>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	

En lo que respecta a las propiedades fisicoquímicas se obtuvo un pH experimental de 5.23 (ver tabla 15) el cual es adecuado ya que los panes generalmente se encuentran entre 4.5 – 5.8 (NMX-F-159-S-1983), lo cual indica que la fermentación se llevó a cabo de manera adecuada, ya que la acción de la *Sacharomyces cerevisiae* transforma los azúcares en anhídrido carbónico y alcohol. Si el pan presenta valores de pH y acidez, respectivamente inferiores o superiores a los óptimos, indica que la fermentación se ha llevado a cabo a una temperatura demasiado alta, o durante demasiado tiempo, dando lugar a un envejecimiento excesivo y un sabor así como aroma acidulante, una porosidad demasiado grande y una corteza demasiado coloreada (Quaglia, 1991).

### Actividad 3.5. Análisis microbiológico

Se determinó la cantidad de UFC/g de mesofilos aerobios, coliformes totales y mohos y levaduras para verificar la calidad higiénica del producto, así como las condiciones del proceso. En la tabla 17, página 69, se puede observar que no hubo crecimiento de coliformes en el pan, el cual es un indicador de una manipulación correcta e higiénica de los instrumentos utilizados y su material de empaque, además de la higiene en el manipulador; así como tampoco de mesofilos aerobios lo que indica de igual modo la correcta manipulación del producto, sus instrumentos y el empaque después de ser horneado, ya que tanto coliformes, mesofilos, mohos y levaduras son destruidos con la temperatura a la que fue sometido el producto para hornearse (180°C), por lo que al no tener un desarrollo de ninguno de estos nos indica la calidad de la materia prima, en especial del amaranto que al ser un cereal es más propenso a tener este tipo de microorganismos; además de haber tenido un buen horneado ya que la levadura utilizada para la fermentación, la *Saccharomyces cerevisiae* es destruida a una temperatura de 50°C, llegando a esta temperatura inclusive al interior del pan.

**Tabla 17:** Análisis microbiológico del pan de caja

<b>Microorganismo</b>	<b>Técnica</b>	<b>Experimental</b>	<b>Referencia</b>
<b>Coliformes</b>	<i>Cuenta de coliformes totales en placa (NOM-113-SSA-1994)</i>	No hay desarrollo de coliformes por gramo.	<b>10 UFC/g máximo</b> (NOM-247-SSA1-2008)
<b>Mesófilos aerobios</b>	<i>Cuenta de bacterias aerobias en placa (NOM-092-SSA-1994)</i>	No hay desarrollo de UFC/g de bacterias aerobias en placa en agar para cuenta estándar, incubadas 72 horas a 35 °C.	<b>1000 UFC/g máximo</b> (NOM-247-SSA1-2008)
<b>Mohos</b>	<i>Cuenta de mohos y levaduras en placa (NOM-111-SSA-1994)</i>	0 UFC/g de mohos en agar papa- dextrosa acidificado, incubadas a 35°C durante 5 días.	<b>20 UFC/g máximo</b> (NOM-247-SSA1-2008)
<b>Levaduras</b>	<i>Cuenta de mohos y levaduras en placa (NOM-111-SSA-1994)</i>	0 UFC/g de mohos en agar papa- dextrosa acidificado, incubadas a 35°C durante 5 días.	<b>20 UFC/g máximo</b> (NOM-247-SSA1-2008)

### 3.5.OBJETIVO PARTICULAR 4. SELECCIÓN DE MATERIAL DEL ENVASE Y DISEÑO DE ETIQUETA

#### Actividad 4.1. Selección de material del envase

Los envoltorios plásticos se hacen en distintos tipos básicos, sin embargo para envasar pan de caja y bollería, son empleadas bolsas de polietileno de baja densidad según la NMX-EE-207-1986, este material presenta buena transparencia, alta resistencia a elongación, es una buena barrera a humedad, es un material económico y es de estructura flexible, además resguarda el producto de la humedad exterior la cual puede causar aparición de moho, disminuir la retro degradación del almidón que provoca el endurecimiento del pan (Rodríguez, 2007). Se planteó la necesidad de hacer el envase opaco debido a que factores como la luz o el calor pueden degradar vitaminas y antioxidantes adicionados en el producto, así como provocar enranciamiento en el mismo, por lo que el envase elegido protege todos estos componentes. Las características de este material se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18:** Características de Polietileno de Baja Densidad

<b>Generales</b>	
<b>Densidad g/cm<sup>3</sup></b>	0.910-0.925
<b>Espesor mm</b>	0.0254-0.0762
<b>Claridad</b>	Transparente o translúcida
<b>Rendimiento: sin impresión g/m<sup>2</sup></b>	24-72
<b>Mecánicas</b>	
<b>Resistencia a la tensión kg/cm<sup>2</sup></b>	70-246
<b>Alargamiento</b>	200-500
<b>Resistencia al impacto kg/cm</b>	7-11
<b>Resistencia al rasgado g/</b>	100-400
<b>Condiciones de sellado</b>	
<b>Temperatura °C</b>	248-920
<b>Tiempo s</b>	0.5
<b>Presión kg/cm<sup>2</sup></b>	2.109-2.531
<b>Lisura (Uniformidad del calibre)</b>	108

(NMX-EE-207-1986. Envase. Película de polietileno para envasar pan de caja y bollería)

Además debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Apariencia: la película de polietileno debe estar libre de burbujas, motas, arrugas, ojos de pescado, partículas extrañas, agujeros u otros defectos que afecten su uso (NMX-EE-207-1986).
- Bloqueo (adherencia entre películas): la película de polietileno no debe presentar adherencias entre película y película (NMX-EE-207-1986).
- Condiciones sanitarias: la película de polietileno no debe presentar olor a solventes, tintas, ceras del polietileno o aditivos. Además no debe impartir sabor, ni olor al producto envasado, de acuerdo a lo que establece la NMX-EE-207-1986. Película de polietileno para envasar pan de caja y bollería.
- Presenta buena transparencia, alta resistencia a elongación, es una buena barrera a humedad, es un material económico y es de estructura flexible (Rodríguez, 2007).
- Efecto: resguardarlo de la humedad exterior la cual puede causar aparición de moho, disminuir la retro degradación del almidón que provoca el endurecimiento del pan.

#### **Actividad 4.2. Diseño de etiqueta**

Se elaboró la etiqueta del pan en base a las especificaciones de la NOM-051-SCFI/SSA1-2015, teniendo en consideración los datos e información que se deben incluir, como son:

- Nombre del producto
- El contenido neto.
- Lote para su rastreabilidad.
- Fecha de caducidad.
- Lista de ingredientes, información nutrimental, ingredientes causantes de sensibilidad, nombre y domicilio del responsable del producto, país de origen como se muestra en la figura 20.

El contenido energético se calculó de acuerdo a la NOM-051 con la siguiente ecuación:

$$kJ = (gr\ azúcares \times 4) + (gr\ proteínas \times 4) + (gr\ grasas \times 9) \quad \text{Ec. (8)}$$

Se tienen 17 rebanadas de 30 gr cada una, por lo que de acuerdo al análisis químico los gramos de cada componente son:

**Tabla 19:** Gramos por componente de cada rebanada

Componente	%	Gramos
Proteínas	8.94	2.37
CHOS + Fibra	44.86	11.87
Grasas	7.19	1.90

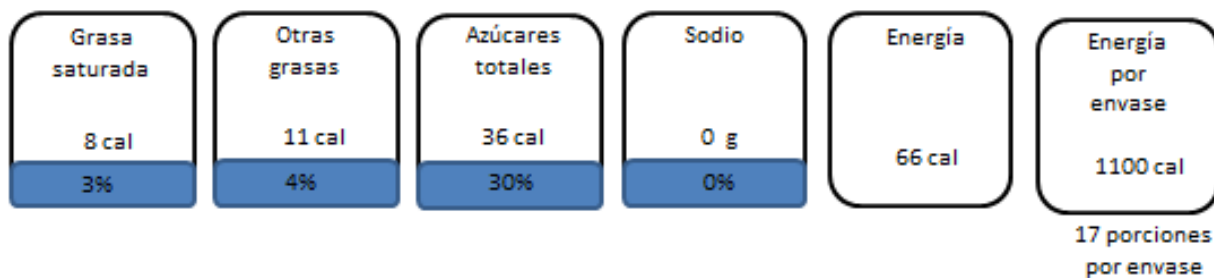
Por lo que sustituyendo la cantidad de gramos en la ecuación 8 el resultado es de 74 kJ.

<b>Información nutrimental</b>	
Tamaño de porción	1 rebanada
Porciones por paquete	17
Cada rebanada de 30 gramos contiene:	
Contenido energético kJ (cal)	74
Grasas (g)	2
Sodio (g)	0
Carbohidratos (g)	8
Fibra dietética (g)	4
Proteínas (g)	2
Minerales (g)	2
<p><b>Ingredientes:</b> Harina de amaranto, harina de chía, semillas de chía enteras, leche (<b>lactosa</b>), almidón de maíz, aceite vegetal, levadura, agente leudante, azúcar, sal, sorbato de potasio como conservador.</p> <p><b>Hecho en México</b> por Salvia S.A de C.V. Hacienda de Soria No. 23, Colonia Lomas de la Hacienda, Atizapán de Zaragoza, Edo. Mex .C.P 52925</p> <p><b>CONSERVESE EN UN LUGAR SECO Y FRESCO.</b></p>	

**Figura 20** Etiqueta de información del producto

De acuerdo con la modificación a la norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010, la cual entro en vigor el 30 de Junio del 2015, se debe mostrar la información nutrimental en la parte frontal del producto, de manera visible en recuadros como se presenta a continuación:

Una rebanada de 30 gramos aporta:



**Figura 21** Recuadros especificados en la norma NOM-05-SFI/SSA1-2015

En cuanto a la mercadotecnia desarrollada alrededor del producto se le dio nombre a la marca, se redactó un slogan y se diseñó un logotipo, ver figura 22.

**Marca:** Salvia

**Slogan:** "Mejora tu vida"

**Logotipo:**



**Figura 22** Logotipo de pan integral "Salvia"

En conjunto con la legislación pertinente y usando la mercadotecnia se realizó en envase con Polietileno de Baja Densidad como se muestra en la figura 23.



*Figura 23* Empaque de pan integral “Salvia”

Se seleccionó el color morado debido a que es un color característico de los productos tipo Gourmet ya que se asocia con la elegancia, poder y lujo.

El color naranja se eligió debido a que posee poder atrayente que invade a la persona que lo percibe y puede incitar al individuo a comer. El color verde invita a la calma y al reposo por su asociación con la naturaleza primaveral, se eligió debido a que el consumidor lo asocia con la salud y lo orgánico (Sangri, 2014).

**Público:** general, personas de ambos sexos que cuiden sus hábitos alimenticios y su salud, personas con enfermedad celiaca o propensas, de nivel socio-económico C en adelante (media alta hacia arriba).

**Lugar de venta:** se proponen distintos lugares para la venta del producto para llegar a un mayor número de personas.

Supermercados grandes y estratégicos seleccionados a partir del segmento como Walt-Mart, Superama, City Market, Chedraui Selecto, Fresko.



### Actividad 4.3 Elaboración de plan de promoción del producto

Para llegar al consumidor y causar un impacto en este se proponen las siguientes estrategias publicitarias:

- Difusión de la funcionalidad del producto y de su materia prima a través de redes sociales.
- Anuncios en revistas especializadas (Women`s Health, Men`s Health, Health and Fitness, etc.)



*Figura 24 Anuncio publicitario de pan integral “Salvia”*

- Merchandising: es la parte del marketing que engloba las técnicas comerciales que permiten presentar ante el posible comprador final el producto o servicio en las mejores condiciones materiales y psicológicas (Bort, 2004).

Este exhibidor cuenta con una pantalla en donde se proyectará un video con los beneficios del producto y de sus ingredientes principales (amaranto y chía).



**Figura 25** Exhibidor para punto de venta de pan integral “Salvia”

- Muestreo y BTL o Below The Line, el cual es un medio publicitario selectivo, directo y para público específico, es decir no masivo (Bort, 2004), con esta estrategia se propone colocar una cocina fuera del supermercado (ver figura 26) y en expos, en donde un chef preparara sándwich a consumidores potenciales con ingredientes selectos mientras les explica los beneficios del producto y de los ingredientes principales para que estos se vean animados a probar y comprar el producto, así como que puedan conocer la variedad de posibilidades de uso.



**Figura 26** Cocina para promoción y degustación de pan integral “Salvia” en supermercados elaborando sándwiches de ingredientes selectos

#### Actividad 4.4. Determinación del costo de materia prima, envase e impresión

El costo del producto se determinó de acuerdo al costo de materia prima necesaria para elaborar 510 gramos de pan, así como el material del empaque impreso con el diseño de la etiqueta en el 2015.

*Tabla 20: Determinación del costo de materia prima*

<i>Ingrediente</i>	<i>Cantidad necesaria (gr)</i>	<i>Costo de material</i>	<i>Costo por gr</i>	<i>Costo de cantidad necesaria</i>
Harina de Amaranto	147,3	1kg x \$30	0,03	4,4
Harina de Chía	15,9	1kg x \$60	0,06	1,0
Mucilago	153,0	1kg x \$19	0,02	3,1
Leche	86,1	1lt x \$11	0,01	0,9
Almidón	51,0	2kg x \$30	0,02	1,0
Aceite vegetal	15,3	1kg x \$26	0,03	0,5
Agente leudante	10,2	100gr x \$5	0,05	0,5
Levadura	10,2	450gr x \$40	0,09	0,9
Azúcar	10,2	1kg x \$11	0,01	0,1
Harina de chía adicionada	7,9	1kg x \$60	0,06	0,5
Sal	2,3	1kg x \$7	0,01	0,0
Conservador	0,1	100gr x \$45	0,45	0,0
Empaque	1,1	1000pzas x \$3000	3	3,4
<b>Total</b>	<b>510</b>			<b>16,2</b>

En la tabla 20 se observa el desarrollo del costo de la materia prima por pieza correspondiente al pan de amaranto y chía, siendo el ingrediente más caro el amaranto, debido a que este ya fue obtenido en forma de harina y analizado previamente, caso contrario a la chía, la cual se obtuvo entera y tiene que ser molida y tamizada. Los demás ingredientes son económicos y accesibles por lo que el costo de la materia prima del producto es aceptable para su elaboración, siendo este de \$16.2 MXN.

### 3.6.OBJETIVO PARTICULAR 5. DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL

#### Actividad 5.1. Elaboración del diseño de experimentos para determinación de vida útil

Se elaboraron 9 panes en diferentes días con intervalos de 3 y 4 días, utilizando sorbato de potasio como conservador, envasados en bolsas opacas de polietileno de baja densidad y almacenados a temperatura ambiente (20 a 24°C). Los tiempos de almacenamiento de cada pan fueron de 8, 12, 16, 19, 23, 26, 30, 33 y 37 días.

Se determinó la carga de mohos y levaduras en el pan con 8, 16 y 19 días de almacenamiento y la humedad en los panes con 8, 12, 16 y 19 días de almacenamiento.

#### Actividad 5.2. Análisis de la cinética de carga microbiana y humedad

Una vez transcurridos los días de almacenamiento de los 9 lotes a temperatura ambiente se realizó el análisis microbiológico de mohos y levaduras y el análisis químico de humedad.

**Tabla 21:** Resultados de análisis microbiológico

<i>Días de almacenamiento</i>	<i>Mohos (UFC/g)</i>	<i>Levaduras (UFC/g)</i>	<i>Resultado</i>
<b>26</b>	3800	1000	Rechazado
<b>19</b>	0	10	Aprobado
<b>8</b>	0	0	Aprobado

La descomposición en los panes con almacenamiento de 30, 33 y 37 días fue evidente (estaban cubiertos de moho). La norma NOM-147-SSA1-1996 indica que el límite máximo permitido en el pan de caja es de 20 UFC/g de mohos y 20 UFC/g de levaduras, por lo tanto el producto con 8 hasta 19 días de almacenamiento es aceptable legalmente en la cuestión sanitaria.

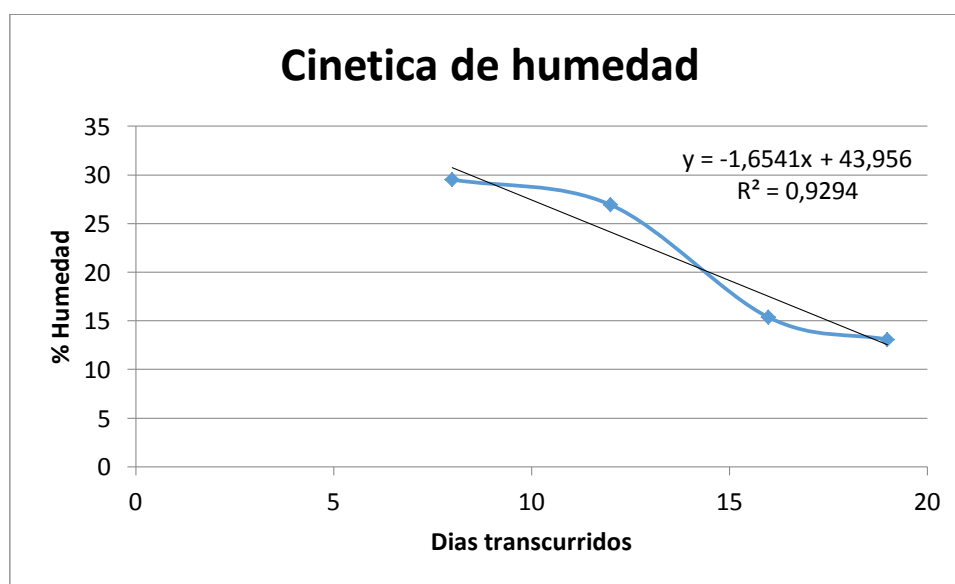
En la fase de horneado, la masa se somete a una temperatura de 180°C que acaba con todas las formas de vida, sin embargo en el interior de la masa, se alcanza una temperatura aproximada a 100° C. que mata sólo a las formas vegetativas. Las formas de resistencia, surgen cuando las condiciones de temperatura han vuelto a la normalidad, por lo que generalmente, a las 24-36 horas, aparecen organismos fúngicos, alterando el pan, algunos de estos agentes son *Rhizopus*

*nigricans*, *Penicillium expansum*, *P. stoloniferum*, *Aspergillus niger*, *Minilis (Neurospora) sitophila*, *Mucor spp.* y *Geotrichum spp* (Hayes,1993), sin embargo el uso de Sorbato de Potasio inhibe su reproducción por lo que pueden almacenarse por más tiempo y su consumo, sin embargo, debido a que los mohos son adaptables al medio en el que se encuentren, estos rompen la barrera de las condiciones del Sorbato, comenzando su reproducción, por lo tanto el producto aún es aceptable hasta los 19 días, con los que el producto se vuelve competitivo con el pan comercial semejante en el mercado de centeno, el cual tiene desde su fecha de elaboración hasta la fecha de consumo preferente de 20 días, y que contiene 0.1% de Sorbato de potasio como conservador reportado en su etiqueta.

**Tabla 22:** Resultados de análisis de humedad

<i>Días de almacenamiento</i>	<i>% Humedad</i>	<i>Desv. Estándar</i>	<i>C.V (%)</i>	<i>Resultado</i>
<b>19</b>	13.07	0.1094	0.9063	Rechazado
<b>16</b>	15.34	0.8972	5.8487	Aprobado
<b>12</b>	26.92	0.4438	2.3456	Aprobado
<b>8</b>	29.52	0.5921	3.0332	Aprobado

Según la NMX-F-442-1983 el límite mínimo permitido de humedad es de 15%, se graficó y se determinó la ecuación de pérdida de humedad respecto al tiempo, quedando como se muestra a continuación:



**Fig. 27** Cinética de reacción de la humedad vs tiempo en pan de caja

Donde la pendiente de -1.6541 es la constante de reacción o la pérdida de humedad respecto al tiempo y con un coeficiente de correlación al cuadrado de 0.9294, lo que brinda la confiabilidad de los datos y confirma que el comportamiento es lineal (orden cero).

$$\text{Humedad} = -1.6541 (\text{tiempo}) + 43.956 \quad \text{Ec. (9)}$$

Debido a que la humedad desciende a medida que va aumentando el tiempo del pan en el almacén se tomó el valor mínimo que acepta la norma para humedad de 15%, sustituyéndola en la ecuación 9, por tanto el tiempo de vida útil del pan resulta de la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo} = (15 - 43.956) / -1.6541 = 17.5055 \approx 18 \text{ días} \quad \text{Ec. (10)}$$

Por lo tanto el pan de amaranto y chía almacenado en empaque de polietileno de baja densidad tiene una vida de anaquel o de consumo preferente de 18 días a temperatura ambiente, tiempo semejante al del pan comercial de centeno, por lo que se considera un tiempo competitivo en el mercado para distribuir y posicionar el producto en el punto de venta.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

La población objetivo del pan de amaranto y chía son las familias mexicanas de clase media y media alta que cuidan sus hábitos alimenticios para prevenir sobrepeso, obesidad y trastornos del funcionamiento del aparato digestivo, así como propensos a la enfermedad celiaca.

En cuanto a los componentes nutricionales de la harina de chía elaborada se concluye que cumple con las características químicas y fisicoquímicas que se reporta en la bibliografía encontrando que la harina contiene alto porcentaje de proteína, lo cual puede brindar mayor volumen así como aporte nutricional al pan.

En fibra se obtuvo un gran porcentaje, llegando casi al 22%, favoreciendo el pan elaborado debido a que el pan integral se destaca por tener un elevado porcentaje de fibra, lo cual es buscado por el consumidor ya que puede favorecer a la digestión y prevenir trastornos digestivos, así como evitar la absorción de exceso de nutrientes para prevenir obesidad.

Las cenizas tienen un porcentaje elevado comparado con otros alimentos cuyo porcentaje normal llega hasta el 3%, por ejemplo en calcio, fósforo y zinc principalmente.

Respecto a los fenoles la cantidad obtenida en el pan aún después de adicionarse harina de chía (rica en este componente con 1.11%) no fue considerable para reportar en el empaque como beneficio por lo que la adición de harina de chía al pan no es suficiente.

Los jueces no notaron diferencia alguna en cuanto a color entre los 9 prototipos, sin embargo en cuanto a sabor los jueces notaron que mejoraba conforme aumentaba la concentración de mucilago, así mismo en lo que respecta a textura hubo una interacción entre la relación de harinas y concentración de mucilago, lo cual se explica ya que la harina de chía desprende una cierta cantidad de mucilago lo cual afecta en la textura del pan. Por lo tanto se concluye que la formulación elegida por sus características de sabor y textura fue la que contenía 30% de mucilago y una relación de harinas amaranto: chía de 92:8.

Para el análisis del pan de caja planteado el porcentaje de humedad del 30.65% nos indica que las condiciones de tiempo y temperatura del horneado son adecuadas para obtener una humedad semejante a los productos comerciales que sea legalmente aceptable, el contenido de proteínas de 8.9% resulto bajo comparado con la cantidad que se puede encontrar en su materia prima (amaranto y chía), ya que por el proceso de horneado se degradan algunas proteínas termosensibles además de no contener gluten (proteína proveniente del trigo).

Los lípidos contenidos en el pan resultaron de 7.05%, los cuales, según Bautista (2007) pueden ser mayormente omega 3 y omega 6 provenientes de la chía y del amaranto respectivamente, por lo que estos benefician la salud del consumidor disminuyendo los niveles de colesterol en la sangre.

Aquellos componentes en los que hubo diferencias notables entre el producto desarrollado y el producto comercial de referencia fueron los componentes inorgánicos, los cuales fueron mayores en el pan de amaranto y chía, debido a la naturaleza de sus componentes, que contienen 3.4 y 5% de cenizas respectivamente, lo que le da una ventaja nutritiva respecto a la competencia.

Así mismo en el contenido de fibra también hubo diferencia notable, ya que el pan desarrollado tiene casi 5 veces más cantidad de fibra y casi la mitad de carbohidratos que el comercial, brindando atributos que hacen de este producto único en el producto, atractivos para el consumidor y de aporte nutricional de calidad.

El pH del pan estuvo dentro de las especificaciones bibliográficas por lo que la fermentación con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se llevó a cabo con condiciones de tiempo y temperatura correctas.

El volumen específico como propiedad física del pan tuvo una diferencia de 23% comparado con el volumen del comercial elaborado con gluten, por lo que se concluye que la sustitución del gluten con el mucilago de la chía como hidrocoloide es factible, sin embargo, para mejores resultados, se puede complementar la acción con algún otro tipo de hidrocoloide.



Las pruebas microbiológicas comprobaron que la materia prima, el manejo del producto y de los instrumentos necesarios para la elaboración del producto fue adecuado, higiénico y de calidad.

Es recomendable utilizar polietileno de baja densidad que no sea translucido para almacenar el pan, debido a su capacidad para protegerlo del ambiente, microorganismos y humedad, además de conservar sus componentes nutricionales por el mayor tiempo posible. De igual modo se utilizó la mercadotecnia para la designación del nombre de la marca, logotipo, slogan, colores utilizados, para que el envase cumpliera la función de llamar la atención del consumidor potencial para su comercialización en lugares estratégico y cumpliendo los requisitos legales vigentes en México.

El producto tendrá éxito en el mercado debido a que el estudio de mercado mostró que el 96% de los encuestados lo comprarían debido a sus ingredientes únicos, además de que su costo es de \$16.2 MXN, precio aceptable de materia prima, envase e impresión de la etiqueta para la producción del mismo.

Finalmente se concluye que de acuerdo a los factores microbiológico de mohos y levaduras y químico de humedad, el tiempo de vida útil del pan de caja elaborado con harinas de amaranto y chía es de 18 días a temperatura ambiente.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda sustituir el gluten con el mucilago de la chía y complementarlo con otro hidrocoloide para evaluar su funcionalidad y obtener el volumen igual a los panes con glúten.

Realizar análisis de lípidos para determinar qué tipo y en qué cantidad de ácidos grasos se tiene en el producto, así como determinar la calidad proteica y aminoácidos de este para poderse comparar nutricionalmente con los panes existentes en el mercado y tener mayor información para fines publicitarios.

Además se recomienda complementar el estudio de vida útil sometiendo el producto a congelación, y utilizando pruebas sensoriales para analizar la viabilidad de esta práctica con los atributos de textura y sabor.

## REFERENCIAS

- AOAC (1998). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists AOAC, food composition, additives; natural contaminants*, Volumen II, 17a Edición. USA. Publicado por association of official analytical chemistry.
- Alexandre J. (1990). *Industrias agroalimentarias*. España. Editorial UPV.
- Alvarez-Jubete L., Auty M., Arendt E., Gallagher E. (2010). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230, pp. 437-445.
- Anzaldúa A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. México. Editorial Acribia.
- Armada L., Ríos C. (2007). *Manipulador de alimentos*. 2da edición. España. Ideas Propias Editorial.
- Ayerza R., Coates W. (2006). *Chia. Redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas*. Argentina. The University of Arizona Press.
- Badui S. (1993). *Química de los alimentos*. 3ra edición. México. Pearson Educación.
- Bautista M., Castro A., Camarena E., Katarzyna W., Kazimierz W., Alanís G., Gamiño Z., Da Mota V. (2007). Desarrollo de pan integral con soya, chía, linaza y ácido fólico como suplemento funcional para la mujer. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57, pp. 78-84.
- Bello J. (2000). *Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos*. España. Editorial Díaz de Santos.
- Boatella J., Codony R. Lopez P. (2004). *Química y bioquímica de los alimentos II*. España. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Bodroza-Solarov M., Filiocev B., Kevresan Z., Mandic A., Simurina O. (2008). Quality of bread supplemented with pupped *Amaranthus cruentus* grain. *Journal of Food Process Engineering*, 31, pp. 602-618.
- Borneo R., Aguirre A., León A. (2010). Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *American dietetic association*, 110, pp.946-9
- Bort M. (2004). *Merchandising*. España. ESIC Editorial.
- Bourgeois C.(1995). *Microbiología alimentaria II. Fermentaciones alimentarias*. España. Editorial Acribia.

- Boyd H., Westfall R. (1978). *Investigación de mercados. Texto y casos*. 3ra edición. México. UTEHA.
- Buresová I., Kracmar S., Dvorakova P., Streda T. (2014). The relationship between rheological characteristics of gluten-free dough and the quality of biologically leavened bread. *Journal of Cereal Science* pp. 271-275.
- Calaveras J. (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería*. 2da edición. España. Mundi Prensa.
- Calvel R. (1994). *El sabor del pan*. España. Editorial Montagué.
- Calvel R. (1983). *La panadería moderna*. Argentina. Editorial America Lee.
- Capitani M. (2013). *Caracterización y funcionalidad de sub productos de chía (Salvia Hispánica L.) Aplicación tecnológica de alimentos*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Cardos M., Cupano C., Añón M. (2000). Caracterización proteica y calidad panadera de diferentes pasajes de molienda de trigos argentinos. *Información tecnológica*, 11, pp. 345-351.
- Carmona M. (2007). Desarrollo y evaluación sensorial de galletas funcionales con amaranto y nopal. *Desde las fronteras del conocimiento*, 12, pp. 35-45.
- Casp A., Abril J. (1999). *Procesos de conservación de alimentos*. España. Editorial Mundi Prensa.
- Chlopicka J., Pasko P., Gorinstein S., Jedryas A., Zagrodzki P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal bread. *Food Science and Technology*, 42, pp. 548-555.
- Constantini L., Luksic R., Molinari R., Kreft I., Bonafaccia G., Manzi L., Merendino N. (2014). Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food Chemistry*, 165, pp. 548-555.
- Czinkota M., Kotabe M. (2001). *Administración de Mercadotecnia*. 2da edición. E.U.A. Thomson Learning.
- Davis K. (1990). *Mercadotecnia y ventas*. 4ta edición. México. Ediciones Ciencia y Tecnología.
- Dueñas C., Bedolla S., Trujillo M. (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos*. 2da edición. México. Limusa.
- Fennema, O. R. (2000). *Química de alimentos*. 2da edición. España. Editorial Acribia.
- Ferrel O.C., Hartline M. (2006). *Estrategia de marketing*. 3ra edición. México. Thomson.

- Fogliano V., Verde V., Randazzo G., Rietieni A. (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *J. Agric. Food Chem*, 43, pp. 1035-1040.
- Gambus H., Sikora M., Ziobro. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten- free bread. *Acta Scientiarum Polonorum*, 6, pp. 61-74.
- Garda M., Álvarez M., Lattanzio M., Ferraro C. Colombo M. (2012). Rol de los hidrocoloides de semillas de chía y lino en la optimización de panificados libres de gluten. *Composición de alimentos*, 30, pp. 31-38.
- Grujal H., Guardiola I., Carbonell J., Rasell C. (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5, pp. 321-331.
- Hayes P. (1993). *Microbiología e higiene de los alimentos*. 1ra edición. España. Editorial Acribia.
- Hernández G., Majem S. (2009). *Libro blanco del pan*. España. Editorial Media Panamericana.
- Hicks S. (1966). *Desert plants and people*. E.U.A. Naylor Company.
- Hough G., Fiszman S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. 1ra edición. España. Programa CyTED.
- Jakel L. Schons P., Rodriguez R., Silva L. (2004). Caracterización físico-química, y calidad sensorial de pan tipo “cookies”. *Congreso de Investigación Científica*, 5, pp. 78-82.
- Jiménez P., Masson S., Quitral R. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega 3. *Revista Chilena Nutrición*, 2, pp. 155-160.
- Kenneth D. (1990). *Mercadotecnia y ventas*. 4ta edición. E.U.A. Ediciones Ciencia y Técnica.
- Kotler P., Armstrong P. (2008). *Fundamentos de marketing*. 8va edición. México. Pearson Educación.
- Labuza T., Schmidt M. (1985). Accelerated shelf-life dating of foods. *Food Technology*, 39, 57-134.
- Larmond E. (1977). *Laboratory Methods of Sensory Evaluation of foods*. E.U.A. Can. Dept. Agr. Publ.
- Lees R. (1982). *Análisis de los alimentos, métodos analíticos de control de calidad*. 2da edición. España. Editorial Acribia.
- Lerma H. (2011). *Presentación de informes: el documento final de investigación*. 3ra edición. Colombia. Ecoe Ediciones.

- Lin K., Whistler R. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydr. Polym*, 23, pp. 13-18.
- Malhotra K. (2004). *Investigación de mercados. Un enfoque aplicado*. 4ta edición,. E.U.A. Editorial Pearson.
- Man C., Jones A. (1994). *Shelf life evaluation of foods*. Inglaterra. Blackie Academic & Professional.
- Mesas J., Alegre M. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y tecnología alimentaria*, 3, pp. 307-313.
- Mondal A. (2008). Quality Evaluation of Bakery Products. *Food Engineering*, 20, pp. 481-520.
- Morales J., Vázquez N., Bressani C. (2009). *El amaranto. Características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional*. México. Sin editorial.
- Nickerson J., Sinskey J. (1978). *Microbiología de alimentos y sus procesos de elaboración*. 1ra edición. España. Editorial Acribia.
- NOM-051-SCFI/SSA1-2015, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
- NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas.
- NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-147-SSA1-1996, bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- NMX-F-159-S-1983. Alimentos. Pan blanco de caja.
- NMX-EE-207-1986. Envase. Película de polietileno para envasar pan de caja y bollería. Especificaciones.
- 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.

NMX-F-428-1982. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza).

NMX-F-442-1983. Alimentos. Pan-productos de bollería.

Ordaz, N. (2010). *Productos de panificación para personas celiacas*. Tesis de maestría, Escuela Nacional de Ciencia Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, DF. México.

Ortiz de Montellano B., (1978). Aztec cannibalism. An ecological necessity). *Science* 2000, 4242, pp. 611-617.

Pedrero D., Pangborn R. (1989). *Evaluación sensorial de los alimentos*. España. Editorial Alhambra Mexicana.

Pelczar M. (1996). *Microbiología celular*. 4ta edición. México. Editorial Mc Graw-Hill

Peña L., Peña A. (2013). *Enfermedad celiaca y sensibilidad al gluten no celiaca*. 1ra edición. España. Omnia Science.

Prandoni A., Gianotli S. (2012). Locos por...el pan, la preparación de la masa, la cocción, las recetas y la presentación. España. De Vecch Ediciones.

Pol A. (2005). *Secretos de marcas, logotipos y avisos publicitarios. Simbolismo gráfico, espacial y cromático*. Argentina. Editorial Dunken.

Qualgia G. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*. España. Editorial Acribia.

Ranholra G., Loewe R., Puyat L. (1975). Preparation and evaluation of soy fortified gluten free bread. *Journal of Food Science*, 40, pp. 62-64.

Rivera C.J., Garcillan L.R.M. (2009). *Dirección de marketing, fundamentos y aplicación*. España. Editorial ESIC.

Robles M. (1996). *Diseño gráfico de envase, guía y metodología*. 1ra edición. México. Universidad Iberoamericana.

Rodríguez J.A. (2007). *Manual de Ingeniería y Diseño de Envase y Embalaje para la industria de alimentos, químico, farmacéutica y cosméticos*. 6ta edición. México. Editorial IMPEE.

Rusell E. (2010). *Fundamentos de marketing*. Singapur. AVA Publishing.

Salgado M., Tapia A. (2013). Chía (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. *Industrial Crops and Products*, 51, pp. 453-462.

Sanchez-Marroquin A. (1980). *Potencialidad agroindustrial del amaranto*. México. Centro de estudios económicos y sociales del Tercer Mundo.

- Sancho J., Bota E., De Castro J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. 1ra edición. España. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Sangri A. (2014). *Introducción a la mercadotecnia*. México. Editorial Patria.
- Sanz-Panella J., Wronkowska M., Soral-Smietana M., Harus M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *Food Hydrocolloids*, 50, pp. 679-685.
- Segura M., Salazar I., Chel-Guerrero L., Betancur- Anacona D. (2013). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *Food Science and Technology*, 50, pp. 723-731.
- Sierra I., Perez D., Gomez S., Morante S. (2010). *Análisis instrumental*. España. Netbiblio.
- Stone H., Sidel J. (1985). *Sensory Evaluation Practices*. 2da edición. E.U.A. Academic Press Inc.
- Tellez M., Arenas A. (2012). *Desarrollo de un producto de panificación acidificado con bacterias lácticas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.
- Tortora G., Funkey B., Case C. (2007). *Introducción a la microbiología*. 9na edición. España. Editorial Medica Panamericana.
- Trowell H., Southgate D., Wolever T., Leeds A., Gassull M., Jenkins D. (1976). *Dietary fibre redefined*. E.U.A. The Lancet.
- Ziobro O., Witcak P., Juszak D., Korus Y. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32, pp. 213-220.