



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA MASA PARA EMPANADAS CON  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA**

**André González Sandoval**

Asesorado por la Inga. Hilda Piedad Palma de Martini

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA MASA PARA EMPANADAS CON  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ANDRÉ GONZÁLEZ SANDOVAL**

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PIEDAD PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA MASA PARA EMPANADAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 30 de octubre de 2018.

**André González Sandoval**

Guatemala, 12 de junio de 2020

Ingeniero Williams Guillermo Álvarez Mejía  
Director  
Escuela Ingeniería Química  
Presente

Estimado Ingeniero Álvarez:

Le saludo cordialmente, deseándole éxitos en sus actividades. Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final del trabajo de graduación titulado: "Caracterización y evaluación de una masa para empanadas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de amaranto y avena", elaborado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Química, André González Sandoval, quien se identifica con el registro académico 2014-03901 y con el CUI 2805 06082 0101.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,



Hilda Piedad Palma  
ASESOR  
Ingeniera Química  
Colegiado activo no. 453

**INGA. HILDA PALMA DE MARTINI**  
**COLEGIADO No. 453**



Guatemala, 28 de agosto de 2020.  
Ref. EIQ.TG-IF.029.2020.

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **069-2018**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL**

Solicitado por el estudiante universitario: **André González Sandoval**.  
Identificado con número de carné: **2805060820101**.  
Identificado con registro académico: **201403901**.  
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.  
En la modalidad: **Informe Final, Seminario de Investigación**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA MASA PARA EMPANADAS  
CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE  
AMARANTO Y AVENA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

**Hilda Piedad Palma Ramos de Martini, profesional de la Ingeniería Química**

Habiendo encontrado el referido trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Mercedes Esther Raquel Chávez*  
Ingeniera Química  
Colegiada No. 16.051  
Mercedes Esther Raquel Chávez  
profesional de la Ingeniería Química  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo



Guatemala, 18 de noviembre de 2020.

Ref. EIQ.319.2020

**Aprobación del informe final del trabajo de graduación**

Ingeniera  
Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Revisado el INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN (TESIS), DENOMINADO **CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA MASA PARA EMPANADAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA** del(la) estudiante André González Sandoval, se conceptúa que el documento presentado, reúne todas las condiciones de calidad en materia administrativa y académica (rigor, pertinencia, secuencia y coherencia metodológica), por lo tanto, se procede a la autorización del mismo, para que el(la) estudiante pueda optar al título de Ingeniería Química.

"Id y Enseñada Todos"

Ing. Williams B. Álvarez Mejía, M.I.Q.  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Cc. Archivo  
WGAM/mpea



Formando Ingenieros Químicos en Guatemala desde 1939



**NO SALGAS  
QUÉDATE EN  
CASA**

DTG. 446.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA MASA PARA EMPANADAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA**, presentado por el estudiante universitario: **André González Sandoval**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mi madre** Miné Sandoval, porque eres una fuente de inspiración y un ejemplo a seguir. Este logro también es tuyo y podemos disfrutar de ello de ahora en adelante, como los profesionales que somos.
- Mi padre** Gerardo González, porque me enseñaste a valerme por mí mismo y me demostraste que las cosas que realmente valen la pena requieren esfuerzo y trabajo duro. Están empezando a verse los frutos.
- Mi hermano** Rodrigo González, por todo el acompañamiento que me diste durante las vueltas de mi carrera universitaria. Ojalá que esto sirva de faro para guiar el camino que te espera.
- Mis abuelos** Lidia Monterroso y Rodrigo González, porque me enseñaron muchos de los valores que me definen hoy como persona y sé que ambos esperaban a que este momento llegara.
- Mis abuelos** Everto Sandoval y Gloria Valenzuela, porque los admiro y aspiro tener la honradez, sabiduría y

dedicación que ambos reflejan en todo lo que hacen.

**Mi tía**

Ana González, por tener un interés tan genuino en mí y quererme como a un hijo. Aprecio mucho el esfuerzo que hiciste por ayudarme a salir adelante con este trabajo de graduación.

**Mi bisabuela**

Francisca Dávila, porque me brindaste todo tu amor, aunque fuera complicado cuidar y consentir a un niño como yo. Espero que este logro te llene de felicidad.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Mi madre**

Miné Sandoval, gracias por todo tu amor, comprensión y apoyo durante esta larga travesía. Valoro cada esfuerzo que has hecho desde que te enteraste que ibas a trascender en esta vida.

### **Mi padre**

Gerardo González, gracias por esos desvelos que contribuyeron a que tuviéramos todo lo necesario y más en el hogar. Cada vez me percato más de lo complicado que es saber llevar una familia.

### **Mi hermano**

Rodrigo González, gracias por crecer junto a mí. Hemos aprendido a afrontar todo tipo de situaciones, espero nos mantengamos unidos siempre en las buenas y en las malas.

### **Mis abuelos**

Lidia Monterroso y Rodrigo González, agradezco todo el esfuerzo que hicieron para que yo tuviera una infancia memorable dentro de un entorno sano. Lograron cultivar en mí diferentes virtudes, entre ellas la bondad.

### **Mis abuelos**

Everto Sandoval y Gloria Valenzuela, porque también contribuyeron a mi crianza en muchos

aspectos, sobre todo la disciplina. Gracias por ser ese refugio que los nietos necesitamos.

**Mis tíos**

Ana y Carlos González, Al y Melani Sandoval porque cada uno de ustedes me ha brindado apoyado a su manera. Les agradezco el tiempo, detalles y momentos que han compartido conmigo.

**Mis tíos**

Rossana, Verónica, Mónica, Eva e Igor Sandoval, Sonia Salguero, Diana Bonilla y Ricard Busquets, gracias por interesarse en mí y en mi vida profesional. Siempre me enseñan algo que me hace crecer como persona.

**Mis primos**

Ernesto y Diego González, Emma y Nova Sandoval, gracias por hacerme sonreír y dispersar mi mente cuando más lo necesitaba.

**Mis primos**

José Luna, Luis Carlos Ochoa, Katherine Melgar, Andrés y Clarissa Luna, Donaldo Ochoa, Diego Valenzuela, Cristina Sandoval, Melissa, Adriana Castellanos y Renato Valenzuela, gracias por compartir conmigo muchas experiencias de convivencia, de crecimiento personal y de celebraciones por logros muy variados. Eso nada más refuerza el pilar que representa la familia y el lugar que le doy en mi vida.

**Mis amigos**

Marco Gaitán, Sergio Robles, Gerardo Castillo, Jorge Ruano, Diego Melchor, Carlos Tello, Alfredo Luna y Gerardo Leal, gracias por apoyarme incondicionalmente, compartir buenos momentos conmigo y por esa unión que tenemos que nos caracteriza.

**Mis amigos**

Javier Ayala, Sandra Pineda, Melannie Chávez, Anna López, Maribel Sandoval, Michelle Sagastume, Fredy Morales, Gerardo Baldizón y Jimena Ramírez, gracias por haber participado en conjunto en nuestro crecimiento profesional. Estoy en deuda con ustedes por un sinfín de cosas que vivimos juntos durante la carrera universitaria.

**Mi novia**

Cesia Pérez, gracias por confiar en mí y ayudarme de mil y un maneras para culminar este trabajo de investigación. De igual forma agradezco todo el cariño que me demostraste desde el principio.

**Inga. Hilda Palma**

Gracias por su asesoría y por compartir de sus conocimientos sin egoísmo. Su valioso apoyo favoreció la culminación de este trabajo de investigación.

**Inga. Yadira Soria**

Gracias por su tutela para el manejo del equipo de laboratorio y su acompañamiento para

cualquier duda o consulta que surgiera en el camino.

**MOLSA**

Por brindarme la oportunidad de ejecutar una parte experimental de la investigación y poder crear conocimiento como legado para la humanidad.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
HIPÓTESIS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Determinación del problema.....	4
1.3.1. Definición.....	4
1.3.2. Delimitación.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Cereales.....	7
2.1.1. Trigo.....	7
2.1.1.1. Harina suave de trigo.....	8
2.1.1.2. Harina dura de trigo.....	8
2.1.2. Avena.....	8
2.2. Pseudocereales.....	9
2.2.1. Amaranto.....	9
2.3. Información nutricional de los granos a utilizar.....	10

2.3.1.	Elevación del contenido nutricional de la masa para empanadas .....	11
2.3.1.1.	Complementación proteica.....	11
2.3.2.	Gluten.....	12
2.3.2.1.	Gluten en las masas formuladas .....	12
2.4.	Análisis proximal o caracterización bromatológica .....	13
2.4.1.	Humedad.....	13
2.4.2.	Proteína cruda.....	14
2.4.3.	Fibra cruda .....	15
2.4.4.	Lípidos o grasas .....	16
2.4.5.	Cenizas .....	17
2.5.	Reología.....	18
2.5.1.	Propiedades mecánicas y reológicas de la masa....	18
2.5.2.	Farinógrafo .....	19
2.5.2.1.	Farinograma .....	19
2.5.2.2.	Porcentaje de absorción de agua.....	21
2.5.2.3.	Estabilidad.....	21
2.5.3.	Alveógrafo .....	21
2.5.3.1.	Alveograma .....	22
2.5.3.2.	Tenacidad.....	23
2.5.3.3.	Extensibilidad .....	23
2.5.3.4.	Fuerza panadera .....	23
2.5.3.5.	Índice de elasticidad.....	24
2.6.	Análisis sensorial .....	24
2.6.1.	Instalaciones temporales para pruebas sensoriales .....	25
2.6.2.	Selección y orientación de los panelistas .....	25
2.6.3.	Prueba hedónica .....	26

3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	27
3.1.	Variables.....	27
3.2.	Delimitación de campo de estudio .....	29
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	30
3.4.	Recursos materiales disponibles .....	30
3.4.1.	Materiales y suministros .....	31
3.4.2.	Mobiliario y equipo.....	31
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa .....	33
3.5.1.	Propiedades reológicas de la masa.....	33
3.5.1.1.	Horno secador .....	33
3.5.1.2.	Farinógrafo .....	33
3.5.1.3.	Alveógrafo.....	34
3.5.2.	Análisis químico proximal .....	35
3.5.2.1.	Proteína cruda .....	36
3.5.2.2.	Fibra cruda.....	36
3.5.2.3.	Grasa .....	36
3.5.2.4.	Cenizas.....	36
3.5.3.	Aceptabilidad sensorial de la masa .....	37
3.5.4.	Muestra de cálculo.....	37
3.5.4.1.	Cálculo de la humedad de la harina ....	38
3.5.4.2.	Determinación del porcentaje de absorción de agua .....	38
3.5.4.3.	Cálculo de la estabilidad.....	38
3.5.4.4.	Cálculo de la tenacidad .....	39
3.5.4.5.	Determinación de la extensibilidad .....	39
3.5.4.6.	Cálculo de la fuerza panadera.....	39
3.5.4.7.	Cálculo del índice de elasticidad.....	40
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información .....	41
3.7.	Análisis estadístico .....	45

3.7.1.	Diseño experimental.....	45
3.7.2.	Medidas de tendencia central.....	45
3.7.2.1.	Media aritmética.....	45
3.7.2.2.	Moda .....	46
3.7.3.	Medidas de variación .....	46
3.7.3.1.	Desviación estándar.....	46
3.7.3.2.	Varianza .....	46
3.7.4.	Análisis de varianza de un factor.....	46
3.7.5.	Prueba de Tukey .....	47
3.8.	Plan de análisis de los resultados .....	48
3.8.1.	Métodos y modelos para datos según tipo de variable.....	48
3.8.1.1.	Media aritmética.....	48
3.8.1.2.	Desviación estándar.....	49
3.8.1.3.	Varianza .....	49
3.8.2.	Programas a utilizar para análisis de datos.....	49
4.	RESULTADOS.....	51
4.1.	Reología de las masas.....	51
4.2.	Análisis proximal de las harinas .....	54
4.3.	Aceptabilidad sensorial de las empanadas .....	54
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	61
5.1.	Estudio reológico de las masas para empanadas.....	61
5.1.1.	Resultados del farinógrafo.....	61
5.1.2.	Resultados del alveógrafo .....	63
5.2.	Composición química de las mezclas de harinas.....	66
5.3.	Evaluación de aceptabilidad sensorial de las empanadas .....	69

5.4.	Selección de la mejor proporción de harinas para la masa de empanadas.....	72
	CONCLUSIONES .....	75
	RECOMENDACIONES .....	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	APÉNDICES .....	83
	ANEXOS.....	107



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Reacciones en las etapas del método Kjeldahl.....	15
2.	Ejemplo de un farinograma .....	20
3.	Curva de un alveograma .....	23
4.	Distribución de calificaciones para la aceptabilidad del color de las empanadas evaluadas .....	55
5.	Distribución de calificaciones para la aceptabilidad del aroma de las empanadas evaluadas .....	56
6.	Distribución de calificaciones para la aceptabilidad del sabor de las empanadas evaluadas .....	57
7.	Distribución de calificaciones para la aceptabilidad de la textura de las empanadas evaluadas .....	58

### TABLAS

I.	Porcentaje en peso de macronutrientes en el trigo, amaranto y avena..	10
II.	Definición operacional de las variables para el análisis proximal de las masas formuladas con sustitución del trigo.....	28
III.	Definición operacional de las variables para el análisis de las propiedades reológicas de las masas formuladas con sustitución del trigo.....	28

IV.	Definición operacional de las variables para el análisis de la aceptabilidad sensorial de las masas formuladas con sustitución del trigo.....	29
V.	Nombre de reactivos a utilizar.....	31
VI.	Nombre del equipo, cristalería y accesorios a utilizar .....	32
VII.	Determinación de la humedad de las mezclas de harinas .....	41
VIII.	Contenido de humedad en las mezclas de harinas .....	42
IX.	Datos de operación del farinógrafo .....	43
X.	Datos de operación del alveógrafo .....	44
XI.	Ejemplo de tabla de datos para el análisis de aceptabilidad sensorial ...	44
XII.	Ejemplo de tabla de resultados del análisis de varianza de un factor .....	47
XIII.	Porcentaje de absorción de agua y estabilidad de las masas formuladas.....	51
XIV.	Tenacidad y extensibilidad de las masas formuladas .....	52
XV.	Fuerza panadera e índice de elasticidad de las masas formuladas.....	53
XVI.	Composición química de las mezclas de harinas .....	54
XVII.	Promedios y modas de las calificaciones para el color de las empanadas evaluadas.....	55
XVIII.	Promedios y modas de las calificaciones para el aroma de las empanadas evaluadas.....	56
XIX.	Promedios y modas de las calificaciones para el sabor de las empanadas evaluadas.....	57
XX.	Promedios y modas de las calificaciones para la textura de las empanadas evaluadas.....	58
XXI.	Calificaciones promedio de todos los atributos evaluados para cada empanada.....	59
XXII.	Calificación de características reológicas, de composición química y de aceptabilidad sensorial de las muestras estudiadas.....	60

## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área bajo el alveograma
<b><math>\sigma</math></b>	Desviación estándar de la media
<b>EST</b>	Estabilidad de la masa (min)
<b>L</b>	Extensibilidad de la masa (mm)
<b>W</b>	Fuerza panadera de la masa ( $10^{-4}$ J)
<b>h</b>	Humedad de la masa (%)
<b>IE</b>	Índice de elasticidad de la masa (mmH <sub>2</sub> O)
<b><math>\bar{x}</math></b>	Media aritmética
<b>n</b>	Número de elementos de una muestra
<b>D</b>	Punto donde el farinograma abandona la línea de 500 BU
<b>LI</b>	Punto donde el farinograma alcanza la línea de 500 BU
<b>P</b>	Tenacidad de la masa (mmH <sub>2</sub> O)
<b>BU</b>	Unidades Brabender
<b>S</b>	Varianza



## GLOSARIO

<b>Alveógrafo</b>	Aparato que simula una fermentación inyectando aire a un disco de masa, imitando la hinchazón de la misma por el dióxido de carbono durante el proceso de panificación.
<b>Amaranto</b>	Planta de cultivo anual y hojas anchas cuyo fruto o grano se clasifica como un pseudocereal, el cual es conocido por aportar mayores cantidades de proteína a comparación de otros cereales convencionales.
<b>Aminoácido esencial</b>	Los aminoácidos son sustancias químicas orgánicas que al combinarse pueden estructurar proteínas, que sirven como base para la reconstrucción de tejidos en el cuerpo. Los aminoácidos esenciales son aquellos que no pueden ser sintetizados por el organismo, por lo cual deben obtenerse a través de la dieta o ingesta de alimentos.

<b>Carbohidrato amiláceo</b>	Los carbohidratos amiláceos son todos aquellos que tienen al almidón en su estructura química. Es una macromolécula compuesta por dos polímeros, la amilosa y la amilopectina. Tienen la característica de descomponerse y absorberse en el cuerpo rápidamente para disponer de su energía.
<b>Carbonización</b>	Proceso por el cual se transforma una materia orgánica en un residuo, que esencialmente se compone de carbón, a través del calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno.
<b>Digestibilidad</b>	Facilidad de un alimento para ser digerido y aprovechado por el cuerpo. Es una forma de medir que la cantidad de nutrientes disponibles para su absorción tras la digestión.
<b>Enriquecimiento</b>	Adición de nutriente o nutrientes específicos a un alimento que ya los contiene, pero que por su procesamiento ha disminuido significativamente su proporción en él y es necesario reestablecerlo.
<b>Estequiometría</b>	Es el cálculo de cualquier cantidad que puede determinarse a partir de la relación entre el número de moléculas de los reactivos y el número de moléculas de los productos en una reacción química.

<b>Farinógrafo</b>	Instrumento de medición, el cual registra la resistencia mecánica que una masa opone a un esfuerzo de deformación invariable, bajo condiciones de temperatura constante, en función del tiempo.
<b>Fortificación</b>	Adición de nutrientes específicos a un alimento que naturalmente no los contiene, con el objetivo de resolver una deficiencia nutricional de la población.
<b>Gluten</b>	Conjunto de proteínas que se encuentra en la mayoría de los cereales, principalmente en el trigo. Es el responsable de aportar elasticidad a las masas y permitir el aumento de su volumen durante la fermentación. Se caracteriza por su bajo valor nutricional a causa de la deficiencia de aminoácidos esenciales.
<b>Inocuidad</b>	Un alimento se considera inocuo cuando se han controlado y reducido los riesgos de contaminación física, química y biológica con el objetivo de no causar ningún daño al consumidor.
<b>Panelista</b>	En el análisis sensorial, un panelista es aquella persona que participa en la evaluación de las propiedades organolépticas de un alimento a través de su degustación.

**Propiedad organoléptica**

Característica física de los alimentos que puede ser percibida por cualquiera los sentidos, tales como el sabor, la textura, el color y el aroma. Cuando estas son satisfactorias, el alimento causa una experiencia agradable al consumidor.

**Prueba hedónica**

Es una evaluación donde se le pide a un panelista que valore el grado de satisfacción que le produce un cierto atributo del alimento al ser ingerido. Esta utiliza una identificación de muestras y también una escala de calificación imparcial, de tal manera que no afecte la decisión que proporciona el analista.

**Pseudocereal**

Son granos y semillas que se obtienen de plantas de hoja ancha, no pertenecientes a las gramíneas. Una de sus principales características es que no contienen gluten.

**Reología**

Rama de la física que estudia las propiedades físicas asociadas a las deformaciones mecánicas continuas y al fluir de la materia.

**Termostato**

Dispositivo que se utiliza para regular y mantener constante la temperatura de un medio u objeto de manera automática.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la inclusión de las harinas de amaranto y avena en la masa tradicional para empanadas, elaborada exclusivamente con harina de trigo, para incrementar su valor nutricional. El estudio se focalizó en la comparación entre diferentes proporciones de las harinas y así se determinó cuál de ellas es la que mejor resultados obtuvo en cuanto a aceptabilidad sensorial, calidad del valor nutricional y propiedades reológicas para su manipulación.

Para ello se comparó una muestra control, compuesta únicamente de harina de trigo, contra 4 diferentes mezclas preparadas con harina de trigo, de amaranto y de avena en las proporciones 50:25:25, 60:25:15, 60:15:25 y 70:15:15 (porcentaje en peso), respectivamente. Las masas formuladas con estas mezclas de harinas se sometieron a un análisis proximal para obtener parámetros de humedad, grasa, proteína cruda, fibra cruda y cenizas. Sus propiedades reológicas como tenacidad y extensibilidad se midieron utilizando un farinógrafo y un alveógrafo de la industria panadera. Finalmente, la evaluación sensorial orientada al consumidor se realizó registrando la opinión de 36 panelistas sobre empanadas de pollo elaboradas con las distintas masas, empleando una escala hedónica del 1 al 5 para calificarles el color, aroma, sabor y textura.

Según los resultados obtenidos, la masa que en general presentó mejores características fue la masa elaborada con 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena. Esta demostró ser una masa funcional, que aporta un mayor contenido de proteína, fibra, minerales y carbohidratos no amiláceos en comparación con la masa tradicional de harina de trigo, ser agradable en cuanto a sus propiedades

organolépticas, e incluso que su manipulación sigue siendo adecuada durante el amasado y la elaboración de empanadas.

Con base en los análisis estadísticos, se determinó que existe diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de agua, la estabilidad, la tenacidad, la extensibilidad, y la fuerza panadera de las masas al variar las proporciones de mezcla de harina de trigo, amaranto y avena, con un nivel de confianza del 95 %.

Este estudio aspira beneficiar al sector de la población que se encuentre interesado en consumir, o bien desarrollar productos más saludables que tengan relación con el grano de amaranto, pero, sobre todo, a los clientes de la empresa “La Empanada” en la Ciudad de Guatemala.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Incrementar el valor nutricional de la masa para empanadas saladas fortificándola con la adición de harina de amaranto y avena, comparando sus propiedades reológicas y organolépticas con la masa tradicional de harina de trigo.

### **Específicos**

1. Determinar la humedad de las mezclas de las harinas con distintas proporciones de harina de trigo, amaranto y avena (100:0:0, 50:25:25, 60:25:15, 60:15:25 y 70:15:15, respectivamente) por medio del secado en un horno a 130 °C durante 1 hora.
2. Caracterizar las propiedades reológicas de las masas con distintas proporciones de harina de trigo, amaranto y avena (100:0:0, 50:25:25, 60:25:15, 60:15:25 y 70:15:15, respectivamente), a través de la estabilidad, porcentaje de absorción de agua, tenacidad, extensibilidad, índice de elasticidad y fuerza panadera.
3. Realizar el análisis proximal de las mezclas de harinas con distintas proporciones de trigo, amaranto y avena (100:0:0, 50:25:25, 60:25:15, 60:15:25 y 70:15:15, respectivamente).

4. Evaluar la aceptabilidad sensorial, mediante una evaluación orientada al consumidor, de empanadas elaboradas con diferentes masas a partir de las mezclas de harinas propuestas, utilizando una prueba hedónica de 5 puntos.
  
5. Determinar la media, desviación estándar y la moda de las calificaciones obtenidas en la prueba hedónica para cada una de las empanadas elaboradas con las mezclas de harinas propuestas, como criterios de aceptación o rechazo del producto alimenticio final.

# HIPÓTESIS

## **Hipótesis de la investigación**

La cantidad y calidad de nutrientes de la masa para empanadas, elaborada con harina de trigo, se ve influenciada por la proporción en la que se adicionan las harinas de amaranto y avena.

## **Hipótesis estadística**

### **Hipótesis nula:**

- No existe diferencia significativa entre las cantidades de lípidos, proteína, fibra, y cenizas al variar las proporciones de mezcla de harina de trigo, amaranto y avena en la masa para empanadas.
- No existe diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de agua, la estabilidad, tenacidad, extensibilidad, índice de elasticidad y fuerza panadera de las masas al variar las proporciones de mezcla de harina de trigo, amaranto y avena.

### **Hipótesis alternativa:**

- Existe diferencia significativa entre las cantidades de lípidos, proteína, fibra y cenizas al variar las proporciones de mezcla de harina de trigo, amaranto y avena en la masa para empanadas.

- Existe diferencia significativa entre el porcentaje de absorción de agua, la estabilidad, tenacidad, extensibilidad, índice de elasticidad y fuerza panadera de las masas al variar las proporciones de mezcla de harina de trigo, amaranto y avena.

## INTRODUCCIÓN

Tanto los hábitos alimenticios de la sociedad guatemalteca, como los productos ofrecidos por la industria alimentaria han ido cambiando a través del tiempo en función de las tecnologías innovadoras de procesamiento, del sector agrícola, y de la cultura culinaria. El desarrollo de nuevos productos alimenticios conlleva una gran cantidad de elementos a evaluar, así como el costo de producción para poder ofrecerse en el mercado a un precio competitivo. Otro de estos elementos a tomar en cuenta es la calidad nutricional del alimento, cuya importancia e interés han abierto el campo a la investigación científica en los últimos años.

Cuando se habla de productos de la industria alimentaria como pan, galletas, pasteles, pastas, entre otros, inmediatamente se identifica un ingrediente en común: la harina de trigo. Sin importar la proporción final en el alimento, este último ha sido de gran relevancia en la fabricación de diversos productos. A pesar de su aporte de sustancias beneficiosas como carbohidratos amiláceos, vitaminas del complejo B y minerales, el consumo desmedido de las harinas refinadas de trigo puede incrementar sustancialmente los niveles de glucosa en la sangre, gracias a su elevada digestibilidad. Esto puede causar sobrepeso y dar origen a enfermedades cardiovasculares. Adicional a ello, la harina de trigo es pobre en cuanto a la cantidad y calidad de nutrientes como el contenido de proteína, fibra, hierro y zinc, por mencionar algunos.

La fortificación y el enriquecimiento son procesos por los cuales se incrementa el valor nutricional de un alimento, incorporando directamente los nutrientes ausentes o bien, aumentando los niveles de los mismos incorporando

a la formulación otros alimentos o ingredientes que los contengan. Esto se realiza con el fin de proporcionar beneficios extras a la salud de quienes consuman un determinado tipo de alimento. Un ejemplo de ello es la inclusión del amaranto, en forma de harina, sobre diferentes productos de panadería o de bollería industrial.

La presente propuesta de investigación tiene como objetivo mejorar el contenido nutricional de la masa para empanadas saladas de la empresa La Empanada, por medio de la sustitución parcial de la harina de trigo en la receta original por harinas de amaranto y avena. Esto sin perjudicar la parte operacional del amasado y extendido, beneficiando al público consumidor y atrayendo a clientes potenciales en busca de productos saludables.

# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

Debido a la amplia utilización de la harina refinada de trigo en la industria panificadora y de su gran relevancia en la dieta de muchas personas, profesionales tanto del área de ingeniería como de nutrición se han dedicado a investigar sobre alternativas para sustituir esta harina por otros componentes más nutritivos.

Como resultado de estas investigaciones se ha evaluado la factibilidad, tanto técnica como sensorial, de incluir diversos ingredientes para reemplazar el trigo en productos que típicamente no los contendrían. Un ejemplo de ello es la harina de amaranto, la cual tiene un alto valor nutritivo debido a su elevado contenido de fibra y a la complementación proteica que genera al combinarse con el trigo.

La Unidad de Investigación Multidisciplinaria y el Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Granos y Semillas en Cuautitlán, México, presentaron el estudio titulado: *Elaboración de un bagel a base de trigo y amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) con alta calidad nutrimental*. Se evaluaron tanto las propiedades físicas como las sensoriales, además del análisis proximal de *bagels* con diferentes formulaciones complementadas con amaranto. La mejor formulación se logró con 70 % de amaranto, presentando buenas características físicas y sensoriales, comentan Argueta, Cruz, Jiménez y Martínez, aumentando significativamente su contenido de proteínas, lípidos y cenizas en comparación con los *bagels* elaborados solo con trigo.

Por parte de la asociación Interciencia en Venezuela se llevó a cabo la investigación titulada: *Evaluación de panes enriquecidos con amaranto para regímenes dietéticos*. Se evaluó las características físicas y la composición química de panes con 0, 5, 10, 15 y 20 % en peso de amaranto. Se encontró que el alimento con mayor contenido de proteínas, fibra y minerales fueron los panes con 10 y 20 % de amaranto. En términos de digestibilidad, Montero, Rojas, Molina, Segundo y Sánchez indican que la mejor opción resultó ser el pan con 10 % de amaranto, siendo la alternativa más viable para elaborar alimentos funcionales.

La Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología llevó a cabo la investigación titulada: *Evaluación de la recuperación nutricional en niños menores de cinco años con un suplemento alimenticio de soya, ajonjolí, amaranto y avena, en zonas rurales de Chiapas*. Ochoa, Ávila, Montero, Pulido, López, Trujillo y Álavez determinaron que, durante el tiempo de estudio, el efecto del suplemento alimenticio desarrollado fue positivo y recuperó el estado normal de los niños con desnutrición aguda, pero no a los que presentaban desnutrición crónica debido a las secuelas generadas por una parasitosis intestinal.

En la Universidad César Vallejo de Perú se realizó un estudio titulado: *Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*), por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado*. En él se determinó la composición química y el valor nutricional de pan fortificado con las raíces del cultivo andino arracacha. El pan fortificado constituye una alternativa viable, según León y Villacorta, permitiendo una sustitución del 40 % de la harina de trigo por arracacha, aportando contenidos importantes de proteína y carbohidratos completos además de minerales como hierro y potasio.

En la Universidad del Valle de Guatemala se realizó un estudio titulado: *Caracterización química y nutricional de variedades de grano de amaranto y algunas aplicaciones*. Se analizó química y nutricionalmente seis variedades de grano de amaranto crudo y procesado, además se iniciaron pruebas del uso de 40 % de harina de amaranto con 60 % de harina de trigo en la preparación de champurradas. No se observó un aumento en la calidad proteica de las champurradas, afirman Bressani y Rodas, posiblemente debido a una reducción de la lisina disponible. Sin embargo, las propiedades organolépticas de este alimento fueron bien recibidas.

## **1.2. Justificación**

El motivo principal de llevar a cabo el estudio es incrementar el valor nutricional de la masa para empanadas. Esto tiene como fin, la contribución a la reducción de los problemas de salud generados por la frecuente ingesta de harinas refinadas de trigo, como la obesidad, el déficit en la calidad proteica suministrada y enfermedades cardiovasculares.

La inclusión del amaranto en la masa para empanadas se justifica en la complementación proteínica generada al mezclarse con el trigo. El aminoácido limitante en el valor proteico del amaranto es la leucina y en el caso del trigo es la lisina. Como el aminoácido más destacable en el amaranto es la lisina, esta se complementa adecuadamente con la leucina del trigo, para proporcionar proteína de alta calidad comparable con la proteína de origen animal o la caseína.

Por otro lado, la avena puede elevar aún más el valor nutricional de la masa para empanadas; Aportando principalmente fibra, ácido fólico, hierro y zinc, los cuales son pobres en la harina refinada de trigo. El déficit de aminoácidos esenciales como la lisina y la treonina, y el alto contenido de metionina en la

avena, la convierte en un ingrediente ideal para combinarse con otro tipo de proteína como la proveniente del amaranto.

Además, la reducción del contenido de gluten en la masa provocada por la inclusión del amaranto, se compensa parcialmente añadiendo la avena, con el fin de conservar algunas de las propiedades mecánicas y reológicas en la masa original de harina de trigo. Esto permitirá mantener una buena manipulación durante el amasado y la elaboración de las empanadas. A pesar de que la avena no contenga gluten como tal, las estructuras de sus proteínas le confieren cierta elasticidad y buena textura a las masas de productos de panificación que la incluyan.

### **1.3. Determinación del problema**

La industria de panificación se encuentra, en general, limitada a la producción de alimentos elaborados con harina refinada de trigo, y condiciona a los consumidores a ingerir este tipo de productos que perjudican directamente su salud cuando se alimentan regularmente con ellos.

#### **1.3.1. Definición**

El problema a solucionar es que la masa de las empanadas se elabora únicamente con harina de trigo, y deja empobrecido el aporte de proteína, fibra, minerales como hierro, calcio, fósforo y magnesio, que son necesarios para el buen funcionamiento del cuerpo humano. Esto junto con el hecho de que, al consumir harinas refinadas de trigo, sus carbohidratos se digieren de forma rápida elevando significativamente los niveles de glucosa en la sangre. Tal situación contribuye al aumento de peso corporal, enfermedades cardiovasculares y empeora la situación de personas que padecen diabetes.

### **1.3.2. Delimitación**

El problema se delimita a los productos de panificación elaborados exclusivamente con harina de trigo, más concretamente la masa para empanadas saladas de la empresa La Empanada. La clasificación de la harina de trigo utilizada con este propósito es harina suave. El sector de la población que resultará beneficiada directamente son los clientes consumidores de empanadas saladas en la Ciudad de Guatemala, además de aquellos quienes estén interesados en el desarrollo de productos saludables que incluyan al grano de amaranto o a la avena en sus formulaciones.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Cereales

Los cereales se utilizan como fuente de alimentación humana, ya sea a través del grano entero o a través harinas tras su procesamiento y molienda. Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas (*Poaceae*), y se denominan así por Ceres, la diosa romana de la agricultura. Los principales cereales que se consumen de acuerdo con Coenders son: el trigo (*Triticum vulgare*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el arroz (*Oryza sativa*), el maíz (*Zea mays*), el centeno (*Secale cereale*) y la avena (*Avena sativa*).

La composición química de los cereales en general, es bastante homogénea en cuanto a su contenido de agua, almidón, proteína, lípidos, carbohidratos y minerales. Sin embargo, existen diferencias particulares como el caso de la avena que contiene una menor cantidad de almidón en comparación con los demás, y es el componente más abundante en los cereales (alrededor del 60 % en peso).

#### 2.1.1. Trigo

Se considera al trigo como el cereal más abundante y productivo en el ámbito de la agricultura. El grano de trigo fue consumido al inicio simplemente crudo. Más adelante, se tostaron los granos sobre piedras calientes de forma que se pudiera separar la cascarilla, que al someterse a altas temperaturas se volvía quebradiza. Después se empezó a molerlos con el fin de obtener una harina y con esta última elaborar diferentes alimentos como pastas, pan y galletas.

### **2.1.1.1. Harina suave de trigo**

No toda la harina de trigo es igual, cada una de ellas se clasifica según las proteínas que contenga el grano de trigo. Esto define el tipo de harina, su calidad y su uso final o aplicación. La harina suave de trigo tiene una cantidad reducida de proteína (entre 7,5 y 10 %), esto implica que tiene poca capacidad de absorber agua y necesita menos tiempo para el amasado. Este tipo de harina es ideal para productos de pastelería y repostería, además es la utilizada para la masa de empanadas horneadas del presente estudio.

### **2.1.1.2. Harina dura de trigo**

La harina dura de trigo tiene una mayor cantidad de proteína que la suave (entre 10 y 13 %), esto implica una alta capacidad para absorber agua, formación de gluten fuerte y elástico, y un requerimiento de mayor tiempo para el amasado. Este tipo de harina se utiliza para la elaboración de productos de panificación que involucren fermentación.

### **2.1.2. Avena**

La avena se consume normalmente en formas distintas a las del trigo, por ejemplo, en papillas, batidos y otros productos para el desayuno. En la avena el contenido de hidratos de carbono es elevado, especialmente polisacáridos no amiláceos. Tanto la cantidad de proteína como de lípidos en la avena es superior a comparación de los demás cereales antes mencionados.

En la actualidad comenta Wehrhahne la valorización de algunas propiedades favorables para la salud, como la presencia de fibras solubles y betaglucanos que contribuyen a la reducción de los niveles de colesterol “malo”

(LDL), y su incorporación en nuevos productos como cereales para desayuno o barras energéticas, han contribuido a aumentar su producción y consumo.

## **2.2. Pseudocereales**

A diferencia de los cereales, los pseudocereales son granos y semillas que se obtienen de plantas de hoja ancha, no pertenecientes a las gramíneas. Se denominan así debido a sus propiedades y usos tan similares a los de los cereales. Por ello, su consumo ha abarcado desde el grano entero tostado hasta su molienda e inclusión en forma de harina en diversos productos de bollería industrial. Cabe resaltar que una de las características principales de los pseudocereales es que no contienen gluten.

Existen diversos pseudocereales, aunque los más conocidos y consumidos son el amaranto (*Amaranthus caudatus*) y la quinoa (*Chenopodium quinoa*). Tanto la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como la Organización Mundial de la Salud (OMS), designan a ambos pseudocereales como súper alimentos por su altísimo valor nutricional, ya que tienen la cualidad de poder sustituir las proteínas de origen animal por ser tan ricos en su contenido aminoacídico.

### **2.2.1. Amaranto**

El amaranto fue un cultivo de suma importancia para las antiguas civilizaciones de Mesoamérica y América del Sur, quienes lo consumían en abundancia. A día de hoy su disponibilidad, popularidad y producción se han retomado en varias regiones del mundo debido a su gran potencial nutricional. Sus aplicaciones se pueden resumir en todas aquellas donde se utilice como

suplemento de los cereales, por ejemplo, en forma de harina para diversos tipos de pan o el procesado por nixtamalización para producir tortillas.

### 2.3. Información nutricional de los granos a utilizar

El macronutriente de mayor interés en el presente estudio es la proteína contenida en el alimento. En cuanto al valor nutricional, las proteínas de las diferentes harinas de cereales varían en función de su composición aminoacídica, pero el contenido de lisina y metionina en todos ellos es bajo, sobre todo en el trigo, el centeno, la cebada, la avena y el maíz, comparados con las proteínas de la leche, la carne y los huevos. El amaranto, por otro lado, como pseudocereal, destaca en su relativo alto contenido de proteína, especialmente por el aminoácido esencial lisina.

En la siguiente tabla se resume brevemente el contenido medio de algunos macronutrientes presentes en el trigo, el amaranto y la avena.

Tabla I. **Porcentaje en peso de macronutrientes en el trigo, amaranto y avena**

	<b>Trigo</b>	<b>Amaranto</b>	<b>Avena</b>
Proteína, %	11,7	15,8	12,6
Carbohidratos, %	69,3	66,7	62,9
Lípidos, %	2,2	5,7	6,4
Fibra cruda, %	2,0	2,9	5,6

Fuente: BRESSANI, Ricardo. *El amaranto y su potencial en industria alimentaria*. p.16.

ASTIASARÁN, Iciar. *Alimentos: composición y propiedades*. p.137.

### **2.3.1. Elevación del contenido nutricional de la masa para empanadas**

Incrementar el valor nutricional de la masa para empanadas tiene como fin, la contribución a la reducción de los problemas a la salud generados por la frecuente ingesta de harinas refinadas de trigo, como la obesidad, el déficit en la calidad proteica suministrada y enfermedades cardiovasculares.

La inclusión del amaranto y la avena en la masa para empanadas mejorará la calidad de los nutrientes presentes en la harina de trigo principalmente en el aspecto proteico, aunque también aportando otros componentes beneficiosos como fibra, ácido fólico, hierro, magnesio y zinc.

#### **2.3.1.1. Complementación proteica**

La complementación proteica hace referencia a la mezcla de diferentes alimentos con el fin de aportar el mayor número de aminoácidos esenciales diferentes para ofrecer una buena calidad de proteína en el producto final. Esta técnica se utiliza principalmente en alimentos que se utilizan como fuentes de proteína de origen vegetal. Estos regularmente flaquean en algunos aminoácidos y necesitan complementarse para nutrir adecuadamente al organismo al igual que lo harían fuentes de proteína completa como carne, leche y huevos.

Como se mencionó anteriormente, el aminoácido limitante en el valor proteico del trigo es la lisina y metionina, y en el caso del amaranto es la leucina. Como el aminoácido más destacable en el amaranto es la lisina, esta se complementa adecuadamente con la leucina del trigo, para proporcionar proteína de alta calidad. Por otra parte, “El déficit de aminoácidos esenciales tales como la lisina y treonina en la avena, y su alto contenido de metionina, la hace ideal

para combinarse con otro tipo de proteína como la proveniente del amaranto y el trigo”.<sup>1</sup>

### **2.3.2. Gluten**

El gluten es un conjunto de proteínas y es el componente más característico del trigo. Es la razón por la cual este último es considerado un cereal panificable (junto con el centeno). El gluten se forma al mezclar agua con la harina de estos cereales, y resulta en una masa viscoelástica cohesiva. Dichas propiedades reológicas le confieren a la masa la capacidad de retener gas durante la fermentación para poder producir diversos tipos de pan. El gluten está compuesto por proteínas en un 90 %, por lo que la dureza o fuerza de la harina está directamente relacionada con la red de gluten que se forma en la masa. A pesar de su elevado contenido de proteína, no es considerado un buen alimento ya que sus estructuras no presentan aminoácidos esenciales.

#### **2.3.2.1. Gluten en las masas formuladas**

Debido a la naturaleza del alimento, la masa tradicional de empanadas saladas de la panadería La Empanada se elabora con harina extra suave de trigo. Esto implica que el contenido de proteína y de gluten, es menor que en otros productos de panadería formulados con harinas duras de trigo.

Por ello, para la formulación de la nueva masa para empanadas se optará por utilizar una harina de trigo dura. Al combinar esta harina con el amaranto y la avena se pretende compensar los niveles de gluten en la masa resultante, porque estos dos ingredientes no incluyen al gluten en su composición. La mezcla de

---

<sup>1</sup> BRESSANI, Ricardo; RODAS, Brenda. *Estudios sobre la industrialización del grano de amaranto*. p. 41.

harina de estos tres ingredientes repercutirá en una masa con contenido similar de gluten, pero mayor en cuanto a la proteína de la receta original.

## **2.4. Análisis proximal o caracterización bromatológica**

El análisis proximal o bromatológico de los alimentos son estudios que se basan en principios de química analítica, química orgánica, fisicoquímica y el entendimiento de la biología en cuanto a la asimilación de los alimentos. Este grupo de varios análisis se utiliza para evaluar las características y la composición de los alimentos. Esta información es de suma importancia y utilidad al momento de desarrollar productos alimenticios o bien para establecer la calidad nutricional de los mismos y el efecto que pueden ocasionar al consumirlos. Algunos de los parámetros más importantes y desarrollados en este campo es la determinación del contenido de humedad, proteína, lípidos o grasas, fibra y cenizas.

### **2.4.1. Humedad**

Todos los alimentos, cualquiera que sea su tipo o su procesamiento en la industria, contienen agua en mayor o menor cantidad. Los porcentajes de humedad en peso varían entre un 60 y un 95 % en los alimentos naturales, y particularmente para el caso de harinas este valor oscila entre un 7 y un 15 % en harinas secas y húmedas, respectivamente.

Los métodos de secado son los más convencionales para determinar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debido a su eliminación o vaporización por calentamiento en un tiempo determinado bajo condiciones de temperatura y presión controladas.

Sin embargo, este tipo de metodologías pueden presentar algún tipo de error en el cálculo debido a dos factores importantes. Que no toda el agua contenida en el alimento haya sido eliminada durante el secado, y el agua ligada (combinada con otras moléculas o absorbida por el alimento), es complicada de retirar al 100 %. O bien que la temperatura del secado haya superado la temperatura de descomposición del alimento, y parte de los componentes más volátiles también se hayan eliminado durante el secado, no solamente agua como se deseaba en primera instancia.

#### **2.4.2. Proteína cruda**

Por motivos de simplicidad y de costos, para los análisis de calidad o de rutina de alimentos es frecuente que se determine el contenido de proteína total, en lugar de las proteínas y aminoácidos específicos presentes. En general, el procedimiento más utilizado es el método Kjeldahl que determina la materia nitrogenada total, proveniente tanto moléculas aminoacídicas en las redes de proteínas como de cualquier otro componente en el alimento. El método consta de 3 pasos principales: la digestión del nitrógeno orgánico por la acción del ácido sulfúrico, la destilación para la separación del amoniaco en la muestra y finalmente su titulación para cuantificar lo obtenido en la destilación.

Durante el proceso de digestión ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica junto con la oxidación de carbono a anhídrido carbónico. El nitrógeno orgánico es transformado a amoniaco que se retiene en la disolución (ya sea con ácido bórico o ácido clorhídrico) como sulfato de amonio. Por último, la titulación se realiza con ácido clorhídrico en caso de emplear ácido bórico, o con hidróxido de sodio en caso de emplear ácido clorhídrico como medio de retención. Es típico que la cantidad de gramos de nitrógeno calculada por estequiometría de las reacciones se traduzca a gramos de proteína multiplicando

por un factor de 6,25. Este se emplea porque la mayoría de las proteínas tienen una proporción del 16 % en peso de nitrógeno en sus estructuras.

Figura 1. **Reacciones en las etapas del método Kjeldahl**

Digestión	$\text{Proteína} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$
Destilación (recibiendo en HCl)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
(recibiendo en $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	$\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$
Titulación (si se recibió en HCl)	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
(si se recibió en $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$

Fuente: Facultad de Ciencias Veterinarias, UNAM. *Análisis de alimentos*.

<http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/AlimentosAlimentacion/images/Documentos/2015/Analisis%20de%20Alimentos%20Fundamentos%20y%20Tecnicas-UNAM.pdf>.

Consulta: 22 de octubre de 2018.

### 2.4.3. Fibra cruda

La fibra cruda representa la porción de los alimentos no digerible por los humanos y mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor nutricional, aunque es altamente recomendada para el buen funcionamiento de los intestinos. La composición química de la fibra cruda, aun cuando no está bien definida, se considera constituida por lignina y por los polisacáridos de celulosa y hemicelulosa.

Su cuantificación se basa en la simulación de la digestión en el organismo por tratamientos con ácido sulfúrico, hidróxido de sodio y algún solvente orgánico, separando los constituyentes solubles de los insolubles que constituyen los desperdicios orgánicos a través de las heces. La cantidad de fibra presente en el alimento se determina por diferencia de pesos tras la calcinación. La desventaja principal de este método es que tiende a sobreestimar el contenido de la fibra de los alimentos que contienen altas concentraciones de azúcares simples, por ejemplo, frutas deshidratadas, probablemente porque dichos carbohidratos son atrapados en los precipitados formados durante los tratamientos.

#### **2.4.4. Lípidos o grasas**

Los lípidos constituyen uno de los macronutrientes más importantes en la estructura de los alimentos. Todos los lípidos están compuestos de carbón, hidrógeno y oxígeno, y algunos también contienen grupos fosfatados y nitrogenados. Este grupo de compuestos se caracteriza por ser insoluble en agua, pero soluble en disolventes orgánicos como éter, hexano, cloroformo, benceno o acetona. Al igual que con las proteínas, los métodos de cuantificación de rutina no hacen distinción entre los diferentes ácidos grasos que componen a los lípidos, sino simplemente determinan la cantidad de material hidrofóbico en el alimento.

El contenido total de lípidos se determina comúnmente por métodos de extracción con solventes orgánicos, por ejemplo, los métodos de Soxhlet, Goldfish y Mojonnier por mencionar algunos. Este tipo de metodología hace uso de la compatibilidad electromagnética entre la sustancia a separar y el solvente utilizado. Un compuesto no polar, como la grasa y el aceite, es soluble en un solvente no polar, como los antes mencionados. El contenido de grasa se

cuantifica por diferencia de peso en la fase de extracción o por la total evaporación de este último tras el calentamiento.

#### **2.4.5. Cenizas**

Las cenizas de un alimento es un término que hace referencia al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas usualmente no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a pérdidas por volatilización o a las posibles reacciones químicas desencadenadas por alta temperatura. Este método de análisis somete a la materia orgánica al calentamiento en ausencia de flama a una temperatura que oscila entre los 500 y 600 °C.

El término de cenizas comúnmente se asocia a los elementos minerales presentes en el alimento. Sin embargo, esto no es del todo preciso porque en algunos minerales están presentes elementos orgánicos como carbono, oxígeno, azufre y nitrógeno. Las cenizas contienen elementos o compuestos inorgánicos, mucho de los cuales son de interés nutricional como es el caso del calcio, fosfatos, silicatos, entre otros. El contenido de cenizas es un índice de calidad relevante en algunos alimentos como jaleas y gelatinas.

Las cenizas constituyen menos del 5 % en peso del alimento seco (sin tomar en cuenta el peso del agua). Este tipo de análisis son importantes en productos de cereales porque revela el tipo de refinamiento y molienda del grano. Por ejemplo, para una harina de trigo integral (incluye todo el grano), contiene aproximadamente 2 % de cenizas; mientras que la harina proveniente del endospermo (parte central y más amplia del grano), tiene un contenido de cenizas de 0,3 % aproximadamente.

## **2.5. Reología**

La reología estudia la deformación y el flujo de las sustancias, centrándose en las propiedades mecánicas continuas de estas al ser sometidas a diferentes esfuerzos externos. La reología extiende sus horizontes desde la clásica mecánica de fluidos hasta la elasticidad de los materiales. Es también conocida como la ciencia del flujo y la deformación.

La reología tiene variadas aplicaciones en la industria, principalmente en el área de aseguramiento de calidad de los productos. Esta puede ser utilizada para analizar pinturas, plásticos, alimentos, tintas, aceites, detergentes y una infinidad de otros líquidos o gases.

### **2.5.1. Propiedades mecánicas y reológicas de la masa**

Para el caso característico de masas elaboradas con harinas de diferentes granos se evalúan propiedades tales como elasticidad, extensibilidad, adhesividad, fuerza panadera, entre otros. “Las propiedades reológicas determinan el comportamiento de las masas de harina de trigo durante el manejo mecánico, además de su influencia en la calidad del producto final”.<sup>2</sup>

Es importante entonces medir y cuantificar las propiedades mecánicas y reológicas de las masas que se desarrollarán para observar el comportamiento de la inclusión del amaranto y la avena como sustituyentes del trigo en la masa para empanadas. Tras analizarlas se podrá seleccionar la masa con la composición adecuada para ofrecer facilidad operacional al momento de amasarla, extenderla, y darle forma al producto final.

---

<sup>2</sup> LAUNAY, Bernadette. *Un modelo no lineal simplificado para describir las propiedades viscoelásticas de las masas de harina de trigo a altas deformaciones por cizallamiento*. p. 1.

Para ello existen diversos equipos de medición en la industria panadera como control de calidad de las harinas. Algunos ejemplos de ellos son el farinógrafo, el alveógrafo, el texturómetro y el extensógrafo, cuyos resultados dependen del tipo de harina y el uso final que requiera. En el caso de las masas para empanadas en desarrollo se ocupó un farinógrafo y un alveógrafo para su caracterización reológica, obteniendo una comparación directa con la masa tradicional formulada solo con harina de trigo.

### **2.5.2. Farinógrafo**

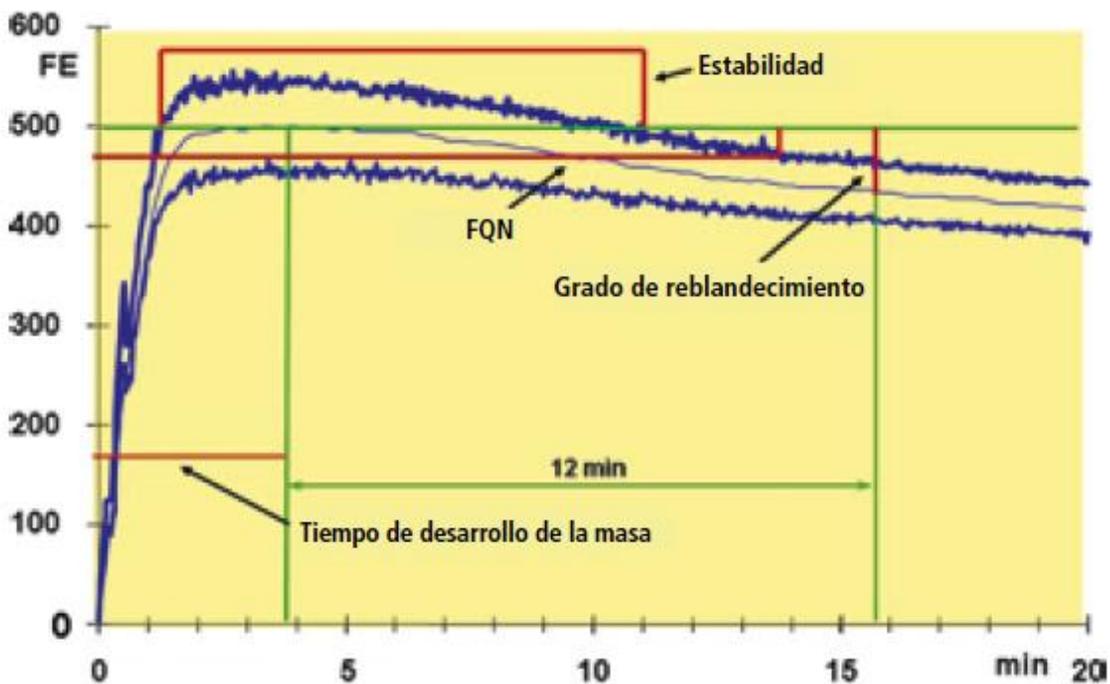
El farinógrafo es un instrumento de medición reológica que registra la resistencia que la masa opone a un esfuerzo mecánico uniforme, bajo condiciones de temperatura constante, en función del tiempo. Este equipo se utiliza para llevar a cabo análisis de calidad rutinarios sobre harinas de trigo para garantizar la adecuada preparación de masas. El farinógrafo consta de un recipiente con tapa donde se introduce la harina, una bureta especial para la adición de agua, un motor para mezclar de manera uniforme, un regulador de temperatura con recirculación de agua y el sensor de fuerza que registra las variaciones de resistencia con trazos de un marcador sobre papel especial cuadriculado.

#### **2.5.2.1. Farinograma**

El farinograma se caracteriza por ser una gráfica trazada entre el eje vertical que corresponde a la resistencia o fuerza de oposición de la masa en Unidades de Brabender (B.U. en inglés), y el eje horizontal que representa el tiempo de amasado en minutos. El gráfico generalmente tiene forma curva y su estrechamiento depende de la fuerza del gluten en la harina, eso se ve reflejado en el tiempo en que el agua tarda en integrarse completamente a la harina. El

farinograma muestra las características de calidad de la harina analizada a través de parámetros que pueden leerse directamente en el gráfico. Se seleccionan los que son de interés para el estudio y se detallan a continuación.

Figura 2. Ejemplo de un farinograma



Fuente: Brabender GmbH; Co. KG. *Farinógrafo T-S*.

<https://www.brabender.com/typo3conf/ext/cokcb2web/Resources/Public/Files/files.php?d=1&p=WIRFNUdVek5ReFIUNFIUY1IUUTNHSm1aUXpNajRaR0ZOREk9X01UYzNNRGnt.pdf>

Consulta: 27 de agosto de 2018.

### **2.5.2.2. Porcentaje de absorción de agua**

El porcentaje de absorción de agua está directamente relacionado con la cantidad de agua añadida a la harina para que la resistencia de la masa alcance las 500 B.U., y esta a su vez está en función de la humedad presente en la harina a analizar. Cuanta más agua pueda absorber una harina en una consistencia definida de una masa, en este caso para empanadas, mayor será el rendimiento de la masa por cada medida (tazas, gramos, sacos, entre otros.) de la mezcla de harinas.

### **2.5.2.3. Estabilidad**

La estabilidad de la masa se determina como el tiempo que transcurre entre el punto de llegada o tiempo de desarrollo de la masa en llegar a 500 B.U., y el punto de salida o ablandamiento de la masa donde el farinógrafo registra el abandono de región de 500 B.U. Cuanto mayor sea la estabilidad de la masa, mayor podrá ser la fermentación y mayor será la fuerza requerida para el amasado. Como la masa para empanadas no requiere fermentación, la masa que se considere tenga mejor estabilidad, será la que tenga un menor intervalo de tiempo entre los puntos mencionados, y requerirá de menor fuerza para amasarse.

### **2.5.3. Alveógrafo**

El alveógrafo es otro instrumento que también mide propiedades reológicas de las masas de harinas de trigo, típicamente para pruebas rutinarias de calidad. A diferencia del farinógrafo, este equipo además de desarrollar la masa con agua salina en lugar de agua destilada es capaz de simular un proceso

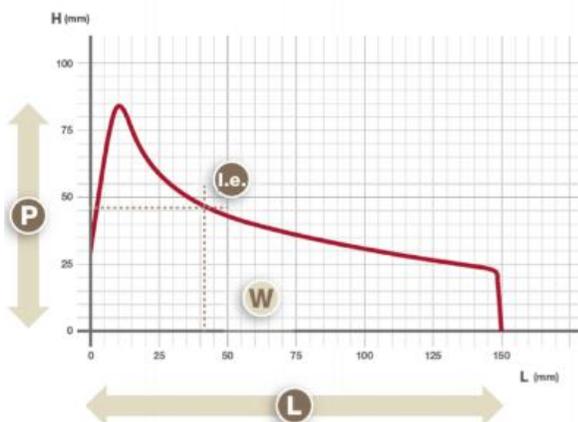
de fermentación inyectando aire a una muestra de masa para inflarla y formar una burbuja hasta el colapso de la misma.

El alveógrafo se compone de una amasadora y una bureta especial para formar la masa que sale por extrusión en una bandeja receptora. Además, cuenta con una unidad de hinchado de la masa, la cual se forma de una bomba inyectora y un manómetro o bien el calculador automático Alveolink para medir la presión del aire en la burbuja. La presión interna de la burbuja se registra en un gráfico llamado alveograma, típicamente en forma digital para luego imprimirlo.

#### **2.5.3.1. Alveograma**

El alveograma es una gráfica que muestra la tenacidad de la masa (en mm), o su máxima presión alcanzada en la burbuja de masa hinchada con aire, y su extensibilidad (en mm), la cual está delimitada por la longitud de la curva. Esta gráfica tiene la forma de una campana de Gauss sesgada a la izquierda, representando el inflado de la burbuja hasta el momento de su ruptura. En el alveograma pueden leerse directamente los parámetros de calidad de interés, los cuales se detallan a continuación.

Figura 3. **Curva de un alveograma**



Fuente: BAM, Consultores. *Analítica de harina*.  
<https://bamconsultores.com/index.php/home/analitica>.  
Consulta: 29 de agosto de 2018.

### 2.5.3.2. **Tenacidad**

La tenacidad (P), es la capacidad de la masa de resistirse a la deformación provocada por la inyección de aire, y en el alveograma se representa como la altura máxima alcanzada por la curva.

### 2.5.3.3. **Extensibilidad**

La extensibilidad (L), es el volumen máximo de aire que puede contener la burbuja antes de colapsar, y en el alveograma se representa como la longitud total o base del alveograma.

### 2.5.3.4. **Fuerza panadera**

La fuerza panadera (W), es el trabajo de deformación realizado sobre la masa y en el alveograma se representa como el área bajo la curva, o bien la

superficie de la misma multiplicada por un factor específico (que depende del equipo utilizado).

### **2.5.3.5. Índice de elasticidad**

El índice de elasticidad (IE), hace referencia a la presión de la burbuja justo en el momento en que se ha soplado un volumen de aire equivalente a 200 mL o bien, a 40 mm desde el origen sobre el eje de las abscisas. Este parámetro indica la capacidad de la masa a extenderse.

## **2.6. Análisis sensorial**

Como bien es sabido, un alimento debe cumplir con propiedades nutricionales que beneficien al funcionamiento del organismo, ser inocuo para evitar enfermedades o cualquier tipo de daño, ser accesible en cuanto a precio o costo de producción y evidentemente también debe tener características organolépticas aceptables. Este último factor es uno de los más influyentes por el cual gran parte de la población guatemalteca no se alimenta de forma saludable, porque no encuentran agradable el sabor o aroma de ciertos vegetales, cereales e incluso frutas. Por ese motivo, es necesario dedicar una parte del estudio a evaluar la aceptabilidad sensorial de la masa para empanadas con la sustitución parcial de harina de trigo propuesta.

Los métodos sensoriales para la evaluación de alimentos involucran una gran cantidad de elementos a tener en cuenta. Se debe definir si las pruebas estarán orientadas al producto o al consumidor, monitorear las condiciones de las instalaciones donde se realizan las pruebas, manejar adecuadamente el reclutamiento, la selección y de ser necesario el entrenamiento de los panelistas, controlar las especificaciones de las muestras a evaluar, y por último concretar

las escalas de medición para la recolección y análisis estadístico de los datos obtenidos.

### **2.6.1. Instalaciones temporales para pruebas sensoriales**

Las pruebas se realizarán orientadas al consumidor, y es necesario considerar qué tipo de instalaciones son las adecuadas para llevarlas a cabo. “La evaluación de las muestras se puede realizar en cualquier área separada en que puedan reducirse al mínimo las distracciones, los ruidos y los olores. Podría resultar adecuado el uso de un comedor o salón donde se toma café, que no se esté utilizando al momento de llevarse a cabo la prueba sensorial”.<sup>3</sup>

### **2.6.2. Selección y orientación de los panelistas**

Los panelistas pueden ser no entrenados o especializados, siempre y cuando se controlen algunas condiciones para la adecuada realización de la prueba. Se optará invitar a personas que estén relacionadas con la empresa La Empanada; es de esperar que tengan interés en participar y que estén motivados porque sentirán que su contribución es importante a la investigación. Se recomienda realizar pequeñas encuestas para averiguar si los panelistas tienen alguna alergia respecto a los ingredientes del producto a evaluar. Al menos 30 minutos antes de realizar la prueba, los panelistas no deben haber comido, ni bebido, ni nada que pueda afectar su paladar y distorsionar los resultados de la evaluación.

---

<sup>3</sup> WATTS, Beverley. *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. p. 26.

### **2.6.3. Prueba hedónica**

En las pruebas hedónicas los panelistas valoran el grado de satisfacción que les produce un cierto atributo del alimento a evaluar. Esta técnica permite convertir o traducir resultados que aparentan ser netamente cualitativos a datos cuantitativos para su posterior análisis.

En este caso se utilizará una escala nominal, donde se calificará el olor, sabor, textura y apariencia de la masa para empanadas. Más específicamente se empleará la escala hedónica de 5 puntos, que consiste en una lista ordenada de opciones alrededor de un punto neutro para indicar el grado de satisfacción que cierta característica produce en los panelistas. Cada opción de la lista corresponde a un número del 1 al 5, y la convierte en una escala conveniente tanto para la evaluación como para realizar análisis estadísticos.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

- Independiente
  - Proporciones en la mezcla de harinas de trigo, amaranto y avena (100:0:0, 50:25:25, 60:25:15, 60:15:25 y 70:15:15, respectivamente).
  
- Dependientes
  - De carácter cuantitativo:
    - % en peso de proteína cruda.
    - % en peso de humedad
    - % en peso de fibra cruda
    - % en peso de cenizas
    - % de absorción de agua
    - Tenacidad
    - Estabilidad
    - Extensibilidad
    - Índice de elasticidad
    - Fuerza panadera

- De carácter cualitativo, convertibles a cuantitativas:
  - Color
  - Aroma
  - Sabor
  - Textura

**Tabla II. Definición operacional de las variables para el análisis proximal de las masas formuladas con sustitución del trigo**

No.	Variable	Unidad	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores controlables	
			Constante	Variable	SÍ	No
1	Proteína cruda	% m/m		X		X
2	Humedad	% m/m		X		X
3	Fibra cruda	% m/m		X		X
4	Grasa	% m/m		X		X
5	Cenizas	% m/m		X		X

Fuente: elaboración propia.

**Tabla III. Definición operacional de las variables para el análisis de las propiedades reológicas de las masas formuladas con sustitución del trigo**

No.	Variable	Unidad	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores controlables	
			Constante	Variable	SÍ	No
1	Absorción de agua	%		X		X
2	Estabilidad	Min		X		X
3	Tenacidad	mmH <sub>2</sub> O		X		X
4	Extensibilidad	mm		X		X

Continuación de la tabla III.

5	Fuerza panadera	Joules		X		X
6	Índice de elasticidad	mmH <sub>2</sub> O		X		X

Fuente: elaboración propia.

**Tabla IV. Definición operacional de las variables para el análisis de la aceptabilidad sensorial de las masas formuladas con sustitución del trigo**

No.	Variable	Unidad	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores controlables	
			Constante	Variable	SÍ	No
1	Color	Escala hedónica		X		X
2	Aroma	Escala hedónica		X		X
3	Sabor	Escala hedónica		X		X
4	Textura	Escala hedónica		X		X

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Delimitación de campo de estudio

- Área: Nutrición
- Industria: Alimentaria
- Proceso: Elaboración de variedad de empanadas saladas horneadas

- Etapa del proceso: Caracterización reológica y análisis proximal de las masas formuladas con sustitución de la harina de trigo por harina de amaranto y avena.
- Ubicación: La harina de trigo se compra en la central de mayoreo bajo la marca Reina del Istmo, producida por Molinos Central-Helvetia, S.A. La harina de amaranto se obtuvo de una finca ubicada en Sacapulas, Quiché. La harina de avena se compró en supermercados bajo la marca Quaker, elaborada en Guatemala por Alimentos, S.A.
- El análisis proximal se realizará en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Universidad de San Carlos de Guatemala. La caracterización de las propiedades reológicas se realizó en el laboratorio de calidad de MOLSA, Villa Nueva, Guatemala.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

- Investigador: André González Sandoval
- Asesora: Inga. Qca. Hilda Palma de Martini
- Tutela manejo de equipo: Inga. Qca. Yadira Soria Cabrera

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

Según la metodología experimental propuesta, se requirió de los siguientes equipos y materiales.

### 3.4.1. Materiales y suministros

Para ejecutar los análisis bromatológicos y reológicos de las harinas, se necesitó de los siguientes reactivos:

Tabla V. **Nombre de reactivos a utilizar**

<b>Reactivos</b>
Agua destilada
Cloruro de sodio
Ácido sulfúrico
Hidróxido de sodio
Etanol (95%)
Fibra cerámica
Ácido bórico
Sulfato de potasio
Ácido clorhídrico
Éter de petróleo

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2. Mobiliario y equipo

Para ejecutar los análisis bromatológicos y reológicos de las harinas, se necesitó de los siguientes equipos, cristalería y accesorios de laboratorio:

Tabla VI. **Nombre del equipo, cristalería y accesorios a utilizar**

<b>Equipo</b>
Balanza analítica Practum
Farinógrafo Brabender con cámara de mezclado (300 g)
Alveógrafo Chopin
Alveolink NG
Horno secador
Regulador de temperatura para recirculación de agua
Digestor Tecator
Kjeltec Auto 1030 Analyzer
Fibertec System I
Desecador
<b>Cristalería</b>
Termómetro
Frasco lavador
Erlenmeyer 250 mL
Bureta para farinógrafo
Balón aforado 1L
Bureta para alveógrafo
Beaker 600mL
Beaker 250 mL
<b>Accesorios</b>
Espátula metálica y plástica
Pinzas
Brocha
Cápsulas de aluminio 55X15 mm con tapa
Temporizador
Marcadores de tinta
Papel para farinógrafo

Fuente: elaboración propia.

### **3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa**

Se estableció un procedimiento específico a ejecutar para cada uno de los tres grandes rubros que se definieron, con el fin de caracterizar a las masas para empanadas en el ámbito reológico, composicional y sensorial.

#### **3.5.1. Propiedades reológicas de la masa**

Para cuantificar las propiedades reológicas de las masas elaboradas con las proporciones de harina establecidas se utilizó un alveógrafo y un farinógrafo. Para operarlos fue necesario determinar el contenido de humedad en la harina.

##### **3.5.1.1. Horno secador**

- Encender el horno y ajustar la temperatura a 130 °C
- Anotar la masa de la caja de aluminio donde se secará la harina
- Añadir 5 g de harina dentro de la caja de aluminio
- Colocar la caja de aluminio en el horno y dejar secar por 1 hora
- Anotar la masa final de la caja de aluminio con harina
- Calcular el porcentaje de humedad por diferencia de masas

##### **3.5.1.2. Farinógrafo**

- Encender el termostato y la recirculación de agua al menos 1 hora antes de utilizar el equipo.
- Ajustar la temperatura a  $30 \pm 1$  °C.
- Asegurar el papel para farinógrafo tanto en posición vertical como horizontal.

- Pesar la harina equivalente a 300 g con una humedad del 14 %, según la humedad obtenida anteriormente.
- Llenar la bureta para farinógrafo con agua a 30 °C.
- Ajustar el marcador en la posición de minuto 9 sobre el papel.
- Encender el equipo y mezclar la harina por 1 minuto.
- Adicionar el agua contenida en la bureta buscando que el trazo sobre el papel alcance los 500 BU.
- Limpiar la masa en los costados del contenedor con la espátula hasta integrar la harina completamente.
- Si la línea se desvía de la marca de 500 BU cuando los trazos alcanzan a estabilizarse, detener el equipo y repetir desde el paso 4. Se debe ajustar el diagrama aumentando o reduciendo la cantidad de agua agregada.
- Una vez trazado el farinograma, remover la masa del contenedor y limpiar el equipo y sus accesorios con agua destilada.
- Calcular el porcentaje de absorción de agua y la estabilidad de la masa en base al farinograma obtenido y la cantidad de agua utilizada.

### **3.5.1.3. Alveógrafo**

- Encender el termostato y la recirculación de agua al menos 1 hora antes de utilizar el equipo, ajustando la temperatura a  $20 \pm 1$  °C.
- Preparar una solución de cloruro de sodio en agua al 2,5 % (m/v) y llenar la bureta para alveógrafo, según la humedad de la harina a analizar.
- Encender el Alveolink y la impresora.
- Agregar  $250 \pm 0,5$  g de harina al contenedor, cerrar la tapa y fijar el tornillo sujetador.
- Encender el motor de la amasadora y agregar toda el agua de la bureta.
- Amasar por 1 minuto y apagar el motor.

- Empujar los bordes de la masa con la espátula para regresarla al contenedor y amasarla vigorosamente por 1 minuto.
- Reencender el motor por 6 minutos para homogenizar la masa.
- Colocar 5 gotas de aceite vegetal sobre el plato recibidor, 3 gotas arriba del mismo, 20 sobre el plato donde se extenderá la masa y 5 sobre el rodillo.
- Invertir el sentido de giro de la amasadora y levantar la platina que cierra la cámara de mezclado. Cortar los primeros 2 cm de masa saliente por extrusión.
- Cortar un trozo de masa cuando este llegue a la marca indicada en el plato.
- Repetir el paso 12 hasta obtener 5 trozos.
- Colocar los trozos de masa sobre el plato para extender con el rodillo.
- Pasar el rodillo, recortar los trozos en discos con el molde especial y dejarlos reposar hasta cumplir 28 minutos de tiempo total de trabajo.
- Colocar cada uno de los discos de masa en la platina desenroscada.
- Apretar la masa y retirar el tapón.
- Abrir la manecilla de aire a la posición 2 para inflar la masa.
- Cuando la burbuja de masa se rompa, detener la inyección de aire
- Ingresar los datos de condiciones del laboratorio en el Alveolink e imprimir los alveogramas obtenidos.

### **3.5.2. Análisis químico proximal**

El Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia utiliza métodos de análisis establecidos por la Asociación Oficial de Químicos Agrícolas (AOAC por sus siglas en inglés). El objetivo principal de utilizar estos métodos en diferentes laboratorios es incrementar la confiabilidad de los resultados a nivel internacional.

### **3.5.2.1. Proteína cruda**

Para el análisis de proteína cruda se utiliza el método AOAC: 976,05. El método se basa en la digestión del material en ácido sulfúrico para convertir el nitrógeno de las proteínas a sulfato de amonio con la adición de sulfato de potasio. El amoniaco liberado se destila y posteriormente se cuantifica titulando con ácido clorhídrico estandarizado.

### **3.5.2.2. Fibra cruda**

Para el análisis de fibra cruda se utiliza el método AOAC: 962.09. El método se basa en cuantificar la pérdida de fibra cruda con la ignición del remanente de materia seca tras la digestión de la muestra con solución de ácido sulfúrico y de hidróxido de sodio al 1,25 %. El método es aplicable a granos, harinas, comidas completas y alimentos para animales.

### **3.5.2.3. Grasa**

Para el análisis de grasas o lípidos totales se realiza una extracción etérea, cuantificando las sustancias hidrofóbicas mediante un extracto con éter de petróleo.

### **3.5.2.4. Cenizas**

Para el análisis de fibra cruda se utiliza el método AOAC: 942.05. El método se basa en cuantificar las cenizas remanentes de una muestra tras someterla a una temperatura de 600 °C durante un periodo de 2 horas.

### **3.5.3. Aceptabilidad sensorial de la masa**

Se realizó una evaluación sensorial orientada al consumidor, utilizando una prueba hedónica de 5 puntos para determinar el grado de aceptación hacia el producto. Se obtuvo la calificación de 36 panelistas no entrenados, quienes evaluaron 4 atributos de la masa para empanadas: color, aroma, sabor y textura. La prueba se dividió en 2 partes (18 panelistas por prueba aproximadamente), para evitar la aglomeración de personas en un solo sitio. En cada una se ejecutaron los siguientes pasos:

- Horneado y preparación de las muestras de cada una de las masas propuestas, evitando la variación del proceso entre pruebas.
- Reunión de los panelistas en un salón privado, con buena iluminación, libre de aromas y ruidos.
- Explicación a los panelistas sobre cómo deben llevar a cabo la prueba y cómo deben llenar el registro de evaluación.
- Entrega a los panelistas de las muestras debidamente identificadas por una letra aleatoria, junto con utensilios para comer y un vaso con agua para limpiar los restos de comida en la boca.
- Recopilación de los registros llenados por los panelistas para la respectiva tabulación de datos.

### **3.5.4. Muestra de cálculo**

A continuación, se detallan las ecuaciones y variables que se emplearon para realizar el cálculo de los resultados, al igual que los métodos utilizados para obtenerlos directamente de los gráficos.

#### **3.5.4.1. Cálculo de la humedad de la harina**

$$h = \frac{mi-mf}{mi} * 100 \%$$

Donde:

$h$  = Porcentaje de humedad (%).

$mi$  = Masa inicial de la harina y la capsula antes del secado (g).

$mf$  = Masa final de la harina y la capsula tras el secado (g).

#### **3.5.4.2. Determinación del porcentaje de absorción de agua**

Indicada en la bureta especial para el farinógrafo, según la cantidad de agua añadida a la harina para alcanzar los 500 B.U en el farinograma.

#### **3.5.4.3. Cálculo de la estabilidad**

$$Est = Ll - D$$

Donde:

$Est$  = Estabilidad de la masa (min)

$Ll$  = Punto en que la gráfica llega a la línea de 500 B.U. (min).

$D$  = Punto en que la gráfica abandona la línea de 500 B.U. (min).

#### **3.5.4.4. Cálculo de la tenacidad**

$$P = h_{max} * 1,1$$

Donde:

$P$  = Tenacidad de la masa (mmH<sub>2</sub>O).

$h_{max}$  = Altura máxima del alveograma (mm).

#### **3.5.4.5. Determinación de la extensibilidad**

Indicada directamente en el alveograma como la distancia sobre las abscisas (en mm) desde el origen hasta el punto donde un decaimiento repentino de la pendiente indica el colapso de la burbuja de masa.

#### **3.5.4.6. Cálculo de la fuerza panadera**

$$W = 1,32 * \frac{V * A}{L}$$

Donde:

$W$  = Trabajo de deformación (10<sup>-4</sup> J).

$V$  = Volumen de aire contenido (mL).

$L$  = Extensibilidad (mm).

$A$  = Área bajo el alveograma (cm<sup>2</sup>).

### **3.5.4.7. Cálculo del índice de elasticidad**

$$IE = P_{200} * 1,1$$

Donde:

$IE$  = índice de elasticidad (mmH<sub>2</sub>O).

$P_{200}$  = Altura del alveograma a 40 milímetros del origen (mm).

### 3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los datos que se encuentran en las tablas de la VII a la XI son los datos originales, es decir, los intermediarios para la obtención de los resultados. Se presenta una secuencia lógica de la recolección y ordenamiento de los mismos.

Tabla VII. **Determinación de la humedad de las mezclas de harinas**

Mezcla de harinas (trigo:amaranto:avena)	Repetición	Masa (g)		
		Cápsula	Cápsula + harina	Cápsula + harina tras secado
100:0:0	1	6,201	11,201	10,542
	2	6,277	11,277	10,643
	3	6,261	11,261	10,617
50:25:25	1	6,278	11,278	10,804
	2	6,200	11,200	10,724
	3	6,201	11,200	10,717
60:25:15	1	6,189	11,189	10,686
	2	6,278	11,278	10,770
	3	6,200	11,200	10,699
60:15:25	1	6,187	11,187	10,650
	2	6,279	11,279	10,743
	3	6,207	11,207	10,668
70:15:15	1	6,200	11,200	10,624
	2	6,279	11,279	10,703
	3	6,189	11,189	10,614

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Contenido de humedad en las mezclas de harinas**

Mezcla de harinas (trigo:amaranto:avena)	Repetición	Humedad (%)	Media (%)	$\pm\sigma$ (%)
100:0:0	1	13,18	12,91	0,25
	2	12,68		
	3	12,88		
50:25:25	1	9,48	9,55	0,09
	2	9,52		
	3	9,66		
60:25:15	1	10,06	10,08	0,07
	2	10,16		
	3	10,02		
60:15:25	1	10,74	10,75	0,03
	2	10,72		
	3	10,78		
70:15:15	1	11,52	11,51	0,01
	2	11,52		
	3	11,50		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Datos de operación del farinógrafo**

Mezcla de harinas (trigo:amaranto:avena)	Repetición	Parámetro			
		Humedad (%)	Temperatura (°C)	Harina agregada (g)	Agua añadida (mL)
100:0:0	1	13,18	30	295,5	165,0
	2	12,68	30	297,2	165,4
	3	12,88	31	296,2	165,2
50:25:25	1	9,48	30	284,9	216,6
	2	9,52	30	284,9	216,6
	3	9,66	30	285,3	215,8
60:25:15	1	10,06	30	287,0	212,6
	2	10,16	30	287,3	212,4
	3	10,02	30	286,7	212,8
60:15:25	1	10,74	31	288,9	213,8
	2	10,72	30	288,9	218,4
	3	10,78	30	289,2	215,8
70:15:15	1	11,52	30	291,5	207,0
	2	11,52	30	291,5	207,0
	3	11,50	30	291,5	206,8

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Datos de operación del alveógrafo**

Mezcla de harinas (trigo:amaranto:avena)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Harina agregada (g)	Agua salina añadida (escala %)
100:0:0	12,91	20	250,0	12,9
50:25:25	9,55	20	250,0	9,6
60:25:15	10,08	20	250,0	10,1
60:15:25	10,75	20	250,0	10,8
70:15:15	11,51	20	250,0	11,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Ejemplo de tabla de datos para el análisis de aceptabilidad sensorial**

Masa preparada con mezcla de harinas (trigo:amaranto:avena)	Atributo			
	Color	Aroma	Sabor	Textura
100:0:0	5	5	5	5
50:25:25	4	5	5	4
60:25:15	4	4	3	4
60:15:25	4	4	4	5
70:15:15	3	3	3	2

Fuente: elaboración propia.

### **3.7. Análisis estadístico**

Además del cálculo de los resultados, el análisis estadístico contribuye al entendimiento de la variación de estos y los valores reales que pueden llegar a alcanzar. También nos proporciona visibilidad en cuanto a la confiabilidad de los resultados obtenidos.

#### **3.7.1. Diseño experimental**

El diseño del experimento presenta 5 tratamientos, correspondientes a las mezclas de harinas para la elaboración de masas diferentes, para los cuales se realizaron 3 repeticiones con cada uno. Esto dio como resultado un total de 15 unidades experimentales para cada análisis que haya permitido repetitividad.

#### **3.7.2. Medidas de tendencia central**

Las medidas de tendencia central se emplearon para determinar los valores que mejor representan a un conjunto de datos. Se definió utilizar a la media aritmética para las variables netamente cuantitativos y la moda para las variables de carácter cualitativo.

##### **3.7.2.1. Media aritmética**

La media aritmética de un conjunto de valores de una variable cualquiera se determinó como la razón entre la suma de dichos valores y la cantidad de elementos en la muestra.

### **3.7.2.2. Moda**

La moda de un conjunto de datos o valores se determinó como el valor que tuvo la mayor frecuencia, es decir, el que más veces se repitió dentro de una muestra.

### **3.7.3. Medidas de variación**

Al emplear las medidas de variación, como lo son la desviación estándar y la varianza, se obtiene un rango específico para cada variable calculada, donde la probabilidad de que esta se encuentre entre tales límites es mucho mayor. Se definen estas medidas a continuación.

#### **3.7.3.1. Desviación estándar**

La desviación estándar es la medida de la variación de un conjunto de datos o valores respecto a la media del mismo. Da una idea del sesgo de los datos alrededor de un valor central.

#### **3.7.3.2. Varianza**

La varianza es otra medida de variación y se calcula como el cuadrado de la desviación estándar.

### **3.7.4. Análisis de varianza de un factor**

Este análisis se empleó para determinar si existe variación significativa sobre una variable respuesta debido a un factor diferenciador de los grupos muestrales de datos.

Para ello se realizó el cálculo de dos tipos de variación: La variación entre grupos debido a un factor y la variación dentro de los grupos debido a dicho factor. Esto da como resultado la suma de cuadrados entre grupos (SCE), y la suma de cuadrados dentro de los grupos (SCD), respectivamente.

Posterior a ello, según los grados de libertad de cada variación calculada, se realizó una prueba para la F de Fisher, calculando un valor F con las sumas de cuadrados y comparándolo con un valor de distribución F crítico o tabulado en función del número de datos, de los grados de libertad y del nivel de confiabilidad. Si el valor obtenido para F resultaba mayor al tabulado, entonces se rechaza la hipótesis nula porque sí existe una variación significativa de los datos debido al factor.

Tabla XII. **Ejemplo de tabla de resultados del análisis de varianza de un factor**

Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	F crítico
Entre grupos				
Dentro de los grupos				

Fuente: elaboración propia.

### 3.7.5. Prueba de Tukey

Tras ejecutar el análisis de varianza, una prueba que enriquece aún más las conclusiones estadísticas sobre los datos es la prueba de Tukey. Esta consiste en agrupar las medias de las muestras en diferentes familias, y las compara entre sí, con el fin de identificar si una de estas muestras difiere significativamente de las otras. La prueba de Tukey se debe utilizar cuando el

interés principal de la investigación es saber cómo se relacionan las medias de un grupo en comparación con otro.

### **3.8. Plan de análisis de los resultados**

A continuación, se detallan los métodos y programas utilizados para el análisis estadístico de los resultados, además de la fórmula matemática de algunos estadísticos.

#### **3.8.1. Métodos y modelos para datos según tipo de variable**

Como se mencionó anteriormente, se definieron variables operativas de carácter cuantitativo, por lo que su análisis estadístico se condiciona al cálculo de medidas de tendencia central y de variación. En los siguientes numerales se muestran las ecuaciones empleadas para la determinación de estas últimas.

##### **3.8.1.1. Media aritmética**

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media o promedio del conjunto de valores.

$x_i$  = Elemento  $i$  del conjunto.

$n$  = Número de elementos a considerar.

### 3.8.1.2. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

$\sigma$  = Desviación estándar.

$\bar{x}$  = Media o promedio del conjunto de valores.

$x_i$  = Elemento  $i$  del conjunto.

$n$  = Número de elementos a considerar.

### 3.8.1.3. Varianza

$$S = \sigma^2$$

Donde:

$S$  = Varianza.

$\sigma$  = Desviación estándar.

### 3.8.2. Programas a utilizar para análisis de datos

Para la manipulación estadística de datos se empleó Microsoft Excel Professional 2016 y Minitab, por la facilidad de uso y su conveniente herramienta para análisis estadístico de datos.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Reología de las masas

Para caracterizar la reología de las masas, se presentan los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio con el farinógrafo y el aveógrafo.

Tabla XIII. **Porcentaje de absorción de agua y estabilidad de las masas formuladas**

Mezcla de harinas (trigo: amaranto:avena)	Repetición	Absorción de agua (%)	Media (%)	$\pm\sigma$ (%)	Estabilidad (min)	Media (min)	$\pm\sigma$ (min)
100:0:0	1	55,15	<b>55,07</b>	0,08	<b>5,4</b>	4,43	1,06
	2	55,00			<b>3,3</b>		
	3	55,05			<b>4,6</b>		
50:25:25	1	72,20	<b>72,28</b>	0,14	<b>1,5</b>	1,50	0,10
	2	72,20			<b>1,4</b>		
	3	72,45			<b>1,6</b>		
60:25:15	1	70,95	<b>70,87</b>	0,08	<b>1,5</b>	1,50	0,00
	2	70,80			<b>1,5</b>		
	3	70,85			<b>1,5</b>		
60:15:25	1	71,30	<b>72,02</b>	0,75	<b>1,0</b>	1,07	0,06
	2	72,80			<b>1,1</b>		
	3	71,95			<b>1,1</b>		
70:15:15	1	69,00	<b>68,98</b>	0,03	<b>1,5</b>	1,57	0,12
	2	69,00			<b>1,5</b>		
	3	68,95			<b>1,7</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Tenacidad y extensibilidad de las masas formuladas**

Mezcla de harinas (trigo: amaranto:avena)	Repetición	P (mmH <sub>2</sub> O)	Media (mmH <sub>2</sub> O)	$\pm\sigma$ (mmH <sub>2</sub> O)	L (mm)	Media (mm)	$\pm\sigma$ (mm)
100:0:0	1	61	<b>55,33</b>	5,13	68	<b>63,33</b>	4,16
	2	54			60		
	3	51			62		
50:25:25	1	70	<b>67,33</b>	3,06	10	<b>9,33</b>	0,58
	2	68			9		
	3	64			9		
60:25:15	1	50	<b>50,33</b>	3,51	12	<b>12,33</b>	1,53
	2	54			14		
	3	47			11		
60:15:25	1	96	<b>94,00</b>	8,19	9	<b>11,67</b>	2,52
	2	85			12		
	3	101			14		
70:15:15	1	84	<b>85,67</b>	2,89	14	<b>13,00</b>	2,65
	2	89			15		
	3	84			10		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Fuerza panadera e índice de elasticidad de las masas formuladas**

Mezcla de harinas (trigo: amaranto:avena)	Rep.	W (10 <sup>-4</sup> J)	Media (10 <sup>-4</sup> J)	$\pm\sigma$ (10 <sup>-4</sup> J)	IE (mmH <sub>2</sub> O)	Media (mmH <sub>2</sub> O)	$\pm\sigma$ (mmH <sub>2</sub> O)
100:0:0	1	91	<b>91,67</b>	2,08	28,8	<b>29,17</b>	0,47
	2	90			29,0		
	3	94			29,7		
50:25:25	1	29	<b>29,33</b>	2,52	-	-	-
	2	32			-		
	3	27			-		
60:25:15	1	26	<b>26,33</b>	2,52	-	-	-
	2	29			-		
	3	24			-		
60:15:25	1	54	<b>48,00</b>	6,56	-	-	-
	2	49			-		
	3	41			-		
70:15:15	1	52	<b>53,00</b>	1,73	-	-	-
	2	55			-		
	3	52			-		

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. Análisis proximal de las harinas

Para comprender la diferente composición química de las mezclas de las harinas, se presentan los resultados obtenidos mediante el análisis proximal a nivel de laboratorio.

Tabla XVI. **Composición química de las mezclas de harinas**

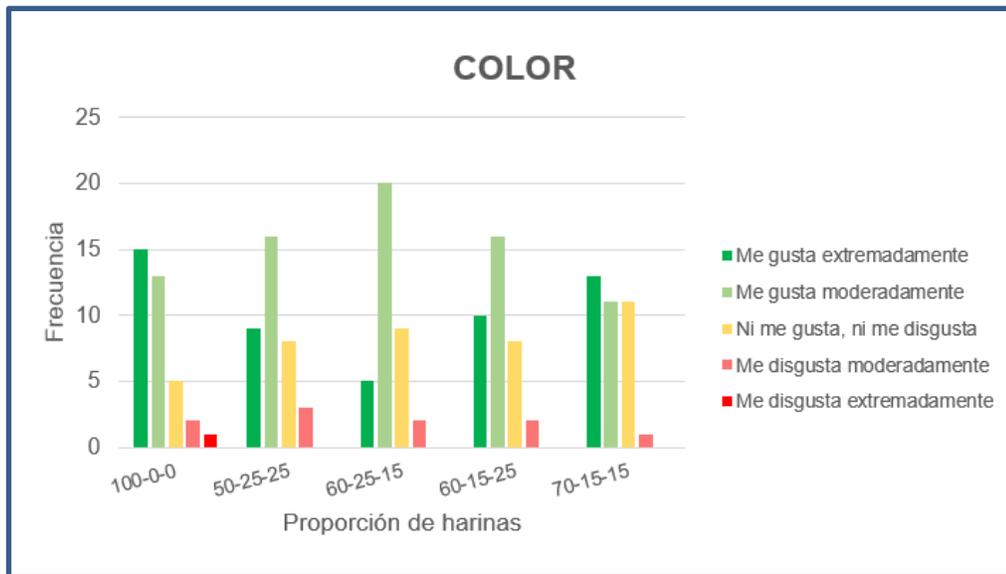
Componente en base seca	Mezcla de harinas (trigo:amaranto:avena)				
	100:0:0	50:25:25	60:25:15	60:15:25	70:15:15
Humedad (%)	11,95	9,65	10,17	10,66	10,81
Proteína cruda (%)	11,22	16,55	15,58	14,80	13,39
Fibra cruda (%)	0,76	3,66	2,09	2,50	2,04
Grasa (%)	0,98	4,22	3,94	3,83	3,08
Cenizas (%)	0,73	1,87	1,83	1,47	1,41
Extracto libre de nitrógeno (%)	86,31	73,70	76,56	77,40	80,08

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### 4.3. Aceptabilidad sensorial de las empanadas

Para dar visibilidad sobre la evaluación sensorial de los consumidores objetivo respecto a las empanadas, se presentan gráficos con las calificaciones de cada uno de sus atributos.

Figura 4. **Distribución de calificaciones para la aceptabilidad del color de las empanadas evaluadas**



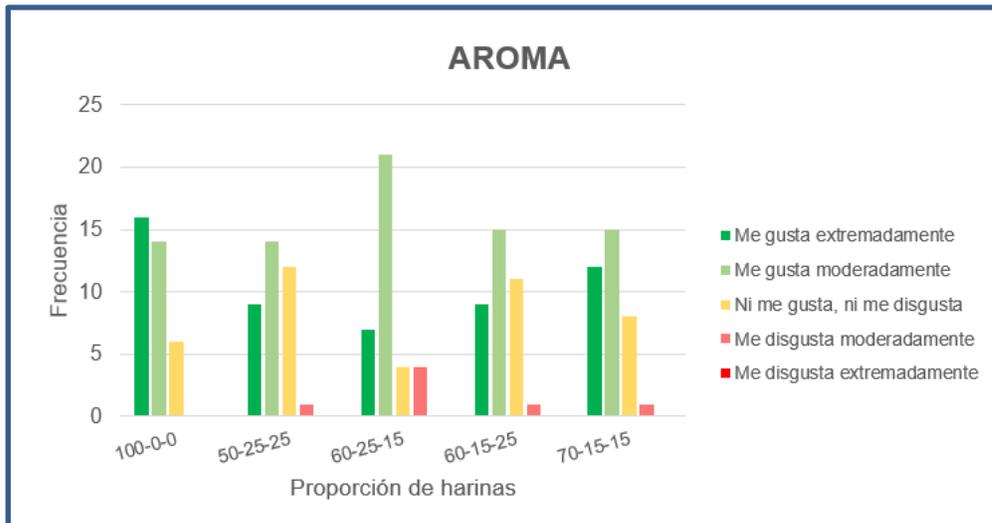
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Promedios y modas de las calificaciones para el color de las empanadas evaluadas**

Mezclas de harinas (trigo:amaranto:avena)	Promedios	Desviación estándar	Modas	Moda general
100:00:00	4,1	1,0	5	4, para la 60:25:15 con f = 20.
50:25:25	3,9	0,9	4	
60:25:15	3,8	0,8	4	
60:15:25	3,9	0,9	4	
70:15:15	4,0	0,9	5	

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Distribución de calificaciones para la aceptabilidad del aroma de las empanadas evaluadas**



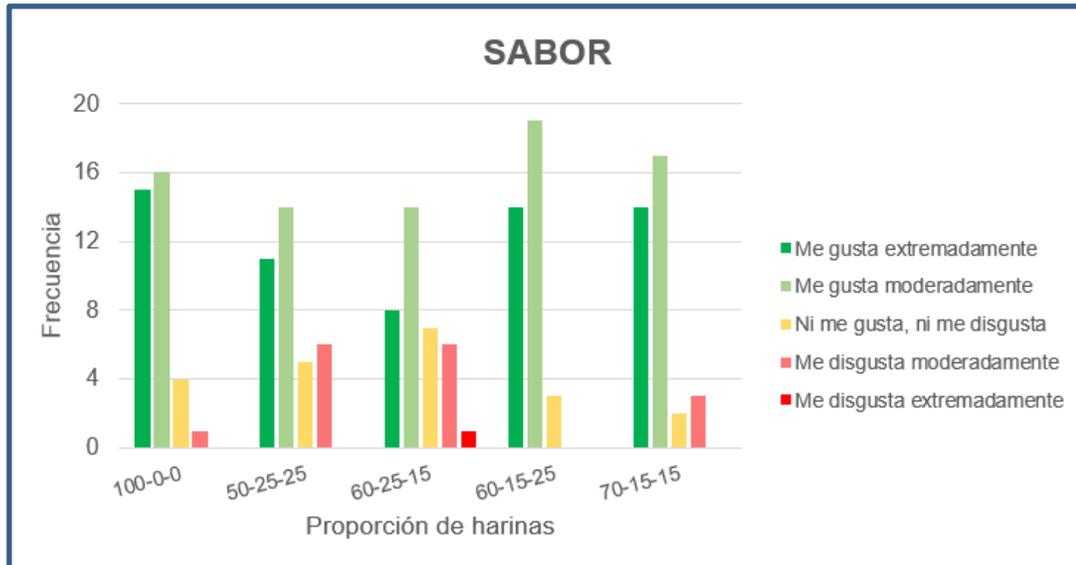
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Promedios y modas de las calificaciones para el aroma de las empanadas evaluadas**

Mezclas de harinas (trigo:amaranto:avena)	Promedios	Desviación estándar	Modas	Moda general
100:00:00	4,3	0,7	5	4, para la 60:25:15 con f = 21.
50:25:25	3,9	0,8	4	
60:25:15	3,9	0,9	4	
60:15:25	3,9	0,8	4	
70:15:15	4,1	0,8	4	

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Distribución de calificaciones para la aceptabilidad del sabor de las empanadas evaluadas**



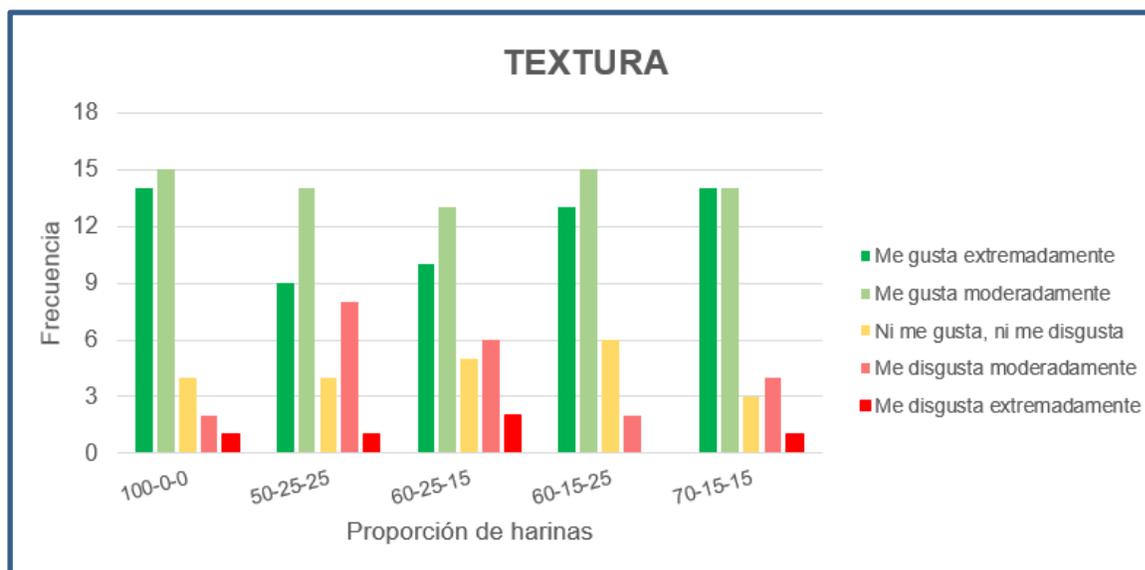
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Promedios y modas de las calificaciones para el sabor de las empanadas evaluadas**

Mezclas de harinas (trigo:amaranto:avena)	Promedios	Desviación estándar	Modas	Moda general
100:00:00	4,3	0,8	4	4, para la 60:15:25 con f = 19.
50:25:25	3,8	1,1	4	
60:25:15	3,6	1,1	4	
60:15:25	4,3	0,6	4	
70:15:15	4,2	0,9	4	

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Distribución de calificaciones para la aceptabilidad de la textura de las empanadas evaluadas**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Promedios y modas de las calificaciones para la textura de las empanadas evaluadas**

Mezclas de harinas (trigo:amaranto:avena)	Promedios	Desviación estándar	Modas	Moda general
100:00:00	4,1	1,0	4	4, para la 100:0:0 y para la 60:15:25 con f = 15.
50:25:25	3,6	1,2	4	
60:25:15	3,6	1,2	4	
60:15:25	4,1	0,9	4	
70:15:15	4,0	1,1	4	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Calificaciones promedio de todos los atributos evaluados para cada empanada**

Mezclas de harinas (trigo:amaranto:avena)	Promedio general	Desviación estándar general
100:00:00	4,17	0,88
50:25:25	3,79	0,99
60:25:15	3,72	0,99
60:15:25	4,06	0,79
70:15:15	4,06	0,92

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Calificación de características reológicas, de composición química y de aceptabilidad sensorial de las muestras estudiadas**

Característica	Proporciones de las harinas (trigo:amaranto:avena)			
	50:25:25	60:25:15	60:15:25	70:15:15
% Absorción de agua	10	8	9	7
Estabilidad	8	8	10	7
Tenacidad	9	10	7	8
Extensibilidad	8	10	9	10
% Proteína y extracto libre de nitrógeno	10	8	7	6
% Fibra cruda	10	8	9	8
% Grasa y cenizas	10	10	9	8
Aroma	9	9	9	10
Sabor	7	6	10	9
Textura	6	6	10	9
<b>TOTALES</b>	<b>87</b>	<b>83</b>	<b><u>89</u></b>	<b>82</b>

Fuente: elaboración propia.

## **5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Estudio reológico de las masas para empanadas**

La finalidad del estudio reológico de las masas para empanadas es determinar cuál composición de harinas supone un menor obstáculo durante el proceso de amasado y extendido de la masa. En los siguientes numerales se explica el por qué de los resultados obtenidos con el farinógrafo y alveógrafo, además de un análisis de estos para seleccionar la mejor combinación de harinas respecto a este ámbito.

#### **5.1.1. Resultados del farinógrafo**

El uso del farinógrafo para la construcción de farinogramas permitió determinar el porcentaje de absorción de las mezclas de harinas y la estabilidad de las masas elaboradas con ellas. Cabe mencionar que cada masa se obtuvo añadiendo únicamente una cantidad determinada de la mezcla de harinas, según su humedad (véase el apéndice 4), y agua a 30 °C. No se agregó ningún tipo de grasa vegetal o animal para estas pruebas.

En cuanto al porcentaje de absorción de agua se tomará como parámetro de comparación el valor de 55,07 %, obtenido para la muestra de 100 % trigo. Los resultados indican que todas las demás muestras tienen un porcentaje de absorción de agua mayor a este valor, debido a que tanto la harina de avena como la de amaranto tienen una humedad menor que la harina de trigo. Esto implica que, para obtener una consistencia similar a la masa formulada únicamente con trigo, es necesario agregar una mayor cantidad de agua.

A mayor volumen de agua añadida durante la prueba, mayor es el porcentaje de absorción de las harinas. La muestra que obtuvo un ligero mayor porcentaje de absorción de agua que las demás, como era de esperar, fue la de 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena, siendo este de 72,28 % en promedio. Esto indica que dicha muestra es la que obtendría un mejor rendimiento en cuanto a número de empanadas producidas por cada kg de harina consumida, por ejemplo. Es necesario señalar que para emplearla y formular una masa para empanadas con textura similar (para amasar o dar forma a las empanadas con igual esfuerzo), se debe añadir aproximadamente un 30 % más de agua que en la receta original. Esto se ve reflejado en la tabla IX, según los datos de operación del farinógrafo. Tal fenómeno se debe a que, tanto la harina de amaranto como la de avena, tienen una humedad menor que la de la harina de trigo. Por ello, es necesario añadir más agua a las mezclas de harinas estudiadas para obtener una textura similar.

Por otro lado, para analizar la estabilidad de las masas elaboradas se utilizará como parámetro de comparación el tiempo de 4,43 minutos, obtenido con la muestra de 100 % trigo. Según la tabla XIII, todas las demás muestras presentaron tiempos de estabilidad más bajos, con valores entre 1 y 1,7 minutos. El tiempo que transcurre desde el desarrollo de la masa hasta el punto de ablandamiento (llegada y abandono de la línea de 500 U.B. en el farinograma) es significativamente más corto. Esto se debe a la reducción sustancial del gluten en la masa por incluir al amaranto y la avena. La red de gluten se forma al añadir agua a la harina de trigo, su estructura está constituida por gliadina y glutenina. La gliadina se caracteriza por ser una proteína pegajosa, mientras que la glutenina es una proteína elástica y fibrosa. Ambas son clave para el aumento del volumen de una masa de trigo y la elaboración de un pan esponjoso. Con mucho menos gluten en su composición, las masas estudiadas se amasaron con menor esfuerzo porque no tienen un componente que oponga una fuerza elástica

a la deformación mecánica ejecutada por el farinógrafo. Todo esto demuestra el gran impacto que causa la inclusión de harinas sin gluten sobre la masa para empanadas y cómo debe elaborarse.

La mezcla de harinas que presentó una notable menor estabilidad a las demás fue la de 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena, con un valor promedio de 1,07 minutos. La utilización de esta y cualquier otra de las proporciones de harinas estudiadas resultaría en 2 beneficios para el proceso de amasado. Uno, que el tiempo de amasado se reduzca considerablemente; y dos, que el esfuerzo promedio aplicado durante el amasado también se disminuya.

Por lo general, en la industria panadera se espera que la estabilidad de una masa sea elevada comenta Ruiz, porque este es un indicador de la cantidad de proteína en la harina o del gluten para el caso de las harinas de trigo. Tal condición beneficia al proceso de fermentación y la acumulación de dióxido de carbono dentro de la masa antes de ser horneada para obtener un pan esponjoso lleno de cavidades. Sin embargo, como las empanadas no requieren fermentación y la intención no es que se sientan esponjosas, entonces resulta conveniente que las mezclas de harinas estudiadas generen una masa con menor estabilidad que la de la receta tradicional.

### **5.1.2. Resultados del alveógrafo**

El uso del alveógrafo para la construcción de alveogramas permitió determinar la tenacidad, extensibilidad, fuerza panadera e índice de elasticidad de las masas elaboradas con las proporciones de harinas propuestas. Cabe resaltar que cada masa se obtuvo añadiendo únicamente 300 g de la mezcla de harinas y, según su humedad, una cantidad determinada de agua salina al 2,5 % (m/v) indicada por la escala de la bureta del alveógrafo. Al igual que para la

utilización del farinógrafo, no se agregó ningún tipo de grasa vegetal o animal para estas pruebas.

El experimento con el alveógrafo resultó exitoso para medir todas las características mencionadas anteriormente, a excepción del índice de elasticidad que no pudo determinarse para las muestras con sustitución parcial de trigo. Esto debido a que el índice de elasticidad es una variable que debe leerse puntualmente en el alveograma cuando la curva alcanza los 40 mm sobre el eje de las abscisas. Como el alveograma es, en resumidas cuentas, un gráfico de presión en función del tiempo, mientras más tiempo se mantenga la burbuja de masa sin colapsar, más se extiende el gráfico sobre el eje de las abscisas.

A diferencia de las masas elaboradas con 100 % trigo, las masas que incluyen avena y amaranto reducen el efecto de la formación del gluten en ella, por lo cual estas pueden estirarse menos antes de arrancarles un trozo. Esto provocó que, al inflar las burbujas de masa con aire, estas colapsaron mucho antes de llegar a la marca de 40 mm sobre el alveograma. Por ese motivo, no fue posible determinar el valor de la presión interna de la burbuja en ese punto y no se calculó el índice de elasticidad de cada masa. Aun así, esto es un indicador de la elasticidad de las masas estudiadas y se traduce en que indiscutiblemente son mucho menos elásticas las masas con sustitución parcial de trigo porque el amaranto y la avena no contienen gluten.

Los resultados indican que, en cuanto a la tenacidad de las masas estudiadas, todas las que tienen amaranto y avena presentan valores más elevados de esta característica que la masa preparada con 100 % trigo. La tenacidad se encuentra relacionada a la presión máxima soportada por la burbuja de masa y proporciona una idea de qué tanto esta se resiste a la deformación mecánica, y cuán fácil o difícil será amasarla. Cualquiera de las proporciones de

las harinas estudiadas con sustitución parcial de trigo provocará un aumento en la tenacidad de la masa para empanadas, por lo que se requerirá aplicar un mayor esfuerzo en la parte inicial del amasado. Interesa entonces identificar la masa que haya resultado menos tenaz. La mezcla de harinas que presentó un valor de tenacidad más bajo que las demás fue la de 60 % trigo, 25 % amaranto y 15 % avena, siendo este de 50,33 mmH<sub>2</sub>O el cual no difiere significativamente con el encontrado para la masa de 100 % trigo.

Similar a lo discutido con la característica de tenacidad, la fuerza panadera también indica cuánto esfuerzo se emplea para deformar la masa, pero no sólo en su punto más elevado sino durante todo el hinchado de la burbuja. Para el caso de las masas con amaranto y avena, cómo se explicó antes, no pudo desarrollarse el alveograma adecuadamente porque las burbujas de masa colapsaban demasiado pronto. Esto llevó a concluir que los resultados de fuerza panadera para estas masas no son confiables y apenas hay área bajo la curva. Por el análisis de tenacidad anterior, se sabe que tales masas requieren mayor esfuerzo para deformarse y esto no concuerda con los valores presentados en la tabla XV.

Referente a la extensibilidad de las masas analizadas, se observa en la tabla XIV que las que incluyen amaranto y avena en su formulación resultaron con valores mucho más bajos que la masa elaborada con 100 % trigo. Esta última resultó con una extensibilidad promedio de 63,33 mm, mientras que las demás estuvieron en el rango de 9 a 13 mm. Al igual que con la característica de tenacidad de las masas, esto demuestra que la inclusión de harinas sin gluten, como las de amaranto y avena, provoca una disminución en la elasticidad de la masa, y se requiere de un mayor esfuerzo para deformarla a la vez que no puede extenderse tanto como la masa original sin dividirse en el proceso. La mejor opción de las masas para escoger y utilizar en la empresa La Empanada debería

ser la que resultara con mayor extensibilidad con el fin de facilitar la tarea de formación de las empanadas. No obstante, todas las masas resultaron similares en esta característica por lo que puede seleccionarse cualquiera de las mezclas de harinas estudiadas bajo este criterio.

## **5.2. Composición química de las mezclas de harinas**

La propuesta de la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de amaranto y avena en la receta de la masa para empanadas tiene el objetivo de mejorar su valor nutricional. Se analizará la cantidad de cada uno de los componentes determinados tras el análisis proximal de las harinas, según la tabla XVI. La columna correspondiente a la muestra de 100 % trigo servirá como referencia para comparar a las demás.

La humedad únicamente permite identificar cuál de las tres harinas utilizadas es la que tiene menor contenido de agua en su composición química. Si se considera la humedad de dos muestras con 60 % trigo, se observa que la que tiene menor humedad es la que tiene 25 % amaranto. Como era de esperarse, la harina de amaranto es la que tiene menor humedad de entre las 3 harinas utilizadas para las mezclas. Esto debido a que, para su fabricación, el proveedor tostó previamente los granos antes de ser molidos, reduciendo considerablemente su contenido de agua en comparación con la harina de trigo, que es la más húmeda de todas.

El contenido de proteína en la mezcla de harinas es uno de los aspectos más importantes de la investigación. Se observa que mientras mayor es la proporción de amaranto o de avena en la mezcla, mayor es el porcentaje de proteína. Sin embargo, analizando de nuevo las 2 muestras con 60 % trigo, se determina que la harina de amaranto tiene mayor contenido de proteína que la

de avena. Para este macronutriente, la mezcla con mejores resultados fue la de 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena, obteniendo casi un 50 % más de proteína en comparación con la de 100 % trigo. Cabe señalar que, la calidad de la proteína obtenida al combinar los cereales es mejor que si sólo se empleara trigo en la formulación, ya que existe complementación proteica al combinar la leucina del trigo, la lisina del amaranto y la metionina de la avena, que son los aminoácidos esenciales con mayor presencia en su composición. Con ello se obtiene, afirman Bressani y Rodas, una proteína con valor nutricional más elevado, que puede compararse con la que se encuentra en la leche, carne o huevos, que son alimentos reconocidos por aportar una proteína completa.

Referente al contenido de fibra cruda, al igual que se analizó para el porcentaje de proteína, los resultados indican que la mezcla de harinas con los mejores resultados fue la de 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena. Esta obtuvo un 3,66 % de fibra, y es un aproximado de 5 veces más que lo que ofrece la harina de 100 % trigo. En este caso, si se comparan los resultados de las dos harinas con 60 % trigo, puede determinarse que el componente que más favorece a la fibra del alimento es la harina de avena. Esto concuerda con la información recopilada en la tabla I, sobre los porcentajes en peso de los macronutrientes presentes en los granos estudiados.

Siguiendo con los resultados de la tabla XVI se analizará el % de grasa. Como era de esperarse, de nuevo la mezcla de 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena es la que resultó con un contenido de grasa mayor que las demás, más del cuádruple que la muestra de 100 %. A primera vista, se consideraría que la harina con mejor valor nutricional es la que tiene menor cantidad de lípidos en su composición, pero esto no es estrictamente verdadero. Al igual que existe la calidad de las proteínas, también puede hablarse calidad de lípidos. En este caso se puede tomar en consideración los ácidos grasos saturados y los ácidos grasos

insaturados, que básicamente se distinguen por tener, o no, enlaces dobles en su cadena carbonada. Los ácidos grasos presentes en la avena y en el amaranto son, en su mayoría, insaturados. Por ejemplo, el ácido oleico y el linoleico son ácidos mono y poliinsaturados, respectivamente; que además son ácidos grasos esenciales y el cuerpo no puede sintetizar por sí mismo, por lo que deben adquirirse a través de la alimentación directamente. El consumo de estos es beneficioso para proteger al sistema cardiovascular y para promover el nivel de lipoproteínas de alta densidad (colesterol “bueno”), en el cuerpo.

El contenido de cenizas en las muestras se determinó calcinando una cantidad fija de harina y midiendo la masa resultante tras este proceso. Las cenizas se consideran como el residuo inorgánico de la muestra, por lo que su proporción en el alimento es un indicador de la cantidad de minerales que puede aportar al organismo a través de su consumo. Estos minerales son el hierro, magnesio, calcio, cinc, sodio, potasio e incluso algunos fosfatos y cloruros, entre otros. El en análisis proximal hecho no es posible distinguir cantidades exactas de cada uno de ellos, pero los resultados de la tabla XVI indican una aproximación de la cantidad total de los mismos en cada una de las mezclas de harinas. De nuevo, la mezcla de harinas con mayor porcentaje de cenizas en su composición fue la de 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena, resultando con más del doble que la muestra de 100 % trigo. Esta mezcla de harinas es la que tiene un mayor valor nutricional porque los minerales desempeñan muchísimas y diversas funciones en el organismo, como mantener adecuado el nivel de líquidos corporales, participar en la comunicación del sistema nervioso y muscular, promover funciones enzimáticas, entre otros.

El último de los componentes a analizar es el extracto libre de nitrógeno, los carbohidratos del alimento. Este componente también puede incluir todas aquellas sustancias que son hidrosolubles como algunas vitaminas, pero en su

mayoría se compone de almidones y azúcares. Este se determinó por simple diferencia de los demás componentes para completar el 100 % de la masa del alimento. A diferencia de los demás nutrientes analizados, en este caso sí se debe considerar como mejor candidato a la mezcla de harinas que tenga un menor porcentaje de extracto libre de nitrógeno. Esto debido a que los carbohidratos indica Boticario son los responsables de elevar los niveles de glucosa en la sangre, y se ha mencionado que el consumo excesivo o desmedido de los mismos puede ocasionar obesidad, problemas cardiovasculares, y demás asociados.

Si se considera una vez más la tabla XVI se observa que la mezcla de harinas que cumple con esta premisa es la de 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena, reduciendo el contenido de carbohidratos de 86 % (para la muestra de trigo) a 74 %. Es preciso señalar que, además de reducir la cantidad total de carbohidratos en la harina, añadir amaranto y avena a la receta también aumenta la calidad de los mismos. Los carbohidratos pueden clasificarse en simples y complejos, según la estructura química que tengan. Los carbohidratos simples (generalmente los amiláceos) son de rápida absorción por el organismo, y se descomponen en glucosa en menos tiempo que los complejos. Por ello, es recomendable que en la dieta se consuman carbohidratos complejos, comenta Gutiérrez, para mantener los niveles de glucosa moderados y mantenerse satisfecho o sin sensaciones de hambre por un tiempo más prolongado.

### **5.3. Evaluación de aceptabilidad sensorial de las empanadas**

Para obtener una distribución de datos significativa, se trató de abarcar al público objetivo de la empresa La empanada. Este incluye a personas adultas de ambos géneros con paladar exigente y también a personas de la tercera edad, principalmente mujeres que gustan de sabores tradicionales. Se seleccionó a 36

panelistas para obtener la muestra de datos, tanto a hombres como mujeres cuyo rango de edades va desde los 21 hasta los 79 años.

Respecto al color de las empanadas evaluadas, puede observarse en la tabla XVII que la empanada que tuvo mejores resultados de aceptación fue la de 100% trigo. Sin embargo, esto no es del todo cierto porque los promedios de calificación de todas las empanadas tienen valores similares, incluyendo su desviación estándar. Si se considera la tabla XXXIII, puede determinarse que el valor de la F calculada es menor que la F crítica y esto se traduce en que las medias de todas las calificaciones de esta característica no difieren en relación a la formulación de la empanada. Otro método que confirma esta hipótesis es la prueba de Tukey.

Según la figura del apéndice 16, tras comparar todas las medias de las muestras en relación al estadístico Q (calculado por Minitab), puede asegurarse que ninguna de las empanadas sobresale de las demás respecto a la calificación de su color, ya que todas quedaron agrupadas en la familia "A" por la similitud de sus medias.

En la evaluación de esta característica únicamente se encontraron 11 calificaciones de disgusto sobre un total de 180, esto implica que el grupo de panelistas tiene, en general, buenas opiniones sobre el color de todas las empanadas.

En cuanto al aroma de las empanadas evaluadas, de nuevo la elaborada con 100 % trigo resultó con un mejor promedio de calificaciones que las demás. Esta vez con una diferencia significativa según la tabla XVII. Sin embargo, cabe destacar que la moda de las calificaciones de esta característica fue un 4 para la empanada de 60 % trigo, 25 % amaranto y 15 % avena, cuya frecuencia fue de 21 sobre un total de 36. Al igual que con el color, para el aroma solamente se contabilizaron 10 calificaciones de disgusto sobre un total de 180. Esto es un indicador de la buena opinión, en general, de los panelistas sobre el aroma de todas las empanadas preparadas.

Por otro lado, el sabor de las empanadas evaluadas presentó una distribución de calificaciones más homogénea. Esto se evidencia en el gráfico de figura 6 al observar el tamaño de las barras de frecuencia. En este caso hubo un empate respecto a la empanada mejor calificada, entre la de 100 % trigo y la de 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena, obteniendo ambas un promedio de 4,3 puntos. No obstante, la de 100 % trigo tiene una desviación estándar más alta por lo que es más certero inclinarse a escoger a la otra empanada como la de mejor aceptabilidad de esta característica. Para esta propiedad organoléptica se encontraron 20 calificaciones de disgusto sobre un total de 180, lo cual implica que el grupo de panelistas tiene, en general, buenas opiniones sobre el sabor de todas las empanadas preparadas.

Por último, se pidió a los panelistas que calificaran la textura de cada una de las 5 empanadas preparadas. En este caso también se obtuvo un valor idéntico en el promedio de las calificaciones, entre la de 100 % trigo y la de 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena. Ambas resultaron con un puntaje de 4,1, pero al igual que para la característica del sabor, puede seleccionarse una empanada con mayor aceptabilidad a través de la desviación estándar.

Nuevamente resulta más certera la calificación de la empanada con la mezcla de harinas porque tiene una desviación estándar menor que la de la receta original.

Además, puede observarse en la figura 7 que esta característica es la que más calificaciones de disgusto obtuvo, teniendo 30 opiniones por debajo de 3 puntos sobre un total de 180. El gráfico demuestra que la textura de la empanada baja su grado de satisfacción mientras mayor es la proporción de las harinas saludables. Sin embargo, los resultados no conllevan a concluir que esto pueda provocar el rechazo del alimento por parte las personas, sino que este es su atributo más débil y el que se debe mejorar.

#### **5.4. Selección de la mejor proporción de harinas para la masa de empanadas**

Para poder seleccionar a la mejor proporción de harinas con sustitución parcial de trigo, se consideraron aspectos importantes de los 3 grandes campos estudiados durante la experimentación: reología de las masas, composición química de las mezclas de harinas y aceptabilidad sensorial de las empanadas. Se evaluaron 10 aspectos asignando un puntaje de 0 a 10 a cada uno de ellos para obtener una nota máxima de 100 puntos. Como el objetivo de la investigación es reducir el uso de la harina de trigo, evidentemente no se tomará en cuenta a la muestra de 100 % trigo para las calificaciones.

Se dejaron fuera algunas características estudiadas y a continuación se dará justificación del por qué. Los resultados de fuerza panadera e índice de estabilidad del alveógrafo no son representativos ya que los alveogramas obtenidos apenas se extienden sobre el eje de las abscisas, por lo que considerarlos no sería objetivo. Respecto a la composición química no se consideró la humedad ya que esta no afecta al valor nutricional del alimento.

Se calificó la característica del porcentaje de proteína junto con el extracto libre de nitrógeno porque para las harinas estudiadas se cumple que mientras más proteína contienen, menos carbohidratos aportan. También se calificó la característica del porcentaje de grasa junto con el de cenizas porque una determinada mezcla de harinas con amaranto y avena eleva aproximadamente la misma cantidad de ambos componentes al compararse con la muestra de 100 % trigo.

Por último, se dejó fuera al atributo del color de las empanadas, esto porque si se retira la empanada de 100 % trigo de la tabla XVII, se observa que la variación de las calificaciones no es significativa, por lo que la elección de una u otra proporción de harinas no tendría un gran impacto sobre el color de las empanadas ni en el grado de satisfacción que produce en el consumidor.

Finalmente, tomando en cuenta todas las consideraciones antes mencionadas se construyó tabla XVII, véase en la sección de resultados.

Todas las empanadas obtuvieron una puntuación total que oscila entre los 80 y 90 puntos, sobre un máximo de 100. No obstante, la que obtuvo la mejor calificación general de todas fue la empanada con 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena, con 89 puntos. En cuanto a las propiedades reológicas de la masa, cada una de las formulaciones destacó en algo en particular. Para el caso de esta proporción de harinas, se observa que su característica más favorable es la estabilidad, reduciendo más que ninguna otra el tiempo de amasado.

Para el rubro de la composición química, su fuerte, es la alta proporción de fibra, grasa saludable y cenizas, porque tiene un 25 % de avena (que es la sustitución más alta), en la mezcla de harinas.

Por último, en el tema de la aceptabilidad sensorial, es donde verdaderamente la empanada con esta proporción de harinas (60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena) superó a las demás. Anteriormente se observó que, a mayor porcentaje de las harinas saludables en la formulación, peores son los resultados de calificación de las propiedades organolépticas de la empanada. Pero también, a mayor proporción de las harinas saludables, mejores son los resultados del análisis proximal y el valor nutricional del alimento.

La empanada con 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena reflejó ser una proporción que equilibra estas tendencias, sacando provecho de las harinas integrales aportando una buena cantidad de nutrientes y además manteniendo agradable la experiencia de consumo, sobre todo en cuanto a sabor y textura.

## CONCLUSIONES

1. Las características reológicas de la masa para empanadas se ven influenciadas por la proporción en peso de la harina de trigo, de amaranto y de avena.
2. Sustituir la harina de trigo por harinas de amaranto y avena en la masa para empanadas según las proporciones estudiadas, aumenta el porcentaje de absorción de agua hasta en un 25 % más y por ende, el rendimiento de la misma en referencia al número de empanadas elaboradas.
3. Se determinó que todas las masas con sustitución de la harina de trigo presentan menores estabilidades que la masa original y esto resulta en dos beneficios: que el tiempo de amasado se reduzca considerablemente y que el esfuerzo promedio aplicado durante todo el amasado también disminuya.
4. Los resultados indican que, en cuanto a la tenacidad de las masas estudiadas, todas las que tienen amaranto y avena presentan valores más elevados de tenacidad (hasta un 70 % más) que la de la elaborada únicamente con trigo, por lo que se requiere aplicar un mayor esfuerzo en la parte inicial del amasado.
5. Se determinó que, al incluir en la masa harinas sin gluten, como el amaranto y la avena, la extensibilidad de la masa para empanadas se

reduce en aproximadamente 5 veces su capacidad en comparación con la masa original, dificultando el extendido y formado de las empanadas.

6. La cantidad y calidad de nutrientes de la masa para empanadas se ve influenciada por la proporción en peso de la harina de trigo, de amaranto y de avena.
7. Utilizando la mezcla de harinas con 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena se puede alcanzar, aproximadamente, hasta un 45 % más de proteína, 250 % más de minerales, 5 veces más fibra, y 4 veces más grasas insaturadas, lo cual demuestra cómo puede elevarse el valor nutricional de la masa para empanadas.
8. Las propiedades organolépticas de las empanadas estudiadas, en general, producen un menor grado de satisfacción a medida que se incrementan las proporciones de amaranto y avena en la fórmula. Esto aplica tanto a hombres como mujeres, cuyo rango de edades va desde los 21 hasta los 79 años.
9. La característica organoléptica que más se ve perjudicada por la sustitución parcial de la harina de trigo es la textura de las empanadas.
10. De las masas con sustitución parcial de la harina de trigo, la que presentó mejores resultados en cuanto a sus características reológicas, composición química y análisis sensorial, es la que se elabora con 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis proximal a la masa para empanadas junto con los demás ingredientes de la fórmula tras el horneado, para evaluar cómo este proceso afecta a los nutrientes de las harinas.
2. No utilizar un alveógrafo para analizar muestras de harina que no formen gluten al agregárseles agua, ya que el experimento del inflado de la burbuja no podrá ejecutarse correctamente.
3. Evaluar la biodisponibilidad de la proteína obtenida al mezclar el trigo, el amaranto y la avena en la masa para empanadas.
4. Plantear diferentes proporciones de las mezclas de estas harinas para una nueva masa para empanadas, o bien, para cualquier otro alimento y realizar la experimentación correspondiente para comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.
5. Profundizar en el diseño de equipos a nivel industrial que puedan llevar a cabo el amasado y extendido de este tipo de masas con una reducción significativa de gluten en su composición.
6. Evaluar el uso de otro tipo de harinas para incluirse en productos de panificación, tal como la harina de quínoa, y ampliar las opciones del mercado saludable.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ASTIASARÁN, Iciar; MARTÍNEZ J. Alfredo. *Alimentos: composición y propiedades*. 2a ed. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U., 2000. 364 p.
2. BAÑOS, Bernadette. *Caracterización reológica de masas de harina de trigo, adicionadas con fibra soluble*. México: Trabajo de graduación de Ing. Agroindustrial. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, 2007. 69 p.
3. BOTICARIO, Consuelo; CORAL, Socorro. *Nutrición y dietética II: Aspectos clínicos*. Madrid, España: Universidad de Educación a Distancia, Facultad de Nutrición, 2002. 602 p.
4. BRESSANI, Ricardo; RODAS, Brenda. *Caracterización química y nutricional, de variedades de grano de amaranto y algunas aplicaciones*. Guatemala. Revista 16, Universidad del Valle de Guatemala, 2007. 21 p.
5. BRESSANI, Ricardo; RODAS, Brenda. *Estudios sobre la industrialización del grano de amaranto, caracterización química y nutricional de productos intermedios y finales del procesamiento*. Guatemala: Proyecto FODECYT No. 23-2002. 2006. 53 p.

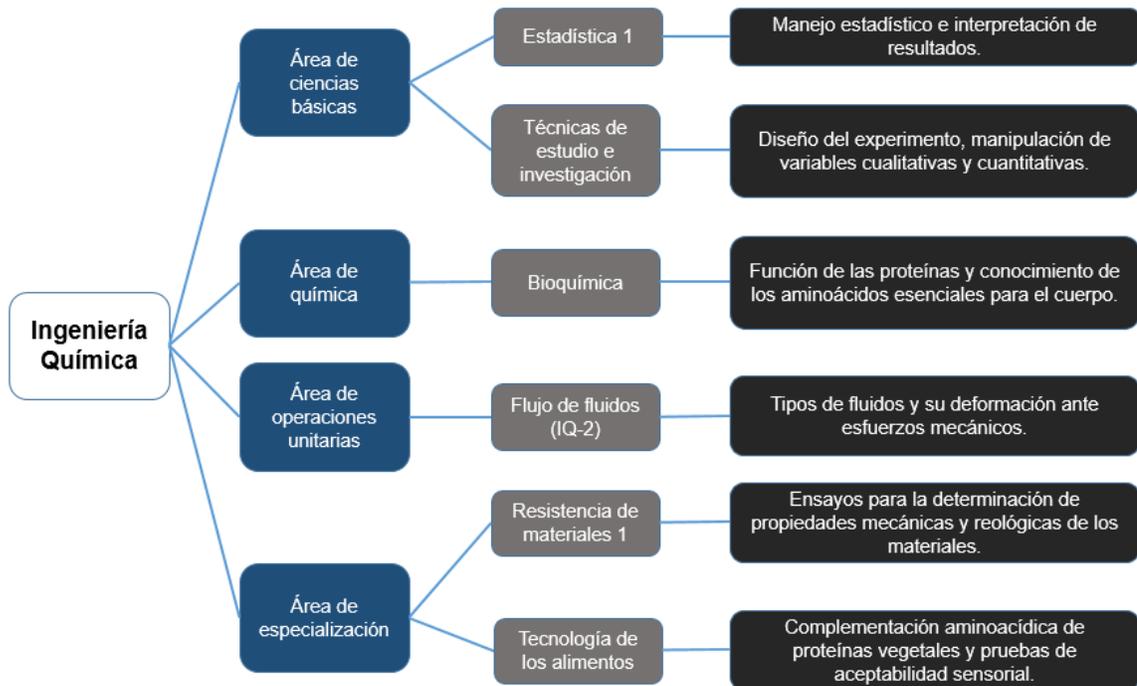
6. BRESSANI, Ricardo. *El amaranto y su potencial en la industria alimentaria*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala. Revista Alimentos Hoy. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1994. 25 p.
7. Departamento de Alimentos y Biotecnología. *Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos*. México: Universidad Nacional de México, Facultad de Química, 2008. 56 p.
8. GUTIÉRREZ, Diana L. *Evaluación del consumo de pan y de las representaciones sociales asociadas a éste en jóvenes universitarios de la Pontificia Universidad Javeriana para establecer mensajes de educación nutricional*. Bogotá, Colombia: Trabajo de grado de Nutrición y Dietética. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Facultad de Ciencias, 2014. 68 p.
9. LAUNAY, Bernadette. *Un modelo no lineal simplificado para describir las propiedades viscoelásticas de las masas de harina de trigo a altas deformaciones por cizallamiento*. Washington, Estados Unidos: American Association of Cereal Chemists. 1990. 31 p.
10. LEÓN, María E.; VILLACORTA, Misael Y. *Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado*. Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2011. 19 p.

11. MONTERO-QUINTERO, Keyla C.; et, al. *Evaluación de panes enriquecidos con amaranto para regímenes dietéticos*. Carácas, Venezuela: Interciencia, vol. 40. 2015. 7 p.
12. OCHOA, Enrique; et, al. *Evaluación de la recuperación nutricional en niños menores de cinco años con un suplemento alimenticio a base de soya, ajonjolí, amaranto y avena, en zonas rurales de Chiapas*. México: Revista de Endocrinología y Nutrición, vol. 21, 2013. 7 p.
13. OLAOYE, Olusegun; et, al. *Quality characteristics of bread produced from composite flours of wheat, plantain and soybeans*. Nigeria: Departamento de Tecnología de Alimentos. African Journal of Biotechnology, 2006. 5 p.
14. PALMA, Leslie J. *Valor nutritivo y evaluación de aceptabilidad de una galleta formulada a base de trigo, amaranto y ajonjolí en niños escolares*. Trabajo de graduación de Nutricionista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2014. 58 p.
15. RODRÍGUEZ-SANDOVAL, Eduardo; LASCANO, Alexandra; SANDOVAL, Galo. *Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas*. Ambato, Ecuador: Artículo científico. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos. 2012. 9 p.

16. RUIZ, José Carlos. *Evaluación de los efectos en los parámetros físicoquímicos de la harina de trigo, causados por la infestación de gorgojos*. Guatemala: Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2015. 143 p.
17. RUIZ, Luis E. *Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con paraíso blanco (moringa oleífera) y su respectiva evaluación nutricional*. Guatemala: Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011. 365 p.
18. TRIOLA, Mario F. *Estadística*. México: 10a ed. Pearson Educación de México. 2009. 904 p.
19. VÁSQUEZ, Francisco; et, al. *Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (chenopodium quinoa) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan*. Valencia, España: Artículo científico. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos. 2016. 12 p.
20. WATTS, Beverly Merle; et, al. *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ottawa, Canadá: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. 1992. 170 p.
21. WEHRHAHNE, Nilda Liliana. *Evaluación de parámetros de calidad molinera de avenas en Argentina*. Argentina: Trabajo de graduación de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, 2009. 95 p.

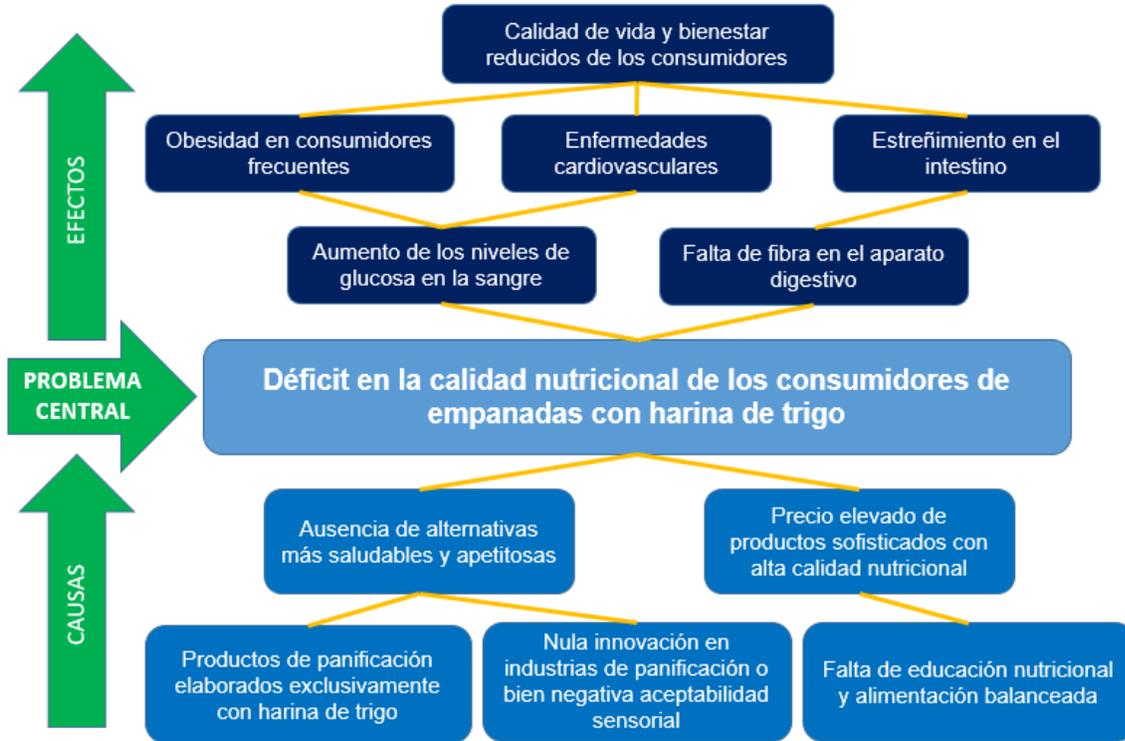
# APÉNDICES

## Apéndice 1. Mapa de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Hoja de evaluación de aceptabilidad sensorial para panelistas**

**HOJA DE EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL**

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

**Instrucciones:** Le serán proporcionadas 5 empanadas de pollo a las cuales usted debe calificar, según las opciones propuestas, el grado de satisfacción que le produce un determinado atributo del alimento. Cada una de las masas de las empanadas tiene una formulación diferente. Debe evaluar el color, el aroma, el sabor y la textura de cada una de las empanadas, marcando con una X en la casilla correspondiente.

Tabla de calificación para la empanada A:

Grado de satisfacción	Color	Aroma	Sabor	Textura
Me gusta extremadamente				
Me gusta moderadamente				
Ni me gusta, ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta extremadamente				

Tabla de calificación para la empanada B:

Grado de satisfacción	Color	Aroma	Sabor	Textura
Me gusta extremadamente				
Me gusta moderadamente				
Ni me gusta, ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta extremadamente				

Continuación del apéndice 3.

Tabla de calificación para la empanada C:

Grado de satisfacción	Color	Aroma	Sabor	Textura
Me gusta extremadamente				
Me gusta moderadamente				
Ni me gusta, ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta extremadamente				

Tabla de calificación para la empanada D:

Grado de satisfacción	Color	Aroma	Sabor	Textura
Me gusta extremadamente				
Me gusta moderadamente				
Ni me gusta, ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta extremadamente				

Tabla de calificación para la empanada E:

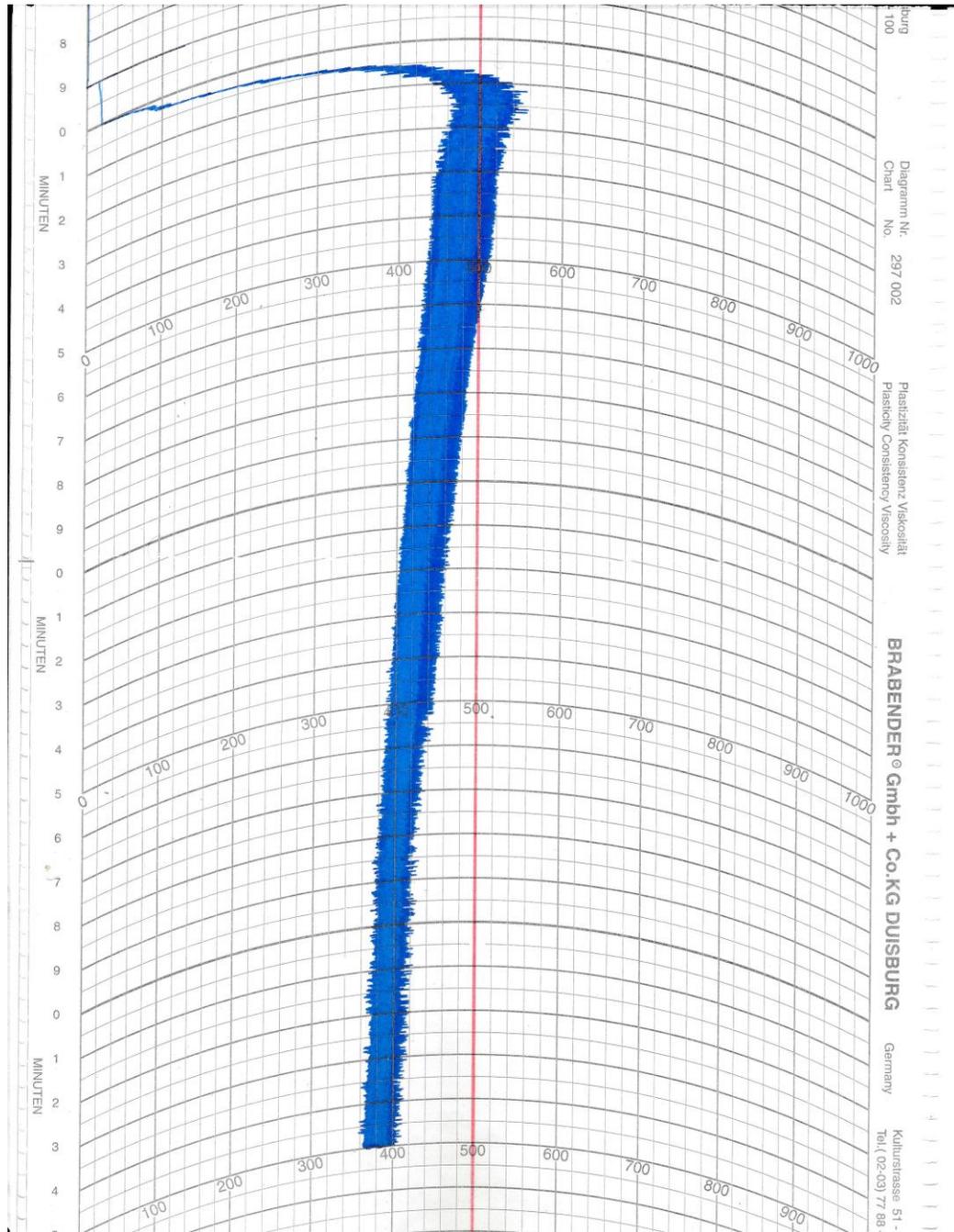
Grado de satisfacción	Color	Aroma	Sabor	Textura
Me gusta extremadamente				
Me gusta moderadamente				
Ni me gusta, ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta extremadamente				

Afirmo que he calificado los atributos de los alimentos de forma honesta según mi opinión personal.

\_\_\_\_\_  
Firma

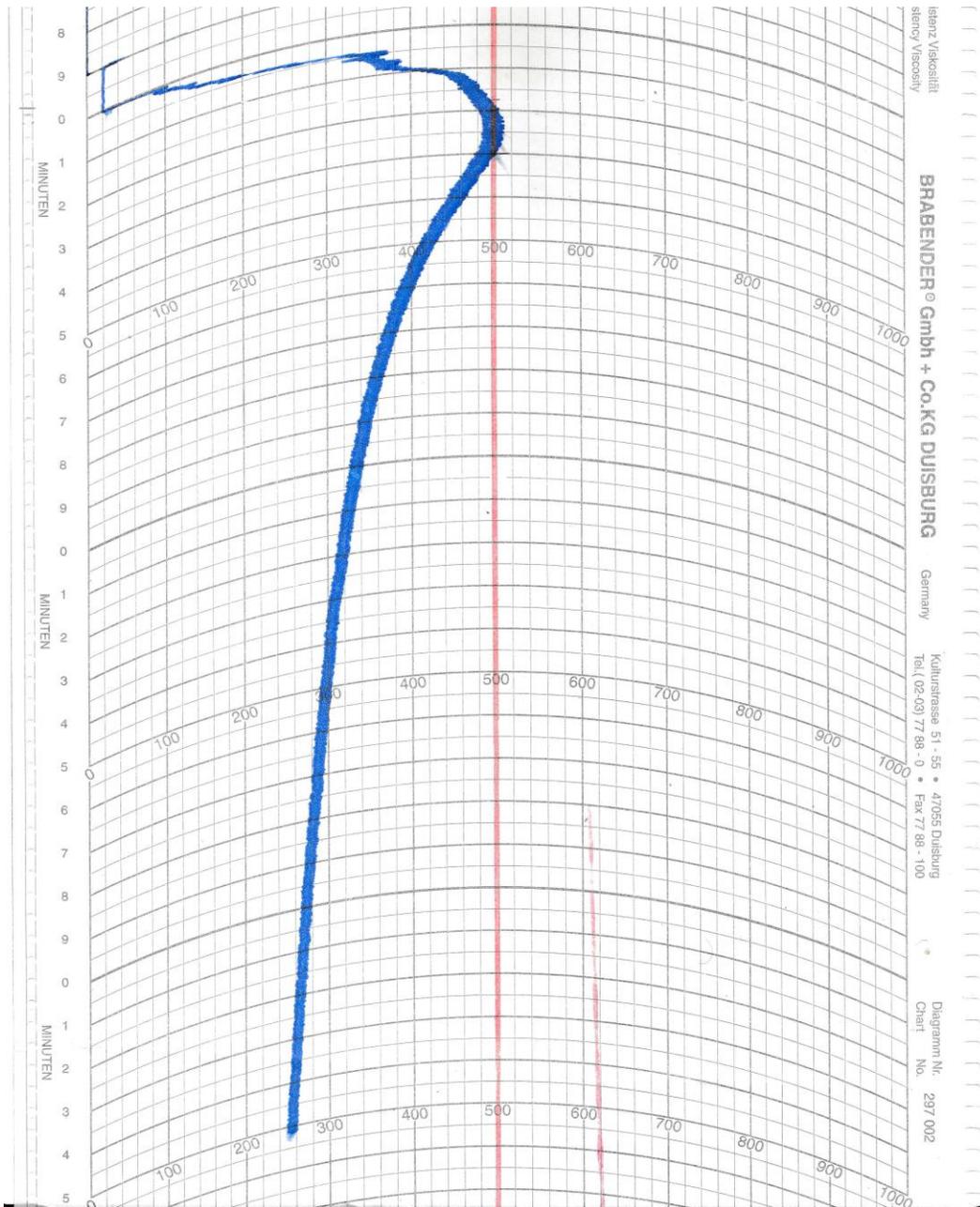
Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. Farinograma de la muestra de harina 100 % trigo



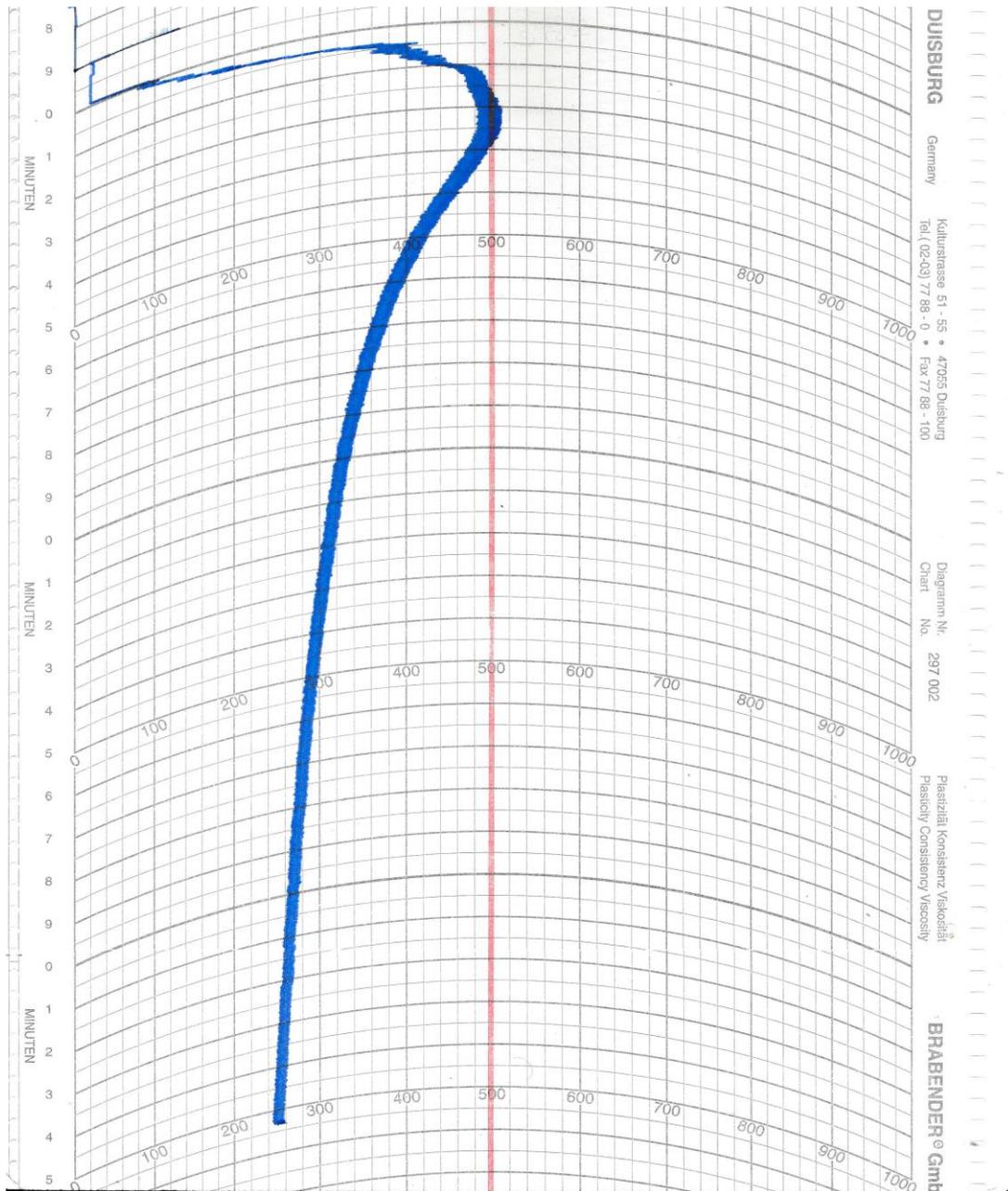
Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 5. **Farinograma de la muestra de harina 50 % trigo,  
25 % amaranto y 25 % avena**



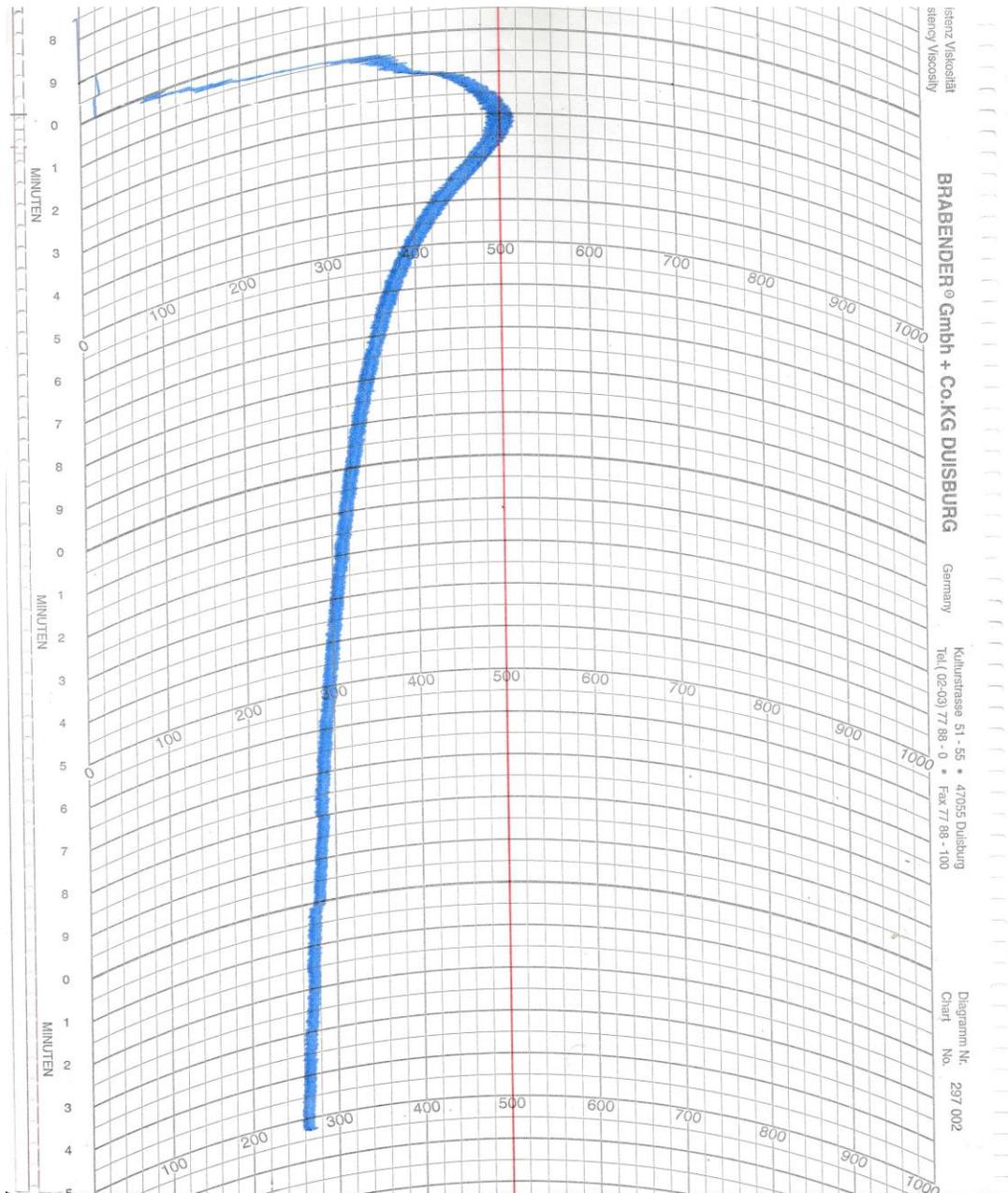
Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de control de calidad  
MOLSA, S.A Guatemala.

Apéndice 6. **Farinograma de la muestra de harina 60 % trigo,  
25 % amaranto y 15 % avena**



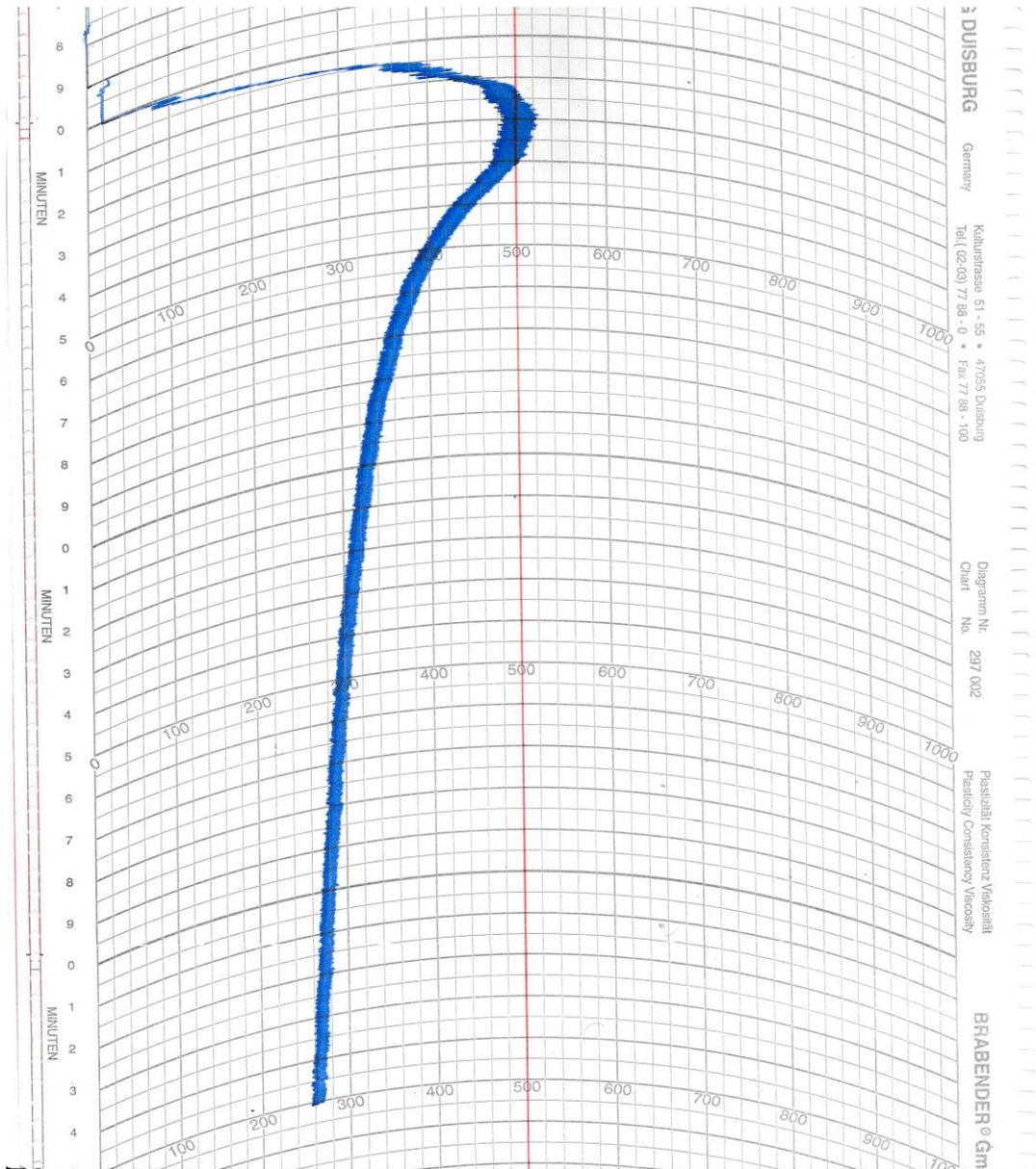
Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de  
MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 7. **Farinograma de la muestra de harina 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena**



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

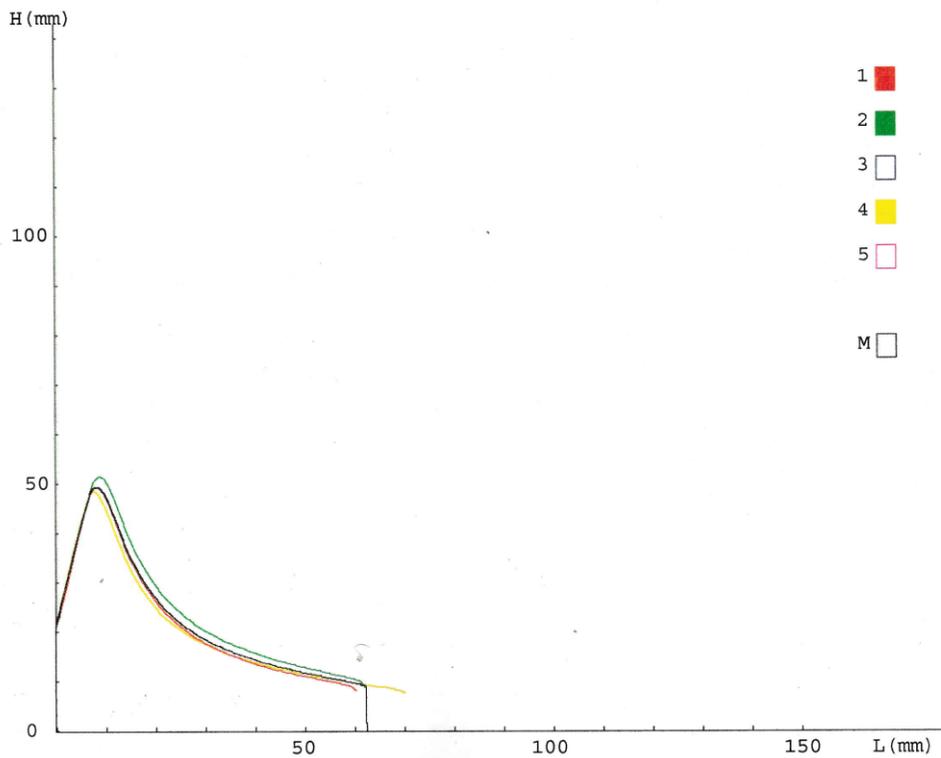
Apéndice 8. Farinograma de la muestra de harina 70 % trigo, 15 % amaranto y 15 % avena



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 9. Alveograma de la muestra de harina 100 % trigo

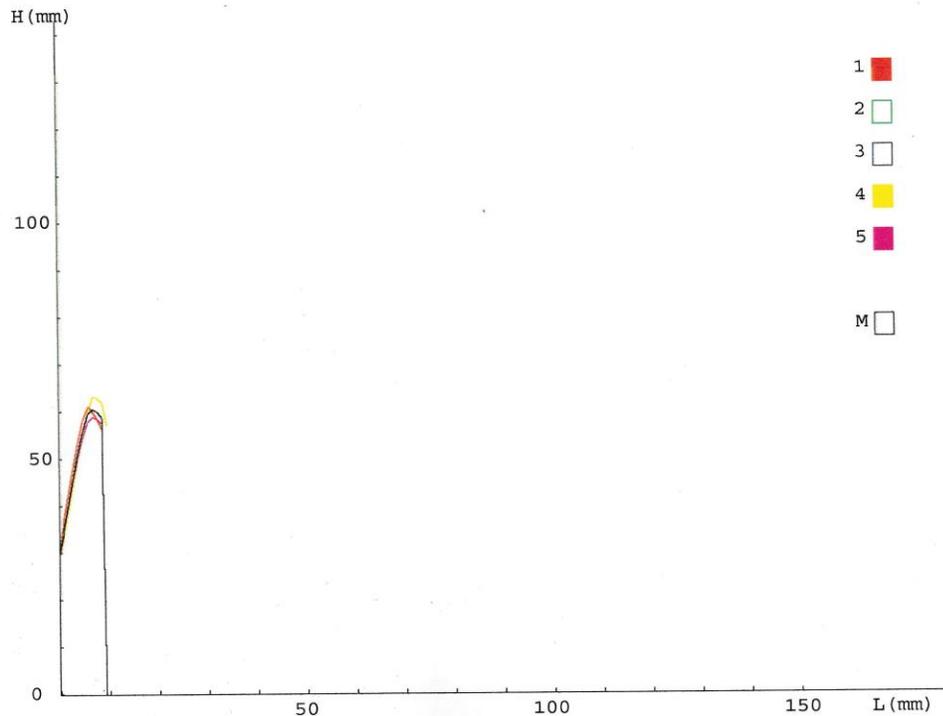
ALVEOLINK NG	ALVEO HC	CHOPIN
MOLSA GUATEMALA VILLA NUEVA CARRETERA AL PACIFICO GUATEMALA		
FECHA: 30/09/2019 HORA: 16:22		REFERENCIA MUESTRA : 100000A NOMBRE DE FICHERO : 09300001A119
<b>PARAMETROS</b> TEMP.LABO: 24.1 °C    HIGRO.LABO.: 26.0 % HARINA :                    MOLINO : HUMEDAD : 13.40 % PROTEINAS:                I.CAIDA : A.D. :                        ABSORCION: ZELENY :                    EXTRAC. : CENIZAS : GLUTEN :		<b>RESULTADOS</b> P = 55 mmH2O L = 63 mm G = 17.7 W = 92 10E-4J P/L = 0.87 Ie = 29.2 % W( 0) = 0 10E-4J
COMENTARIOS 100.0.0		V:d2.8A +5.9



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 10. **Alveograma de la muestra de harina 50 % trigo, 25 % amaranto y 25 % avena**

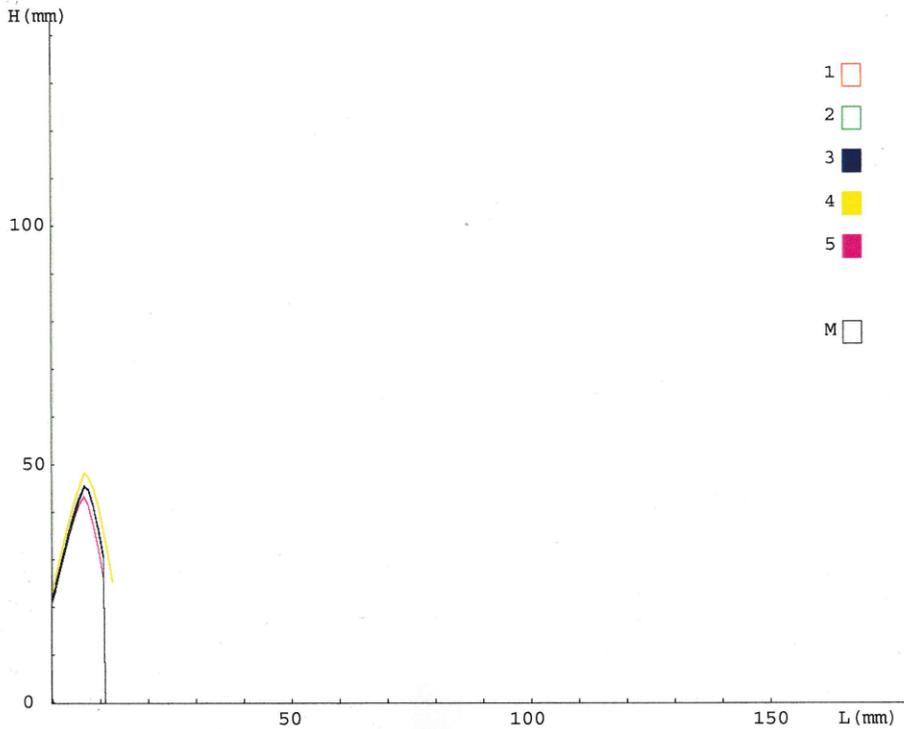
ALVEOLINK NG		ALVEO HC	CHOPIN
MOLSA GUATEMALA VILLA NUEVA CARRETERA AL PACIFICO GUATEMALA			
FECHA: 07/10/2019 HORA: 16:59		REFERENCIA MUESTRA : 502525A	NOMBRE DE FICHERO : 10070007A119
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP. LABO: 24.4 °C	HIGRO. LABO.: 30.0 %	P = 67 mmH <sub>2</sub> O	
HARINA :	MOLINO :	L = 9 mm	
HUMEDAD : 10.20 %		G = 6.7	
PROTEINAS:	I. CAIDA :	W = 29 10E-4J	
A.D. :	ABSORCION:	P/L = 7.44	
ZELNY :		Ie = 0.0 %	
CENIZAS :	EXTRAC. :	W( 0) = 0 10E-4J	
GLUTEN :			
COMENTARIOS 50.25.25		V:d2.8A +5.9	



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 11. **Alveograma de la muestra de harina 60 % trigo, 25 % amaranto y 15 % avena**

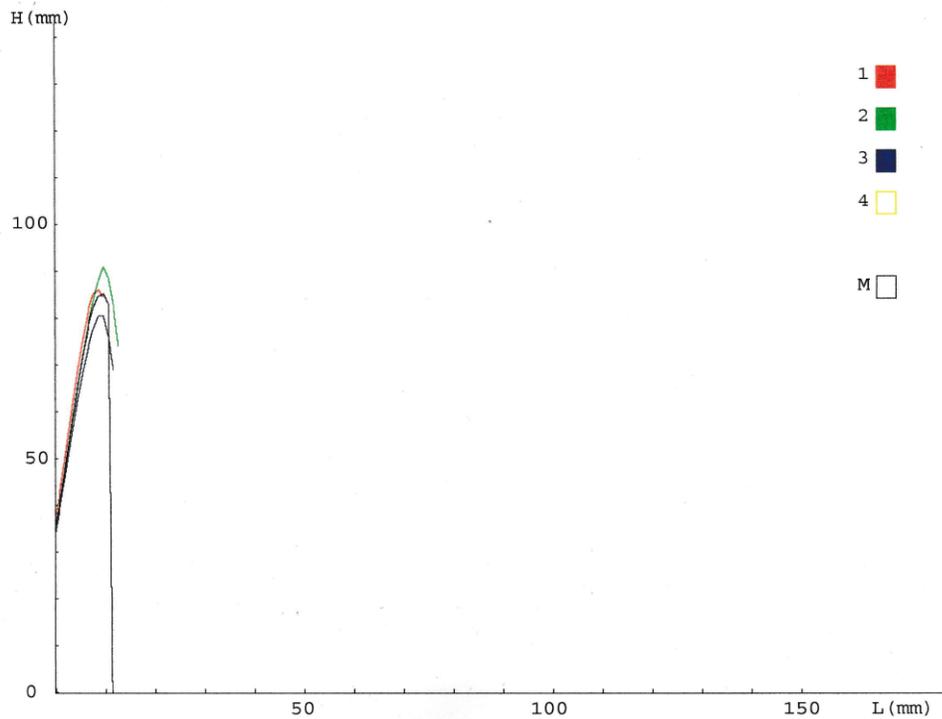
ALVEOLINK NG		ALVEO HC	CHOPIN
MOLSA GUATEMALA VILLA NUEVA CARRETERA AL PACIFICO GUATEMALA			
FECHA: 30/09/2019 HORA: 17:41		REFERENCIA MUESTRA : 602515A	NOMBRE DE FICHERO : 09300002A119
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP. LABO: 24.4 °C	HIGRO. LABO.: 26.0 %	P = 50 mmH <sub>2</sub> O	
HARINA :	MOLINO :	L = 12 mm	
HUMEDAD : 11.00 %		G = 7.7	
PROTEINAS:	I. CAIDA :	W = 26 10E-4J	
A. D. :	ABSORCION:	P/L = 4.17	
ZELENY :	EXTRAC. :	Ie = 0.0 %	
CENIZAS :		W( 0) = 0 10E-4J	
GLUTEN :			
COMENTARIOS 60.25.15		V:d2.8A +5.9	



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 12. **Alveograma de la muestra de harina 60 % trigo, 15 % amaranto y 25 % avena**

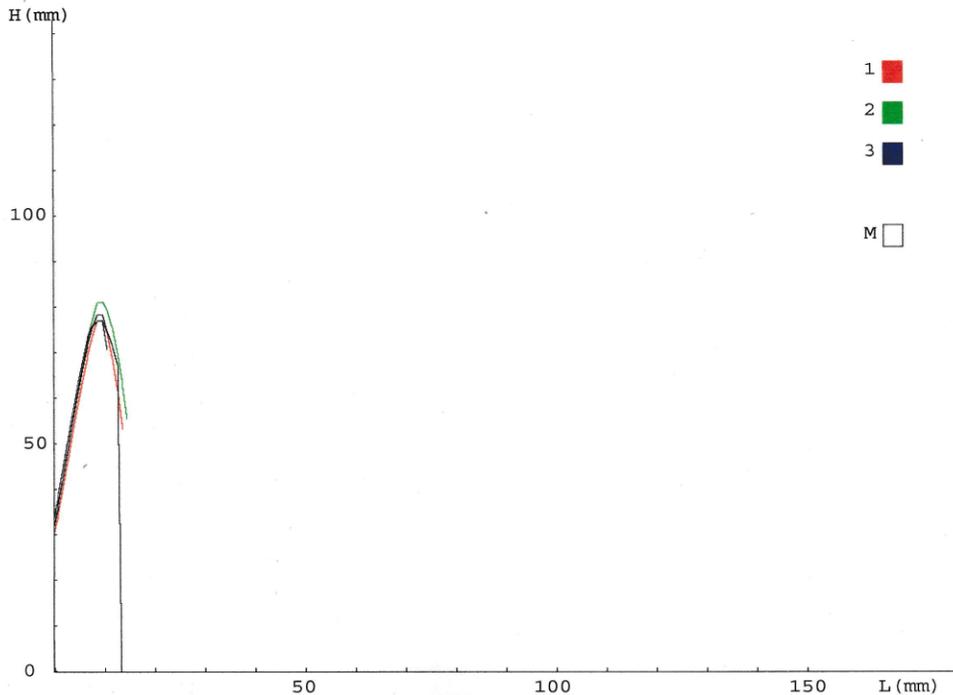
ALVEOLINK NG		ALVEO HC	CHOPIN
MOLSA GUATEMALA VILLA NUEVA CARRETERA AL PACIFICO GUATEMALA			
FECHA: 13/08/2019 HORA: 17:28		REFERENCIA MUESTRA : 601525A NOMBRE DE FICHERO : 08130004A119	
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP. LABO: 25.3 °C	HIGRO. LABO.: 21.0 %	P = 94 mmH <sub>2</sub> O	
HARINA :	MOLINO :	L = 12 mm	
HUMEDAD : 11.75 %		G = 7.7	
PROTEINAS :	I. CAIDA :	W = 48 10E-4J	
A.D. :	ABSORCION:	P/L = 7.83	
ZELNY :	EXTRAC. :	Ie = 0.0 %	
CENIZAS :		W( 0) = 0 10E-4J	
GLUTEN :			
COMENTARIOS			
60.15.25		V:d2.8A +5.9	



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 13. **Alveograma de la muestra de harina 70 % trigo, 15 % amaranto y 15 % avena**

ALVEOLINK NG		ALVEO HC		CHOPIN	
MOLSA GUATEMALA VILLA NUEVA CARRETERA AL PACIFICO GUATEMALA					
FECHA: 12/08/2019 HORA: 17:52		REFERENCIA MUESTRA : 703030A NOMBRE DE FICHERO : 08120001A119			
PARAMETROS			RESULTADOS		
TEMP.LABO:	24.2 °C	HIGRO.LABO.:	23.0 %	P	= 86 mmH2O
HARINA :		MOLINO :		L	= 13 mm
HUMEDAD :	11.50 %	I. CAIDA :		G	= 8.0
PROTEINAS:		ABSORCION:		W	= 53 10E-4J
A.D. :		EXTRAC. :		P/L	= 6.62
ZELENY :				Ie	= 0.0 %
CENIZAS :				W( 0)	= 0 10E-4J
GLUTEN :					
COMENTARIOS 70.30.30				V:d2.8A +5.9	



Fuente: elaboración propia, con base en los equipos del Laboratorio de Control de Calidad de MOLSA, S.A. Guatemala.

Apéndice 14. **Resultados de las calificaciones de la prueba hedónica**

No.	Edad	Género	Proporciones	Color	Aroma	Sabor	Textura
1	24	M	100-0-0	4	4	4	4
			50-25-25	3	4	3	3
			60-25-15	5	5	4	5
			60-15-25	5	4	5	5
			70-15-15	3	4	4	4
2	21	F	100-0-0	5	5	5	4
			50-25-25	2	5	5	2
			60-25-15	2	5	2	2
			60-15-25	4	5	5	5
			70-15-15	5	5	3	4
3	23	M	100-0-0	3	4	4	5
			50-25-25	5	4	3	2
			60-25-15	4	4	3	2
			60-15-25	3	4	4	3
			70-15-15	5	4	5	4
4	23	M	100-0-0	4	4	4	4
			50-25-25	5	4	4	5
			60-25-15	3	3	4	3
			60-15-25	4	4	4	4
			70-15-15	3	4	4	4
5	22	M	100-0-0	5	4	4	4
			50-25-25	3	3	2	2
			60-25-15	4	5	2	2
			60-15-25	4	3	4	4
			70-15-15	4	3	5	4
6	23	M	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	4	3	3	4
			60-25-15	4	4	5	5
			60-15-25	5	5	5	5
			70-15-15	4	3	5	2

Continuación del apéndice 14.

No.	Edad	Género	Proporciones	Color	Aroma	Sabor	Textura
7	27	M	100-0-0	4	5	4	5
			50-25-25	4	3	4	3
			60-25-15	4	4	4	4
			60-15-25	4	4	5	4
			70-15-15	5	4	5	4
8	23	M	100-0-0	4	5	4	4
			50-25-25	4	5	5	2
			60-25-15	3	3	4	5
			60-15-25	3	3	4	3
			70-15-15	3	4	4	5
9	24	F	100-0-0	4	4	4	4
			50-25-25	2	3	4	2
			60-25-15	5	4	2	4
			60-15-25	4	3	4	2
			70-15-15	5	5	5	5
10	24	F	100-0-0	5	4	4	3
			50-25-25	3	4	5	5
			60-25-15	4	4	3	4
			60-15-25	4	3	4	5
			70-15-15	3	3	4	5
11	30	M	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	3	4	4	4
			60-25-15	4	4	5	4
			60-15-25	3	5	4	4
			70-15-15	5	5	5	5
12	23	F	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	5	3	5	5
			60-25-15	3	4	5	4
			60-15-25	5	5	5	5
			70-15-15	3	4	5	4

Continuación del apéndice 14.

No.	Edad	Género	Proporciones	Color	Aroma	Sabor	Textura
13	42	F	100-0-0	3	3	4	3
			50-25-25	4	4	4	3
			60-25-15	4	4	5	5
			60-15-25	4	4	5	5
			70-15-15	4	5	5	5
14	41	F	100-0-0	3	3	3	3
			50-25-25	5	3	5	5
			60-25-15	4	3	4	4
			60-15-25	3	2	4	4
			70-15-15	3	2	4	4
15	69	M	100-0-0	4	3	3	2
			50-25-25	4	2	2	4
			60-25-15	3	2	2	3
			60-15-25	4	4	4	4
			70-15-15	4	3	4	4
16	39	F	100-0-0	4	4	4	4
			50-25-25	3	3	3	4
			60-25-15	3	4	3	4
			60-15-25	3	3	4	3
			70-15-15	4	4	4	4
17	63	F	100-0-0	4	5	5	5
			50-25-25	5	5	5	5
			60-25-15	4	5	5	5
			60-15-25	5	5	5	5
			70-15-15	5	5	5	5
18	48	F	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	5	5	5	5
			60-25-15	5	5	5	5
			60-15-25	5	4	5	5
			70-15-15	4	5	4	5

Continuación del apéndice 14.

No.	Edad	Género	Proporciones	Color	Aroma	Sabor	Textura
19	56	F	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	4	4	4	4
			60-25-15	4	4	4	4
			60-15-25	4	4	4	4
			70-15-15	5	5	5	5
20	28	F	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	4	4	2	4
			60-25-15	5	5	4	5
			60-15-25	4	5	4	4
			70-15-15	5	5	5	5
21	49	F	100-0-0	5	5	4	4
			50-25-25	4	3	2	3
			60-25-15	4	4	3	4
			60-15-25	4	3	3	2
			70-15-15	3	4	4	5
22	79	F	100-0-0	4	4	5	4
			50-25-25	4	4	5	4
			60-25-15	4	4	4	5
			60-15-25	4	4	4	5
			70-15-15	4	4	4	4
23	47	F	100-0-0	2	3	4	4
			50-25-25	4	4	4	4
			60-25-15	4	4	4	2
			60-15-25	5	4	5	5
			70-15-15	5	5	5	5
24	46	F	100-0-0	2	4	5	4
			50-25-25	3	5	5	5
			60-25-15	3	5	5	5
			60-15-25	3	4	4	3
			70-15-15	3	4	4	3

Continuación del apéndice 14.

No.	Edad	Género	Proporciones	Color	Aroma	Sabor	Textura
25	58	F	100-0-0	4	4	4	3
			50-25-25	4	3	4	4
			60-25-15	4	3	4	3
			60-15-25	3	3	4	3
			70-15-15	4	4	2	3
26	59	M	100-0-0	3	4	3	4
			50-25-25	4	4	4	4
			60-25-15	4	4	4	3
			60-15-25	2	3	3	3
			70-15-15	4	4	4	5
27	52	F	100-0-0	1	3	2	1
			50-25-25	3	3	4	4
			60-25-15	4	4	4	4
			60-15-25	4	3	4	4
			70-15-15	5	5	5	5
28	50	F	100-0-0	5	4	4	5
			50-25-25	4	3	4	4
			60-25-15	4	4	5	5
			60-15-25	5	5	5	4
			70-15-15	5	4	4	4
29	64	M	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	4	5	5	4
			60-25-15	4	4	3	4
			60-15-25	4	4	4	5
			70-15-15	3	3	3	2
30	60	M	100-0-0	4	3	5	4
			50-25-25	5	4	4	5
			60-25-15	4	4	4	3
			60-15-25	4	5	5	4
			70-15-15	3	4	4	3

Continuación del apéndice 14.

No.	Edad	Género	Proporciones	Color	Aroma	Sabor	Textura
31	55	F	100-0-0	4	5	3	2
			50-25-25	2	5	2	1
			60-25-15	5	4	3	1
			60-15-25	5	4	3	4
			70-15-15	5	5	4	4
32	46	F	100-0-0	4	4	4	4
			50-25-25	4	4	4	4
			60-25-15	2	2	2	2
			60-15-25	5	5	5	5
			70-15-15	4	4	4	4
33	44	F	100-0-0	5	4	4	5
			50-25-25	5	3	2	2
			60-25-15	3	2	3	2
			60-15-25	5	4	5	5
			70-15-15	3	3	2	2
34	24	F	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	4	4	3	2
			60-25-15	3	2	1	1
			60-15-25	3	3	4	4
			70-15-15	4	3	2	2
35	65	F	100-0-0	3	5	5	4
			50-25-25	3	5	4	2
			60-25-15	3	4	2	4
			60-15-25	2	3	5	4
			70-15-15	2	3	4	1
36	53	F	100-0-0	5	5	5	5
			50-25-25	5	5	5	5
			60-25-15	4	4	4	4
			60-15-25	4	4	4	4
			70-15-15	5	5	5	5

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Datos calculados para análisis estadístico de varianza**

**Análisis de varianza para el porcentaje de absorción de agua de las masas**

<b>Variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>F crítico</b>
Entre grupos	632,44	4	1 319,42	3.48
Dentro de los grupos	1,20	10		

**Análisis de varianza para la estabilidad de las masas**

<b>Variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>F crítico</b>
Entre grupos	22,44	4	24,39	3,48
Dentro de los grupos	2,30	10		

**Análisis de varianza para la tenacidad de las masas**

<b>Variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>F crítico</b>
Entre grupos	4 287,07	4	43,45	3,48
Dentro de los grupos	246,67	10		

**Análisis de varianza para la extensibilidad de las masas**

<b>Variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>F crítico</b>
Entre grupos	6 450,27	4	241,89	3,48
Dentro de los grupos	66,67	10		

Continuación del apéndice 15.

**Análisis de varianza para la fuerza panadera de las masas**

<b>Variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>F crítico</b>
Entre grupos	8 207,33	4	162,84	3,48
Dentro de los grupos	126,00	10		

**Análisis de varianza para la calificación del color de las empanadas**

<b>Variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>F crítico</b>
Entre grupos	2,03	4	0,64	2,42
Dentro de los grupos	139,17	175		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Análisis de comparación de la prueba de Tukey para la calificación del color de las empanadas**

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

Color de la Empanada

Empanada	N	Media	Agrupación
1	36	4.083	A
5	36	4.000	A
3	36	3.944	A
2	36	3.861	A
4	36	3.778	A

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 2019.



## ANEXOS

Anexo 1. **Tabla de peso de harina para procedimiento de farinógrafo de 300 gramos de harina en base a 14 % de humedad**

HMEDAD (%)	GRAMOS DE HARINA	HUMEDAD (%)	GRAMOS DE HARINA
10,0	286,68	12,7	295,53
10,1	286,98	12,8	295,86
10,2	287,31	12,9	296,22
10,3	287,64	13,0	296,55
10,4	287,94	13,1	296,88
10,5	288,27	13,2	297,24
10,6	288,60	13,3	297,57
10,7	288,93	13,4	297,93
10,8	289,23	13,5	298,26
10,9	289,56	13,6	298,62
11,0	289,89	13,7	298,95
11,1	290,22	13,8	299,31
11,2	290,55	13,9	299,64
11,3	290,88	14,0	300,00
11,4	291,21	14,1	300,36
11,5	291,54	14,2	300,90

Continuación del anexo 1.

11,6	291,87	14,3	301,00
11,7	292,20	14,4	301,41
11,8	292,53	14,5	301,74
11,9	292,86	14,6	302,10
12,0	293,19	14,7	302,46
12,1	293,52	14,8	302,82
12,2	293,85	14,9	303,18
12,3	294,18	15,0	303,54
12,4	294,51	15,1	303,90
12,5	294,87	15,2	304,26
12,6	295,20	15,3	304,59

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad MOLSA, S.A. Guatemala.

Anexo 2. Resultados del análisis proximal de las muestras de harina



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Escuela de Zootecnia  
Unidad de Alimentación Animal

FORMULARIO BROMATO 7  
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° N  
Ciudad de Guaya  
Teléfono: 241383  
E-mail: bromatic

Solicitado por:

ANDRÉ GONZALEZ

Dirección

CIUDAD GUATEMALA

No. 422

Fecha de recibida la muestra:

24-09-2019.

Fecha de realización:

DEL 30 AL 04 -10-2019.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEÍNA CRUDA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fosforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. En KOH %	A.G.L. %	TND %	
551	HARINA # 1 1000000	SECA	11.95	88.05	0.98	0.76	11.22	0.73	86.31	...	...	...	...	...	...	...	...	
		COMO ALIMENTO	...	...	0.97	0.67	9.88	0.64	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	10.17	89.83	3.83	3.66	13.39	1.47	77.65	...	...	...	...	...	...	...	...	...
552	HARINA # 2 601525	COMO ALIMENTO	...	...	3.44	3.28	12.03	1.32	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	10.66	89.34	3.94	2.50	15.68	1.83	76.15	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	3.92	2.23	13.92	1.64	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
553	HARINA # 3 602525	SECA	9.66	90.35	4.22	2.09	14.80	1.87	77.02	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	3.81	1.99	13.37	1.69	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
554	HARINA # 4 502525	COMO ALIMENTO	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Observaciones: Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 4

*José A. Morales S.*  
I. L. José A. Morales S.  
Laboratorista



*Miguel Ángel Rodenas*  
Lic. Miguel Ángel Rodenas  
Jefe Laboratorio de Bromatología

Continuación del anexo 2.



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Escuela de Zootecnia  
Unidad de Alimentación Animal

## FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° N  
Ciudad de Guat  
Teléfax: 241883  
E-mail: bromato:

Solicitado por: **ANDRÉ GONZALEZ**

Dirección

**CIUDAD GUATEMALA**

**No. 423**

Fecha de recibida la muestra:

**24-09-2019.**

Fecha de realización:

**DEL 30 AL 04 -10-2019.**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Centizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lipina %	Dig. En F.O.H %	A.G.L. %	TND %
555	HARINA # 5 793933	SECA	10.81	89.19	3.08	2.04	16.55	1.41	76.92	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	2.74	1.82	14.76	1.26	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		SECA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		COMO ALIMENTO	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 1</b>																	

OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la producción parcial a partir de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

**T. L. José A. Morales S.**  
Laboratorista

**Lic. Miguel Ángel Rodenas**  
Jefe Laboratorio de Bromatología



Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.