

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INGENIERIA**  
**DE ALIMENTOS**



**“ELABORACIÓN DE GALLETAS SALADAS CON SUSTITUCIÓN  
PARCIAL LA HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PLÁTANO  
(*Musa paradisiaca*) Y ADICIÓN DE SEMILLAS DE AJONJOLÍ  
(*Sesamum indicum*)”**

**TESIS:**

**Para Optar el Título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**LOZA ESTEBAN, Angélica**

**PROMOCIÓN 2015 - II**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2016**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156  
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail: [fia@unas.edu.pe](mailto:fia@unas.edu.pe)

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 010-2016**

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 15 de diciembre de 2016, a horas 4:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **LOZA ESTEBAN, Angelica**, titulada:

### **"ELABORACIÓN DE GALLETAS SALADAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL LA HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) Y ADICIÓN DE SEMILLAS DE AJONJOLI (*Sesamum indicum*)"**

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia la Bachiller, queda apta para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 122 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 16 de diciembre de 2016

  
.....  
Dr. Raúl E. Natividad Ferrer  
Presidente

  
.....  
Blgo. Julio Giraldo Huayta  
Miembro

  
.....  
Mg. Jorge E. Castro Gracey  
Miembro

  
.....  
Dr. Pedro P. Peláez Sánchez  
Asesor

## DEDICATORIA

A **Dios Todo poderoso**, por darme la vida, por brindarme su infinito amor y ser mi guía en cada momento de mi existencia

A mi querida Madre: ZOILA, por su apoyo, su abnegado sacrificio y sabios consejos a lo largo de mi vida y formación profesional. A ella con todo amor, cariño y mi eterno agradecimiento.

A mi Padre: JOSÉ ANTONIO, por su apoyo incondicional, esfuerzo y sus sabios consejos para la culminación de mi carrera profesional.

A mi hermana ALISON NANCY por su cariño y que nuestra unidad perdure siempre.

A mis Maestros por brindarme sus conocimientos, y enseñanzas para la culminación de mi carrera profesional.

A todos mis amigos y compañeros que de forma directa e indirecta me apoyaron en todo este tiempo, con todo cariño y gratitud de siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Alma Mater, por la oportunidad que me dio de realizar uno de mis anhelados sueños: Culminar mis estudios universitarios

A INNOVATE - PERÚ y la empresa AMDEPJ S.R.L. en forma conjunta por brindarme el apoyo económico y el incentivo necesario para la realización del presente trabajo de investigación y culminación de mi tesis.

Al Dr. Pedro Pablo Peláez Sánchez asesor del presente trabajo, por su apoyo y motivación en la elaboración y redacción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Mario Ribotty Paredes, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución del presente trabajo de investigación

Al Ing. Saulo Guerra Tapullima, por su ayuda, apoyo y orientación del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Inés Bardón Centurión, por su ayuda, apoyo y motivación en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Darlym Reátegui Díaz y al Ing. Víctor Condorí por su ayuda en la realización de los análisis del presente trabajo de investigación.

Al Bach. Mario Quispe Cusi, por su amistad y ayuda durante toda esta etapa de ejecución y redacción del presente trabajo de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Generalidades de las harinas.....	3
2.1.1. Harina de trigo.....	3
2.1.2. Harina de plátano .....	5
2.1.3. Harinas compuestas.....	6
2.1.4. Control de calidad de las Harinas.....	9
2.2. Generalidades del ajonjolí.....	10
2.2.1. Origen.....	10
2.2.2. Definición.....	10
2.2.3. Composición química .....	11
2.3. Generalidades de las galletas .....	11
2.3.1. Clasificación .....	12
2.3.2. Proceso de elaboración.....	12
2.3.3. Control de calidad de galletas .....	14
2.4. Evaluación Sensorial.....	14

2.4.1. Definición.....	14
2.4.2. Clasificación .....	15
2.5. Alimentos funcionales .....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Lugar de ejecución .....	17
3.2. Materia Prima e Insumos .....	17
3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso.....	18
3.3.1.Materiales de vidrio .....	18
3.3.2.Equipos de laboratorio y/o proceso .....	18
3.3.3.Reactivos y Soluciones .....	19
3.4. Métodos de análisis .....	19
3.4.1. Determinación química de las harinas de trigo, harina de plátano y mezcla seleccionada.....	19
3.4.2. Selección de las tres mejores formulaciones y análisis farinografico de las mezclas seleccionadas .....	19
3.4.3. Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH) para seleccionar una galleta final con sustitución de harina de plátano y ajonjolí.....	20
3.4.4. Caracterización química proximal y evaluación de la estabilidad en almacenamiento durante tres meses de la galleta seleccionada final.....	20
3.5. Metodología experimental.....	21

3.5.1. Proceso de elaboración de galletas .....	21
3.5.2. Caracterización de las harinas y las mezclas seleccionadas ...	27
3.5.3. Análisis químico proximal de la galleta seleccionada y la galleta testigo.....	27
3.5.4. Análisis de estabilidad de la galleta seleccionada durante el almacenamiento .....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	40
4.1. Caracterización química de las harinas de plátano, trigo y mezcla seleccionada. ....	40
4.2. Selección de tres formulaciones de galletas con mejores características sensoriales y caracterización farinografica de las mezclas de las harinas.....	43
4.2.1. Evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de plátano.....	43
4.2.2. Evaluación sensorial de galletas con tres porcentajes de ajonjolí.....	45
4.2.3. Análisis farinografico de las harinas y mezclas seleccionadas.	49
4.3. Determinación de la Capacidad antioxidante (DPPH) de las galletas seleccionadas con harina de plátano y ajonjolí y seleccionar una final.....	57
4.4. Caracterización química y evaluación de la estabilidad de la galleta seleccionada, durante tres meses de almacenamiento.....	60

4.4.1. Caracterización Químico Proximal de la galleta seleccionada .	60
4.4.2. Evaluación sensorial de la galleta seleccionada en almacenamiento durante 3 meses.....	65
4.4.3. Determinación de la estabilidad de la galleta en almacenamiento durante 3 meses.....	70
V. CONCLUSIONES .....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	78
VII. ABSTRACT.....	79
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	80
IX. ANEXOS.....	90

## INDICE DE CUADROS

### Página

<b>Cuadro 1.</b> Composición química de la harina de plátano .....	4
<b>Cuadro 2.</b> Composición centesimal de la harina de plátano, expresada en materia seca (g/100 g.b.s) .....	6
<b>Cuadro 3.</b> Tipos de alimentos con harinas compuestas.....	8
<b>Cuadro 4.</b> Formulaciones de galletas saladas con variación en porcentaje de harina de plátano (%).....	25
<b>Cuadro 5.</b> Formulaciones de galletas saladas con variación en porcentaje de harina de plátano y ajonjolí (%).....	26
<b>Cuadro 6.</b> Preparación de las concentraciones de trabajo para el radical DPPH en galleta salada con diferentes porcentajes de harina de plátano.....	34
<b>Cuadro 7.</b> Parámetros obtenidos del análisis de las harinas.....	40
<b>Cuadro 8.</b> Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial de harina de plátano. ....	45
<b>Cuadro 9.</b> Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial de ajonjolí.....	47

<b>Cuadro 10.</b> Parámetros obtenidos del análisis Farinografico .....	51
<b>Cuadro 11.</b> Resultados del IC50 del radical DPPH en galletas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de plátano. ....	58
<b>Cuadro 12.</b> Resultados del análisis químico proximal de las galletas .....	60
<b>Cuadro 13.</b> Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial de harina de plátano y ajonjolí en almacenamiento. ....	65
<b>Cuadro 14.</b> Resultados de los parámetros de evaluación de la estabilidad de almacenamiento durante 3 meses. ....	70

## INDICE DE FIGURAS

### Página

<b>Figura 1.</b> Flujograma de elaboración de galletas.....	23
<b>Figura 2.</b> Flujo para la cuantificación de azúcares reductores. ....	30
<b>Figura 3.</b> Flujograma para la evaluación de capacidad antioxidante frente al radical DPPH.....	33
<b>Figura 4.</b> Diseño experimental para evaluar la estabilidad de la galleta seleccionada durante su almacenamiento por 3 meses. ....	35
<b>Figura 5.</b> Diseño experimental para seleccionar las tres mejores formulaciones de las galletas con agregado de harina de plátano.....	37
<b>Figura 6.</b> Diseño experimental para seleccionar la mejor formulación de galleta con agregado de ajonjolí. ....	38
<b>Figura 7.</b> Diseño experimental para evaluar la estabilidad de la galleta seleccionada durante el almacenamiento. ....	39
<b>Figura 8.</b> Resultado de humedad, proteína y ceniza en las harinas analizadas.....	41

<b>Figura 9.</b> Perfil sensorial para cada atributo según tratamiento de galletas sustituidas con harina de plátano.....	46
<b>Figura 10.</b> Perfil sensorial para cada atributo según tratamiento de galletas sustituidas con harina de plátano y ajonjolí.....	49
<b>Figura 11.</b> Resultado de absorción de agua en las harinas .....	53
<b>Figura 12.</b> Resultado del tiempo de desarrollo (min) en las harinas.....	54
<b>Figura 13.</b> Resultado del tiempo de desarrollo (min) en las harinas.....	56
<b>Figura 14.</b> Resultado del grado de ablandamiento (U.F) en las harinas .....	57
<b>Figura 15.</b> Comportamiento de DPPH IC50 (mg/mL) en galletas sustituidas con harina de plátano y ajonjolí .....	59
<b>Figura 16.</b> Resultado de porcentaje de humedad para galleta testigo y la galleta seleccionada.....	61
<b>Figura 17.</b> Resultado de porcentaje de ceniza para la galleta testigo y galleta seleccionada. ....	62
<b>Figura 18.</b> Resultado de porcentaje de grasa para galleta testigo y galleta seleccionada. ....	62
<b>Figura 19.</b> Resultado de porcentaje de proteína para galleta testigo y galleta seleccionada. ....	63
<b>Figura 20.</b> Resultado de porcentaje de carbohidratos para galleta testigo y galleta seleccionada.....	64

<b>Figura 21.</b> Resultado de porcentaje de fibra cruda para galleta testigo y galleta seleccionada .....	64
<b>Figura 22.</b> Perfil sensorial para cada atributo según tratamiento de galletas sustituidas con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento .....	68
<b>Figura 23.</b> Comportamiento de pH en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento .....	71
<b>Figura 24.</b> Comportamiento de la humedad en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento .....	72
<b>Figura 25.</b> Comportamiento de azúcares reductores en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento .....	73
<b>Figura 26.</b> Comportamiento de DPPHIC50 (mg/mL) en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento .....	74

## RESUMEN

La presente investigación consistió en elaborar galletas con sustitución parcial de harina de trigo (HT) por harina de plátano (HP) y adición de semillas de ajonjolí (SA). Se realizaron análisis de proteína, humedad y ceniza de las harinas y de una mezcla seleccionada. La mezcla presentó mayor contenido de proteína (10,2%) y humedad (14,40) que la HP, pero inferior a HT. Se determinaron los atributos sensoriales de las galletas formuladas. Los resultados fueron evaluados con un DCA y para los análisis sensoriales se utilizó Kruskal Wallis. Se seleccionaron galletas con 10, 15 y 20% de HP y 8% de semillas de ajonjolí y se realizaron los análisis farinográficos de las harinas y la capacidad antioxidante ( $IC_{50}$ ) de las galletas. Las harinas 10, 15 y 20% HP, presentaron valores similares de absorción de agua ( $\leq 60,00\%$ ) y diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) para el tiempo de desarrollo, estabilidad en masa y grado de ablandamiento. Galletas con 20% HP y 8% SA (GS) presentó un  $IC_{50} = 17,52 \pm 0,25$  mg/mL, humedad, proteína, grasa, fibra bruta, ceniza e hidratos de carbono de 1,88, 10,65, 22,01, 1,01, 1,54 y 62,91%, respectivamente. Los primeros dos meses las galletas seleccionadas no presentaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en olor, color, sabor y crocantes, al tercer mes disminuyó la aceptabilidad de la crocantes y el sabor. A los noventa días de almacenamiento se presentó disminución de  $IC_{50}$  ( $29,07 \pm 0,92$  mg/mL), azúcares reductores ( $1,20 \pm 0,02$ ) y pH ( $5,24 \pm 0,01$ ) y un incremento de la humedad ( $3,83 \pm 0,03$ ).

**Palabras claves:** Harina de plátano, ajonjolí, galletas, sustitución de harinas.

## I. INTRODUCCION

Las galletas que se comercializan actualmente son consumidas por niños y adultos. Generalmente, están formuladas con ingredientes que solo brindan nutrientes energéticos, como los carbohidratos y en muchos casos con grasas saturadas que afectan el sistema cardiovascular. Se considera al elaborar galletas saladas sustituyendo la harina de trigo por el de plátano y adicionando semillas de ajonjolí; permitirán la obtención de galletas con propiedades funcionales, debido a que el almidón de plátano es resistente a la digestión y como la harina de plátano posee efectos fisiológicos beneficiosos, que actúa en forma de fibra y proporciona mejores respuestas glucémicas e insulinémica.

Por otra parte, al ajonjolí, se conoce que posee efecto reductor de colesterol, así como su capacidad antioxidante que protegen las células frente a la acción de los radicales libres, motivo por el cual es de interés, investigar si mantiene su capacidad antioxidante en el producto horneado, para ello se plantaron los siguientes objetivos:

- Caracterizar químicamente las harinas de trigo, harina de plátano y mezcla seleccionada.

- Seleccionar y elaborar tres formulaciones de galletas con mejores características sensoriales y caracterizar farinográficamente las mezclas de harinas.
- Determinar la capacidad antioxidante (DPPH) de las galletas seleccionadas con harina de plátano y ajonjolí.
- Caracterizar químicamente y evaluar la estabilidad de la galleta seleccionada durante tres meses de almacenamiento.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades de las harinas

#### 2.1.1. Harina de trigo

Es el cereal más importante, constituye la fuente principal de la harina panificable en todo el mundo, debido a la presencia en ella de sustancias proteicas y amiláceas. Se cultivan muchos tipos de trigo, pero en la alimentación se utilizan dos tipos: *Triticum vulgare* y *triticum durum*, el primero se utiliza para obtener pan y en pastelería; y el segundo para la fabricación de fideos y similares (BERNAL, 1994).

PATZI (2007) indica que se denomina harina de trigo al producto preparado de granos de trigo mediante procedimientos de trituración o molienda en los que se elimina gran parte de salvado y germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína-gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente, esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada (KIRA *et al.*, 1996)

### 2.1.1.1. Composición química de la harina de trigo

Según PATZI (2007) la composición químico proximal de la harina de trigo es la que se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Composición química de la harina de plátano

Composición	Cantidad (%)
Agua	11-14
Proteínas	9-11
Carbohidratos	74-76
Lípidos	1-2
Minerales	1-2

Fuente: PATZI (2007)

### 2.1.1.2. Clasificación de las harinas de trigo

Según Patzi (2007), las harinas de trigo se clasifican en:

- Harina Integral o de Graham: es una harina oscura que se obtiene de la molienda del grano de trigo con todas sus envolturas celulósicas, obtenida por la molienda integral de máximo 95% del peso total del cereal limpio, Según el grado de molienda se admiten 3 tipos: grueso, mediano y fino y esta harina puede utilizarse sola.
- Harina de primera, es la harina más blanca y más libre de salvado.
- Harina de segunda, es de calidad inferior, su color debe ser más o menos amarillento, pudiendo presentar puntuaciones amarillentas muy pequeñas provenientes de la pulverización de la cáscara.

- Harina de tercera, es la resta de las harinas obtenidas de la molienda de trigo después de la separación de las harinas de primera y de segunda, su color puede ser amarillenta más o menos oscuro, pero no azulado o gris y las puntuaciones que se observen deberán proceder de los fragmentos envoltorios.
- Harina mixta, constituida por la mezcla de la harina de trigo con otras harinas.
- Harina de gluten, se extrae industrialmente del grano de trigo, está compuesta por gluten seco y se emplea como mejorador para enriquecer una harina pobre en gluten.
- Harina enriquecida, aquella que ha sido añadida de vitaminas, sales minerales y otras sustancias de valor biológico específico.

### **2.1.2. Harina de plátano**

OVANDO (2008) menciona que la harina de plátano verde es un polvo fino, similar al aspecto del almidón aislado de este mismo fruto; sin embargo, esta se oscurece con el paso del tiempo, quizás se deba probablemente a los compuestos fenólicos aún presentes en la harina.

Se entiende por el producto obtenido de la desecación y pulverización de los frutos pelados de diversas especies de plátano (en especial de *musa paradisiaca*). Su color debe ser ligeramente grisáceo de sabor ácido, astringente y no debe aglutinarse (PATZI, 2007).

Según PELISSARI *et al.*,(2010), la composición química de la harina de plátano es la que muestra en el siguiente cuadro 2.

**Cuadro 2.** Composición centesimal de la harina de plátano, expresada en materia seca (g/100 g.b.s)

Composición centesimal	Harina de plátano
Humedad <sup>a</sup>	8,00 ± 0,02
Cenizas	1,92 ± 0,10
Proteínas	3,16 ± 0,10
Lípidos	0,56 ± 0,03
Almidón	83,15 ± 0,20

<sup>a</sup>Expresada en base húmeda. Fuente PELISSARI *et al.* (2010).

La composición química del plátano se caracteriza por la presencia de almidones y escasez de acidez, esto lo hace un producto extremadamente sensible al oxígeno al igual que al calor. El almidón es un factor importante para la salud humana, la fracción denominada almidón resistente no degradada por las enzimas digestivas del hombre, investigaciones muestran que este almidón disminuye el índice glicémico (PATZI, 2007)

### 2.1.3. Harinas compuestas

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo. La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, se refiere a las mezclas

elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas y galletas (ELÍAS, 1996).

DENDY y DOBRASZCYK (2001) mencionan que las harinas compuestas se pueden considerar en primer lugar como mezclas de harina de trigo y de harinas procedentes de otros cereales para la elaboración de productos horneados, tanto fermentados como no fermentados y de pastas. En segundo lugar, se pueden considerar como mezclas de harinas, no enteramente de trigo, o de otros productos para utilizarlos como sustitutos de las harinas en la elaboración de los distintos productos tanto tradicionales como de más reciente desarrollo.

Las harinas compuestas además de reducir o eliminar el uso de trigo o de otra materia prima, también cumplen otro objetivo importante; el cual consiste en cambiar las características nutritivas del producto como, el enriquecimiento con proteínas, vitaminas y minerales.

#### **2.1.3.1. Tipos de harinas compuestas.**

Como se puede observar en el cuadro 4, las harinas también pueden prepararse a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo (ELIAS, 1996)

**Cuadro 3.** Tipos de alimentos con harinas compuestas

Alimentos	Harina Compuesta
Pan, pastas, galletas	Harina de trigo + otras (cereales, raíces y tubérculos).
	Harina de trigo + otras harinas + proteína suplementaria.
	Harina de trigo + proteína suplementaria.
	Raíces o tubérculos + proteína suplementaria
Alimentos populares a base de otros cereales	Harina de maíz, arroz, avena + proteína suplementaria
	Harina de leguminosas y otras
Sustitutos de leche, extensores de alimentos de origen animal.	Combinación de harinas de cereales, leguminosas, oleaginosas y otras

Fuente: ELÍAS (1996).

Según estas bases se distinguen dos tipos de harinas compuestas:

- Harina compuesta con harina de trigo, en la cual la harina de trigo se sustituye por otras harinas hasta en 40%, y puede contener otros componentes. La adición de una proteína suplementaria es opcional y las condiciones generales de procesamiento y el producto final obtenido son comparables a productos preparados a base de solo trigo.
- Harinas compuestas que no tiene trigo, están hechas de harina de tubérculos y una proteína suplementaria, generalmente harina de soya, en la proporción

de 4 a 1, estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquellas preparadas a base de trigo.

#### **2.1.4. Control de calidad de las Harinas**

Para medir la calidad panadera de la harina se utiliza el farinógrafo, que mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia. El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables.

El farinógrafo produce una curva que reproduce en forma visual el conjunto de características de calidad de la harina. Los índices que normalmente se determinan con el análisis farinográfico son: absorción de agua, desarrollo de la masa, estabilidad y grado de ablandamiento (PANTANELLI, 2006).

- La absorción del agua, representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia de 500 unidades farinográficas en el amasado. Se encuentra directamente relacionada con la cantidad de pan que puede ser producida por kilo de harina, y depende de la cantidad y calidad de gluten, y la dureza de endosperma. Los trigos duros generalmente tienen un endosperma vidrioso que requiere mayor energía en la molienda y el mayor trabajo de molienda daña los gránulos de almidón, aumentando la capacidad de absorción de agua.

- El desarrollo de la masa o el período de desarrollo, es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia. En una harina fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que este hecho esté en relación con la alta calidad del gluten o también con la velocidad de absorción de agua por parte de la misma.
- La estabilidad, es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia y se mide por el tiempo que la curva se encuentra por encima de 500 unidades farinográficas.
- La caída, debilitamiento de la masa o grado de ablandamiento, representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos.

## **2.2. Generalidades del ajonjolí**

### **2.2.1. Origen**

El ajonjolí, es el fruto desecado de una planta oleaginosa, proviene de los países del Oriente Medio, la India y África y se extendió por América con la llegada de los esclavos africanos, que utilizaban sus semillas para espesar y dar sabor a gran variedad de platos (DIEZGRANADOS, 2011)

### **2.2.2. Definición**

Es una planta de climas cálidos y secos, sus semillas contienen hasta un 50% de aceite, 20% de proteína y 10% de carbohidratos. Otros usos de

menor escala se dan en la preparación de antioxidantes, cosméticos y medicinas, empleo directo en panaderías, pastelerías. (DIONISIO, 2008).

### **2.2.3. Composición química**

La semilla del ajonjolí posee una cantidad elevada de proteínas (20 % de su peso), encontrándose en ellas unos 15 aminoácidos (MAZZANI, 1995). En su contenido de aminoácidos se destaca la metionina, además contiene aminoácidos no esenciales (DIEZGRANADOS, 2011).

De su contenido lipídico el 80 % pertenece a las grasas poliinsaturadas fundamentalmente ácido linoleico y en menor cantidad alfa-linolénico (omega 6 y 3) respectivamente, que han sido muy valorados por sus beneficios que impiden la acumulación de coágulos en la sangre responsables de muchas enfermedades cardiovasculares. La presencia de estos ácidos grasos esenciales hace posible que por su consumo ocurra la regulación de los niveles de colesterol en sangre (RUJINSKY, 2007)

### **2.3. Generalidades de las galletas**

Las galletas son productos de consistencia más o menos dura y crocante, de forma variable, obtenidas por el cocimiento de masa preparada con harina y otros ingredientes permitidos debidamente autorizados (INDECOPI,1992).

Estos productos son muy bien aceptados por la población, tanto infantil como adulta, siendo, consumidos preferentemente entre las comidas, pero muchas veces también reemplazando la comida habitual de media tarde.

Su composición química declarada hace suponer que este producto constituiría una buena fuente calórica para el hombre y en especial para el niño (ZUCCARELLI *et al*, 1984)

### 2.3.1. Clasificación

Según INDECOPI (1992), las galletas se clasifican:

- **Por su Sabor:**

Saladas, dulces y de sabores especiales.

- **Por su presentación:**

**Simples:** Cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior luego del cocido.

**Rellenas:** Cuando entre las galletas se coloca un relleno apropiado.

**Revestidas:** Cuando exteriormente presentan un revestimiento o baño apropiado (ZUCCARELLI *et al*, 1984).

- **Por su forma de Comercialización:**

**Galletas envasadas:** Son las que se comercializan en paquetes sellados de pequeña cantidad.

**Galletas a granel:** Son las que se comercializan generalmente en cajas de cartón, hojalata o tecnopor.

### 2.3.2. Proceso de elaboración

Existen 3 métodos básicos empleados en la elaboración de galletas cremado, “mezcla en uno” y amasado.

- **El cremado (creaming up):**

Los ingredientes son mezclados con la grasa a fin de obtener una crema, prosiguiéndose con la adición de harina, pudiendo realizarse esta en dos o tres etapas. El de dos etapas consiste en mezclar todos los ingredientes incluyendo el agua (a menudo como agente emulsificante) con excepción de la harina y el agente químico durante 4 a 10 minutos de acuerdo al tipo y velocidad del mezclador, posteriormente se añade el bicarbonato de sodio y harina continuando con el mezclado hasta adquirir una consistencia deseada.

En el caso de tres etapas, se mezcla la grasa azúcar, jarabe, líquido (leche o agua), etc. Hasta obtener una crema suave, agregándose el emulsificador y mayor cantidad de agua, posteriormente se añade la sal, saborizante, colorante, el resto de agua mezclándose seguidamente con el propósito de mantener la crema y finalmente la harina, los agentes químicos y los otros ingredientes (ZUCCARELLI *et al*, 1984).

- **El mezclado “Todo en uno”**

Todos los ingredientes son mezclados en una sola etapa incluyendo el agua; parte del agua se utiliza para disolver los agentes químicos, saborizantes, colorantes, prosiguiéndose con el mezclado hasta obtener una masa satisfactoria (DUNCAN, 1983)

- **El método del amasado:**

Consta de dos etapas: primero, la grasa, azúcar, jarabes, harinas y ácidos son mezclados hasta obtener una crema corta. Luego se añade agua (y/o leche) conteniendo los agentes alcalinos, sal, etc. Mezclándose hasta alcanzar

una masa homogénea. En la primera etapa, la harina es cubierta con la crema para actuar como una barrera contra el agua, formando el gluten con la proteína (MENESES, 1994)

### **2.3.3. Control de calidad de galletas**

INDECOPI (1992), especifica los siguientes requisitos a considerarse en la fabricación de galletas:

- Deberán fabricarse a partir de materias sanas y limpias, exentas de impurezas de toda especie y en perfecto estado de conservación.
- Sera permitido el uso de colorantes naturales y artificiales, conforme a la norma técnica 22-01-003 aditivos alimentarios.
- Requisitos Fisicoquímicos: Deberá presentar los siguientes valores, los que se indican como cantidades máximas permisibles.
  - Humedad 12%
  - Cenizas totales 3%
  - Índice de Peróxido 5 mg/Kg
  - Acidez (expresado en ácido láctico) 0,10%

## **2.4. Evaluación Sensorial**

### **2.4.1. Definición**

La evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos (vista, gusto, olfato, oído y tacto) hacia ciertas características de un alimento o material. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o

reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos (WATTS *et al.*, 1989).

## 2.4.2. Clasificación

Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios se conocen como “pruebas orientadas al consumidor”. Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales se conocen como “pruebas orientadas al producto”. (Watts *et al.*, 1989).

### 2.4.2.1. Pruebas Orientadas al consumidor

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen pruebas de preferencia, aceptabilidad y hedónicas.

- **Pruebas de Aceptabilidad.** - Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores.
- **Pruebas Hedónicas.** - Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada.

-

## 2.5. Alimentos funcionales

Debido a que los alimentos funcionales representan un concepto más que un conjunto bien definido de productos alimenticios, en 1999 en el Documento de Consejo de la Unión Europea referido a la Acción concertada sobre Ciencia de los alimentos Funcionales en Europa (FUFOSE) se propuso la siguiente definición:

“Un alimento puede considerarse funcional si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de tal modo que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedades, o ambas cosas. Los alimentos funcionales deben seguir siendo alimentos, y se deben demostrar sus efectos en las cantidades en que normalmente se consumen en la dieta. No se trata de comprimidos ni capsulas, sino de alimentos que forman parte de un régimen normal”.

Según HERNÁNDEZ (2006), un alimento funcional puede ser:

- Un alimento natural en el que uno de sus componentes ha sido mejorado mediante condiciones especiales de cultivo.
- Un alimento al que se ha añadido un componente para que produzca beneficios, por ejemplo, bacterias prebióticas seleccionadas, que tienen efectos benéficos sobre la salud intestinal.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, situada en Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, con una temperatura entre 17 °C y 32 °C, con 82 % de HR anual, se trabajó en los laboratorios: CIDBAM, de harinas y sucedáneos, análisis de Alimentos, laboratorio de calidad y análisis sensorial y las pruebas de procesamiento se realizó en la planta de procesamiento de la empresa AMDEPJ S.R.L.

#### **3.2. Materia Prima e Insumos**

La harina de trigo utilizada fue de la marca Nicolini, la harina de plátano (*Musa paradisiaca*) fue de la marca Ñañito de la variedad “Palillo” o también llamada “Guayabo”, el ajonjolí (*Sesamum indicum*) fue comprada de un proveedor reconocido.

Se utilizó la manteca tropical Manpan, leche en polvo marca Anchor, Sal de la marca EMSAL, agua potable, esencia de mantequilla Fratello , polvo de hornear Fleshisman y Bakels (propionato de calcio y agente antipelmazante).

### **3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso**

#### **3.3.1. Materiales de vidrio**

Se utilizaron balones de vidrio, cap. 250 mL; pipetas, cap. 1, 25, 50 mL; vasos de precipitación, cap. 50, 100, 250, 500, 4000 mL; fioles de 10, 50, 100, 150, 500 mL; campanas de desecación; probetas, cap. 50, 100 y 500 mL; mortero y pilón; papel filtro N° 40 marca Watman ; termómetro de 0 – 100 °C; capsula magnética; crisoles de porcelana; pinzas metálicas; placas Petri; embudos de vidrio; tubos de ensayo, gradillas, micropipetas de 10 -100 µL , 100-500 µL y 200 – 1000 µL; tips de 200 y 1000 µL; tubos de plástico de 15 y 50 mL, cubetas de poliestireno (1x 1 x 4,5 cm)

#### **3.3.2. Equipos de laboratorio y/o proceso**

Se utilizó Balanza analítica digital, capacidad de 210 g, marca H.W.Kessel S.A. con 1mg de sensibilidad; balanza granulométrica, capacidad de 600 g, marca Ohaus; Farinografo modelo dough LAB 2500; Espectrofotómetro. Modelo Genesys 10S UV-UVIS (Thermo); Centrifuga modelo MIKRO 22R (Hettich); Estufa eléctrica horno panificador, capacidad de 18 latas marca NOVA MAX 1000; desecador marca Fisher Scientific; mufla marca CIMATEC SAC. Para temperatura regulable de 0 a 1200°C; equipo de digestor de proteínas semimicro Kjeldal modelo Buchi k-438 marca CIMATEC SAC.; equipo de destilación de proteínas semimicro Kjeldahl, modelo BUCHI k-350 marca CIMATEC SAC.; equipo extractor Soxhlet marca Gerhardt; equipo de

reflujo para determinación de fibra cruda modelo 30001, 30002 marca LABCONCO.; estufa de aire a  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ ; Vortex

### **3.3.3. Reactivos y Soluciones**

Se emplearon el 2,2-diphenyl-1-picrihydrazyl (DPPH), Trolox, Hidróxido de sodio 0,1 N, Fenolftaleína, Ácido sulfúrico, Ácido oxálico al 1,6%, Hexano, Éter etílico, Sulfato de cobre, Sulfato de potasio, Ácido bórico, Soda cáustica al 50 %, Ácido clorhídrico 0,1 N, Indicador rojo de metilo, tartrato de sodio y potasio, Glucosa, 3,5-dinitrosalicilato (DNS), Fenol, Metabisulfito de sodio.

## **3.4. Métodos de análisis**

### **3.4.1. Determinación química de las harinas de trigo, harina de plátano y mezcla seleccionada.**

- Determinación de humedad, método No 930.04 (AOAC ,2008)
- Determinación de proteínas, método No 930.07 (AOAC ,2008)
- Determinación de ceniza, método No 930.05 (AOAC ,2008)

### **3.4.2. Selección de las tres mejores formulaciones y análisis farinografico de las mezclas seleccionadas**

- Para la selección de las mejores formulaciones de las galletas elaboradas, se realizó la evaluación sensorial de los

atributos color, olor, sabor y crocantes con escala hedónica estructurada de nueve puntos, como lo menciona (ANZALDÚA-MORALES, 1994 - UREÑA, *et. al.* 1999). El diseño estadístico utilizado fue DCA y la prueba estadística de Kruskal-Wallis

- Método Farinográfico IRAM 15855 (2000)

### **3.4.3. Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH) para seleccionar una galleta final con sustitución de harina de plátano y ajonjolí**

- Capacidad antioxidante, Radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Se realizó por el método, descrito por (BRAND-WILLIAMS *et al.*,1995)

### **3.4.4. Caracterización química proximal y evaluación de la estabilidad en almacenamiento durante tres meses de la galleta seleccionada final**

- Determinación de humedad, método No 930.04 (AOAC ,2008)
- Determinación de proteínas, método No 930.07 (AOAC ,2008)
- Determinación de grasas totales, método No 930.09 (AOAC ,2008)
- Determinación de ceniza, método No 930.05 (AOAC ,2008)
- Determinación de fibra, método No 930.06 (AOAC ,2008)

- Determinación de carbohidratos Se determinó por diferencia.  $\% \text{carbohidratos} = 100\% - (\% \text{humedad} + \% \text{cenizas} + \% \text{proteínas} + \% \text{grasas})$
- Determinación de pH, método No 930.08 (A.O.A.C. ,2008)
- Cuantificación de azúcares reductores (MILLER, 1959; GUSAKOV, 2011).
- Capacidad antioxidante, Radical 2,2-diphenyl-1-1-picrylhydrazyl (DPPH) Se realizó por el método, descrito por (BRAND-WILLIAMS *et al.*,1995)

### 3.5. Metodología experimental

#### 3.5.1. Proceso de elaboración de galletas

##### - **Ingredientes e Insumos**

Harina de trigo, harina de plátano, Ajonjolí, Manteca, chuño, polvo de hornear, leche en polvo, propionato de calcio, azúcar, sal.

##### - **Preparación**

El proceso de elaboración de las galletas saladas fue realizado en base a la formulación descrita y las etapas que indica la Figura 1, se describen a continuación:

**Dosificado:** En esta operación se pesan los ingredientes e insumos a utilizarse según la formulación de galletas.

**Cremado:** En esta operación se utiliza la batidora industrial, se agrega la manteca, el azúcar y los demás ingredientes secos, menos las harinas de trigo y plátano, por último, se agrega el agua. Este proceso

dura entre 3 minutos. La mezcla obtenida debe ser uniforme y no debe presentar grumos.

**Mezclado y amasado:** Estas operaciones se llevan a cabo en la mezcladora/amasadora que tiene por objeto lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes, se agrega a la amasadora y mezcladora la mezcla del cremado y se agrega la harina de trigo y plátano según cada formulación (Cuadro 4) y el ajonjolí para las distintas formulaciones (Cuadro 5). Se procede a mezclar y amasar por un tiempo de 7 minutos hasta obtener una masa granulosa y casi seca; para agregarlo a la máquina galletera.

**Moldeado:** En esta operación se pesó la masa y se agregó a la máquina galletera, que realizará el proceso de laminado, moldeado hasta sacar las galletas en sus formas comerciales para luego ser puestas en las latas.

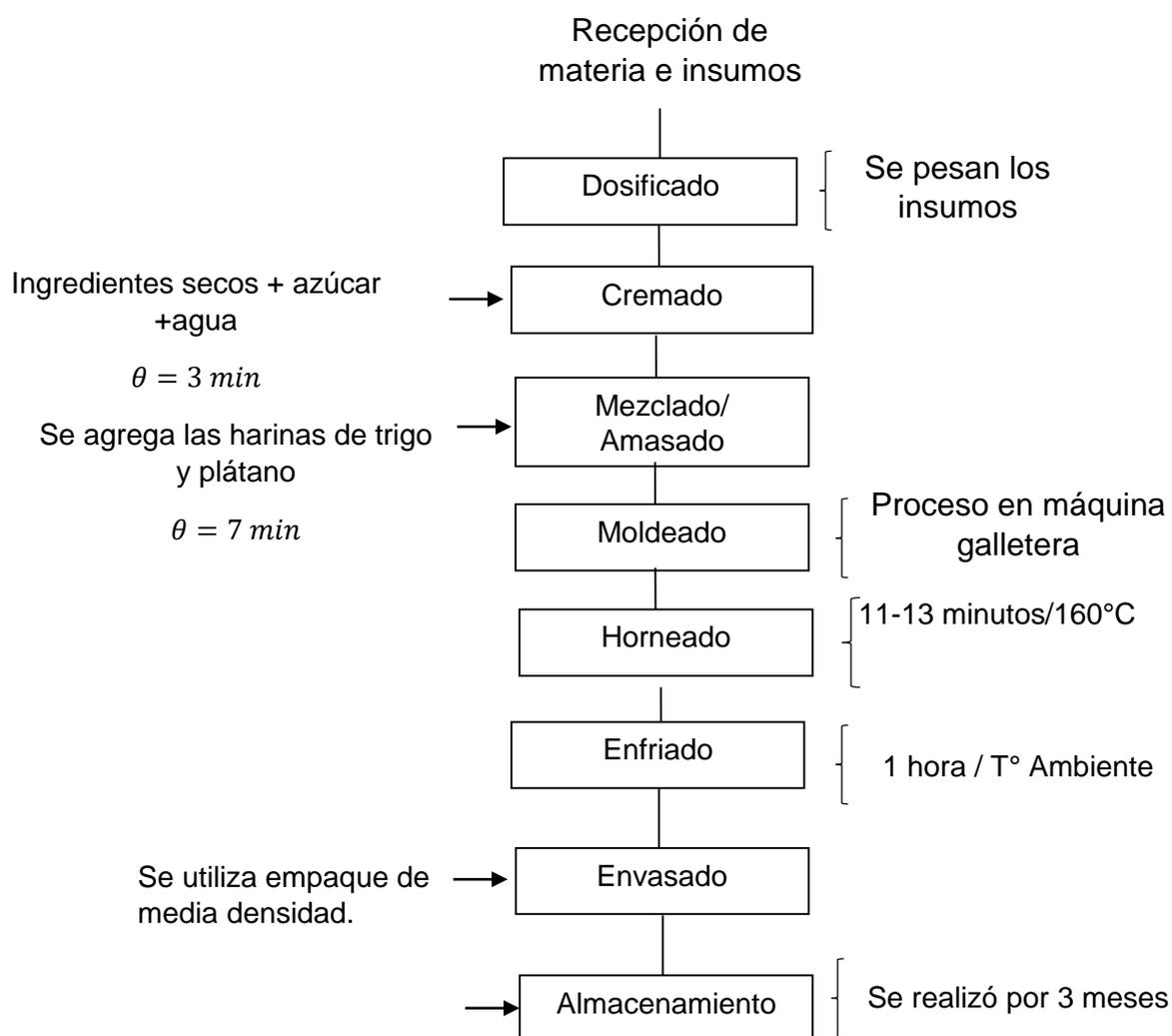
**Horneado:** Esta operación se realizó en hornos rotatorios. La masa moldeada se somete a temperaturas alrededor de 160°C, durante un tiempo que puede variar entre 10 y 12 minutos. Ajustada la temperatura y el tiempo de horneado, se obtiene un producto con la textura, color, sabor y aromas adecuados.

**Enfriamiento:** Esta operación se llevó a cabo en la sala de enfriado de 1-2 horas a temperatura ambiente.

**Empaquetado:** Se utilizó empaques de polietileno que permiten envasar de forma hermética el producto final. Se envasaron 20

paquetes de 8 galletas c/u para cada formulación. Se envasó 120 paquetes de la formulación seleccionada final.

**Almacenamiento:** La galleta con la formulación seleccionada se almacenó por 3 meses.



**Figura 1.** Flujograma de elaboración de galletas

Del Cuadro 4. Se hizo la selección de las tres mejores formulaciones por medio del análisis sensorial, para luego agregarles el ajonjolí en porcentajes 4, 8 y 12% según el caso (Cuadro 5).

**Cuadro 4.** Formulaciones de galletas saladas con variación en porcentaje de harina de plátano (%)

INGREDIENTES E INSUMOS	T <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>
Harina trigo	69,34	64,84	61,84	59,34	56,84	54,34	51,84	49,34	46,84	44,34
Harina de plátano	0	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0
Chuño	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Manteca vegetal	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Leche en polvo	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Agua	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Sal	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Azúcar	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Huevo	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Esencia de mantequilla	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Propionato de calcio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Polvo de hornear	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Donde: T<sub>0</sub>= galleta testigo y F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>, F<sub>6</sub>, F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>9</sub>= galletas con variación de porcentaje de harina de plátano

**Cuadro 5.** Formulaciones de galletas saladas con variación en porcentaje de harina de plátano y ajonjolí (%)

Ingredientes	FA <sub>1</sub> (%)	FA <sub>2</sub> (%)	FA <sub>3</sub> (%)	FB <sub>1</sub> (%)	FB <sub>2</sub> (%)	FB <sub>3</sub> (%)	FC <sub>1</sub> (%)	FC <sub>2</sub> (%)	FC <sub>3</sub> (%)
harina de trigo	56,43	52,43	48,43	51,43	47,43	43,43	46,43	42,43	38,43
harina de plátano	10	10	10	15	15	15	20	20	20
Ajonjolí	4	8	12	4	8	12	4	8	12
manteca	15	15	15	15	15	15	15	15	15
polvo de hornear	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
leche en polvo	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Chuño	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
esencia de mantequilla	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Propionato de calcio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Azúcar	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Sal	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Huevo	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Agua	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
<b>Total</b>	<b>100</b>								

Donde: FA<sub>1</sub>, FA<sub>2</sub>, FA<sub>3</sub>= 10% harina de plátano y 4, 8,12% de ajonjolí respectivamente

FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub>, FB<sub>3</sub>= 15% harina de plátano y 4, 8,12% de ajonjolí respectivamente

FC<sub>1</sub>, FC<sub>2</sub>, FC<sub>3</sub>= 20% harina de plátano y 4, 8,12% de ajonjolí respectivamente

### **3.5.2. Caracterización de las harinas y las mezclas seleccionadas**

En las muestras obtenidas se le realizaron los análisis de pH, tal como se describen en el ítem 3.4.2. Los resultados fueron analizados mediante el diseño completamente al azar (DCA) y en los niveles donde existió significación estadística se aplicó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### **3.5.2.1. Farinografía de las harinas y mezcla**

Según el método Farinográfico IRAM 15855 (2000). Se realizó la caracterización de las harinas con el farinografo modelo dough LAB 2500, para ello se tomó 300 g de harina para cada tratamiento ( $T_1=100\%$  de harina de trigo;  $T_2=100\%$  de harina de plátano;  $T_3=20\%$  de harina de plátano +  $80\%$  de harina de trigo).

#### **3.5.2.2. Determinación de Humedad, proteína y ceniza de las harinas y mezcla seleccionada.**

Se realizó los análisis de humedad, proteína y ceniza de las harinas, tal como se describe en el ítem 3.4.1, para cada tratamiento ( $T_1=100\%$  de harina de trigo;  $T_2=100\%$  de harina de plátano;  $T_3=20\%$  de harina de plátano +  $80\%$  de harina de trigo).

#### **3.5.3. Análisis químico proximal de la galleta seleccionada y la galleta testigo**

A las muestras de las galletas ( $T_0=100\%$  harina de trigo;  $T_3=20\%$  de harina de plátano y  $8\%$  de ajonjolí) se le realizaron los análisis de humedad, proteína, ceniza y grasa, tal como se describen en el ítem 3.4.1. Los resultados fueron analizados mediante el diseño

completamente al azar (DCA) y en los niveles donde existió significación estadística se aplicó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### **3.5.4. Análisis de estabilidad de la galleta seleccionada durante el almacenamiento**

En las muestras de las galletas se le realizaron los análisis de humedad y pH, tal como se describen en el ítem 3.4.3. Los resultados fueron analizados mediante el diseño completamente al azar (DCA) y en los niveles donde existió significación estadística se aplicó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### **3.5.4.1. Cuantificación de Azúcares reductores**

##### **- Preparación de Extracto hidroalcohólico**

**Molido:** La galleta se molió en un mortero para reducir su tamaño.

**Extracto:** Se preparó un extracto hidroalcohólico de galleta a una concentración de 100 mg/mL para ello se pesó 1 g de muestra, el cual se transfirió a un tubo de plástico de 15 g, y se adicionó 10 mL de solución hidroalcohólico (50 mL agua: 50 mL etanol v/v), luego fue tapado y mezclado usando el Vortex, luego se utilizó un homogenizador.

Partiendo del extracto hidroalcohólico 100 mg/mL, filtrado y centrifugado (10 000 rpm/10min a 4°C), se trabajó con tres repeticiones.

- **Preparación del reactivo DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico)**

Para la preparación del reactivo DNS, inicialmente se pesó 2,65 g de ácido 3, 5-dinitrosalicílico y 4,95 g de NaOH y se disolvió en 354 mL de agua destilada, enseguida se adicionó 1,9 mL de fenol (fundido a 50°C) y 2,08 g de metabisulfito de sodio. Posteriormente se agitó y almacenó la solución en frasco color ámbar en refrigeración por 30 días como máximo.

- **Solución de tartrato de sodio potasio tetra hidrato**

Se pesó 3,78 g de tartrato de sodio potasio tetra hidrato ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) y se disolvió en 250 mL de agua destilada; almacenándose la solución en frasco color ámbar a temperatura ambiente por 30 días máximo.

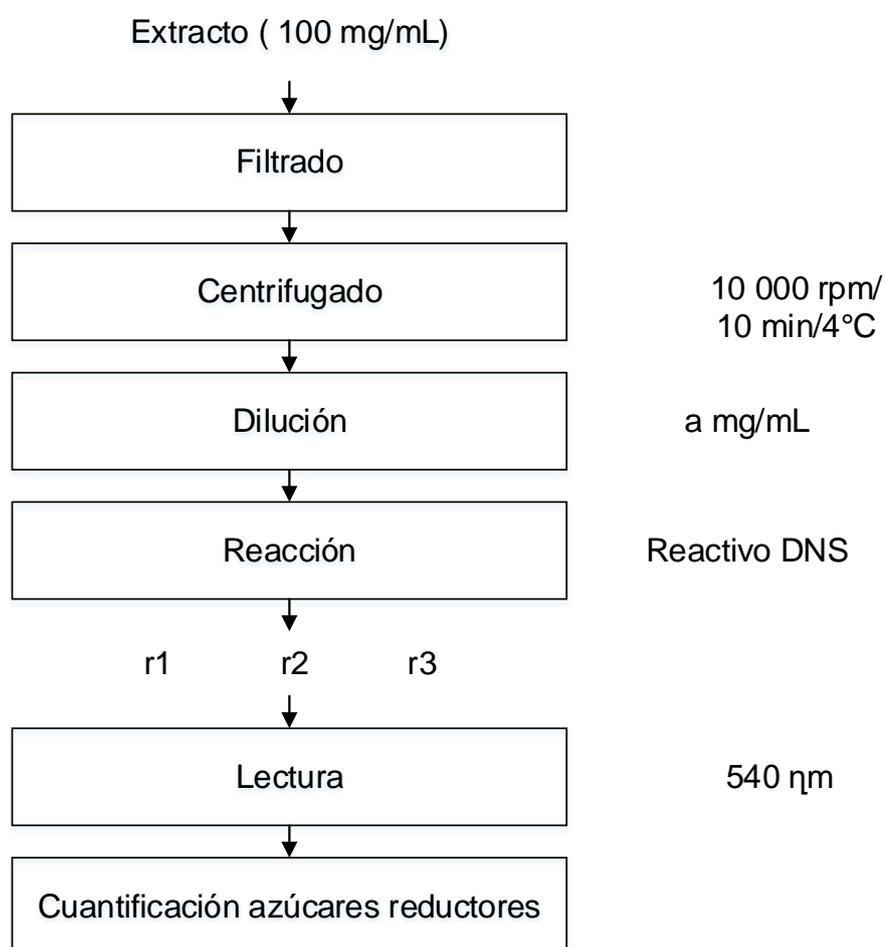
- **Determinación de la curva estándar**

La curva se realizó preparando una solución de 100 mL de glucosa a una concentración de 1 mg/mL a partir de ello se hicieron las concentraciones siguientes: 1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 y 0,1 mg/mL, cada disolución se preparó por triplicado. Se mezclaron 0,5 mL de cada muestra con 0,5 mL del reactivo DNS, se colocaron a ebullición por 5 minutos en baño María e inmediatamente se detuvo la reacción con baño de agua y hielo por 5 minutos. Se adicionó 8 mL de solución tartrato de sodio tetrahidratado, se agitó. A continuación, se realizó la lectura en el espectrofotómetro UVA/IS a una longitud de onda de 540 nm, con los resultados obtenidos se hizo la gráfica concentración vs absorbancia, se

procedió a determinar la ecuación necesaria para procesamiento de muestras.

- **Procedimiento de análisis**

La cuantificación de azúcares reductores se realizó de acuerdo al flujo de la Figura 2.



**Figura 2.** Flujo para la cuantificación de azúcares reductores.

### 3.5.4.2. Capacidad de Inhibición del radical 1,1 diphenyl- 2-picryl-hydrazyl (DPPH)

El procedimiento para la evaluación de la capacidad para inhibir el radical DPPH se muestra en la Figura 3 y se describe a continuación. Se preparó una solución stock de DPPH a 1 mM (0,04 g de DPPH en 100 mL de etanol (96%) y se almacenó a 4°C protegido de la luz. A partir de este stock se preparó 15 mL (100µM DPPH) en etanol 96%, que sirvió para hacer reaccionar con las muestras. Para la inhibición del radical DPPH en las distintas muestras de galletas del extracto hidroalcohólico de 100 mg/mL (previamente filtrado, centrifugado y diluido), se prepararon soluciones de trabajo para cada tratamiento tal como se muestra en el cuadro 7. En una cubeta de poliestireno se agregó 500µL de muestra diluida con el hidroalcohol a 500µL de solución de 100 µM DPPH, la inhibición de los radicales libres se determinó por la degradación del color violeta a amarillo, la cual fue leída a 515 nm cada 3 minutos; la capacidad de secuestro fue determinado por la siguiente expresión:

$$\% \text{Inhibición DPPH} = [(A_c - A_m(t)) / A_c] \times 100$$

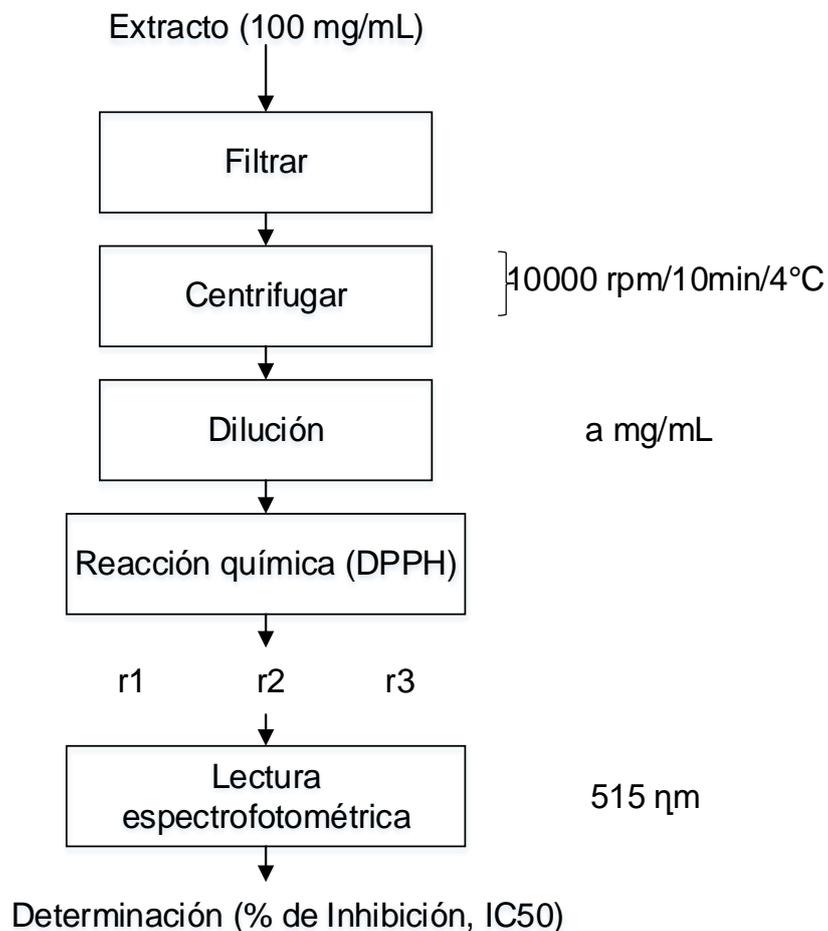
Donde:

A<sub>c</sub>: Absorbancia de los controles

A<sub>m</sub>: Absorbancia de la muestra en función del tiempo (3 minutos)

La actividad antioxidante fue expresada en  $IC_{50}$  (mg/mL) para ello se grafican los valores del porcentaje de inhibición a la concentración para cada extracto obteniendo así la ecuación de la gráfica, de la cual se obtendrá la concentración media efectiva ( $IC_{50}$ ).

Para determinar la variación de los componentes de las galletas, serán analizados mediante el diseño completo al azar (DCA), con tres repeticiones. En caso en que el ANVA indique diferencia estadística, se utilizara la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). El análisis se realizó utilizando el software STATGRAPHICS Centurión XV, versión 15.2.06



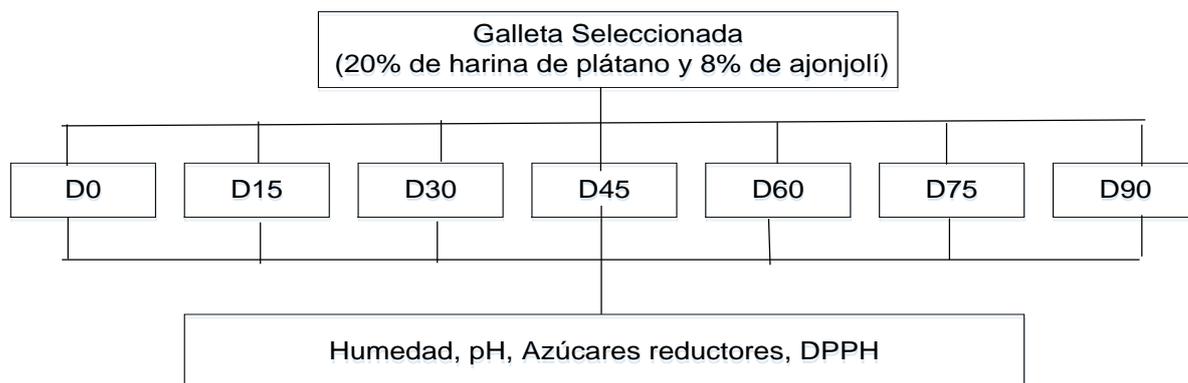
**Figura 3.** Flujograma para la evaluación de capacidad antioxidante frente al radical DPPH.

En el cuadro 6 se presentó las concentraciones que se empleó en los tratamientos de las galletas seleccionadas por análisis sensorial para la evaluación de capacidad antioxidante frente al radical DPPH. De estas evaluaciones se eligió el mejor tratamiento y correspondió al T<sub>3</sub> (20 % de harina de plátano y 8% de ajonjolí) y con este se procedió a evaluar su estabilidad en almacenamiento por un tiempo de 3 meses.

**Cuadro 6.** Preparación de las concentraciones de trabajo para el radical DPPH en galleta salada con diferentes porcentajes de harina de plátano.

<b>Muestras</b>	<b>Tipo de Extracto</b>	<b>Concentraciones de muestras (mg de galleta/mL)</b>			
<b>Galletas seleccionadas por análisis sensorial</b>					
T <sub>0</sub> =100% harina de trigo	Hidroalcohólico	4	10	20	40
T <sub>1</sub> = 10% harina de plátano+ 8% de ajonjolí	Hidroalcohólico	4	10	20	40
T <sub>2</sub> = 15% harina de plátano+ 8% de ajonjolí	Hidroalcohólico	4	10	20	40
T <sub>3</sub> = 20% harina de plátano+ 8% de ajonjolí	Hidroalcohólico	4	10	20	40
<b>Galleta seleccionada en almacenamiento</b>					
<b>T3= 20% harina de plátano+ 8% de ajonjolí</b>					
0 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	4	10	20	40
15 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	10	20	30	40
30 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	5	10	20	30
45 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	5	10	20	40
60 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	10	20	30	40
75 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	10	20	30	40
90 días de almacenamiento	Hidroalcohólico	10	20	30	40

En la Figura 4 se presenta el diseño experimental considerando el mejor tratamiento T3 (20 % de harina de plátano y 8% de ajonjolí) para su evaluación de estabilidad en almacenamiento por 3 meses, se realizaron las evaluaciones de pH, cuantificación de azúcares reductores y la capacidad antioxidante (DPPH).



- Cada tratamiento se hizo por triplicado.

Dónde:

D: días 1, 15, 30, 45, 60, 75, 90: son los días de evaluación en tres meses.

**Figura 4.** Diseño experimental para evaluar la estabilidad de la galleta seleccionada durante su almacenamiento por 3 meses.

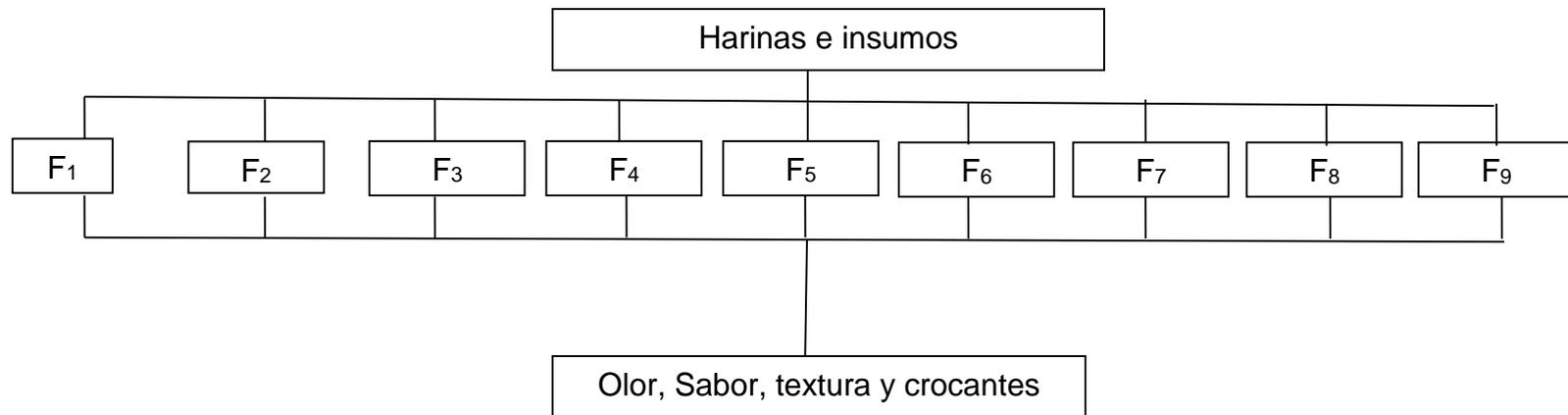
### 3.5.5. Análisis sensorial de las galletas

El diseño experimental para la evaluación sensorial de la galleta se muestra en la Figura 5, para ello se realizaron las 9 formulaciones (Cuadro 4) y luego se seleccionaron las 3 formulaciones de mayor aceptabilidad, luego de esto se volvió a hacer la prueba de análisis sensorial cuyo diseño experimental se muestra en la Figura 6 con las formulaciones del Cuadro 5, para que finalmente se seleccionen las 3 formulaciones de mayor aceptabilidad

El diseño experimental para la evaluación sensorial de la galleta seleccionada ( $T_3=20\%$  de harina de plátano y  $8\%$  de ajonjolí) en almacenamiento se presenta en la figura 7, esto se realizó cada mes durante 3 meses.

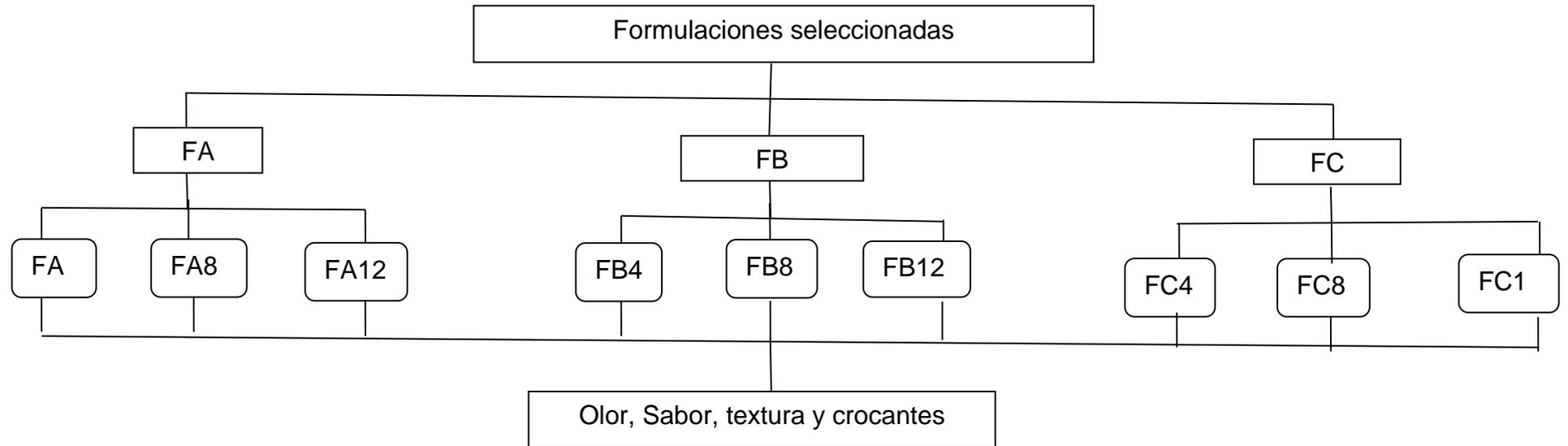
Estos atributos fueron evaluados mediante una cartilla (A-I) con una escala hedónica de 9 puntos para los atributos de color, olor, sabor y crocantes, para ello se realizó una degustación con 12 panelistas, el diseño estadístico utilizado fue DCA y la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (BERLANGA Y RUBIO, 2012)

Los resultados de las pruebas sensoriales fueron analizados mediante el software STATGRAPHICS Centurión XV, versión 15.2.06



Las formulaciones utilizadas se muestran en el Cuadro 5.

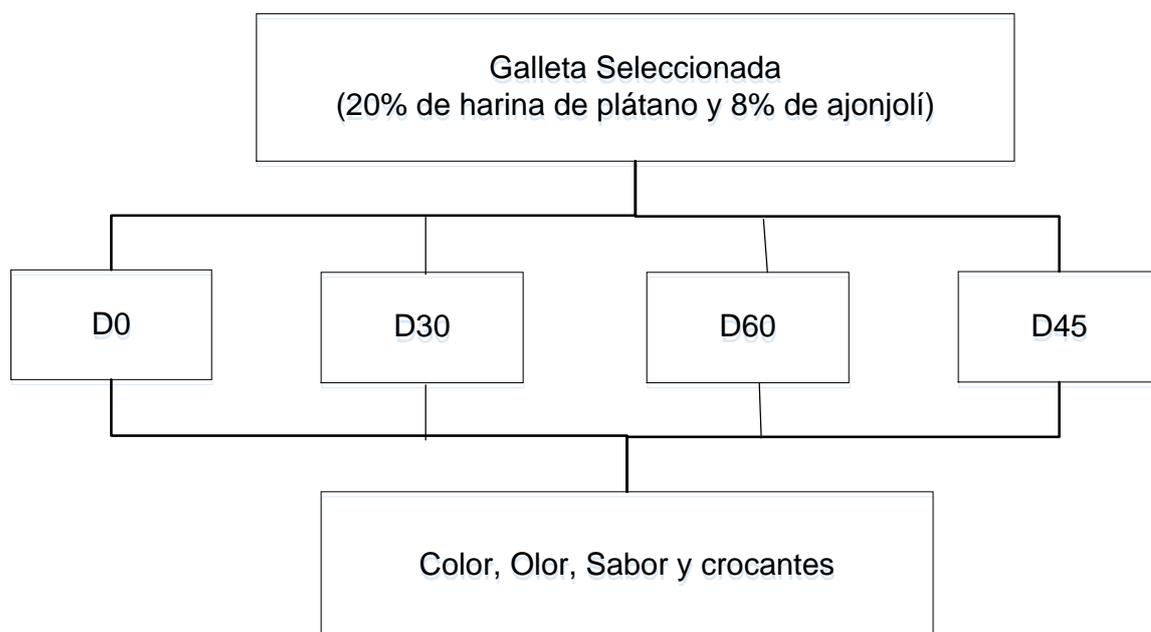
**Figura 5.** Diseño experimental para seleccionar las tres mejores formulaciones de las galletas con agregado de harina de plátano.



Donde: FA4, FA8, FA12, FB4, FB8, FB12, FC4, FC8, FC12 son los porcentajes de ajonjolí a utilizar.

Las formulaciones a utilizar se muestran en el Cuadro 6.

**Figura 6.** Diseño experimental para seleccionar la mejor formulación de galleta con agregado de ajonjolí.



Dónde:

D: días 0, 30, 60, 90: son los días de evaluación en tres meses.

**Figura 7.** Diseño experimental para evaluar la estabilidad de la galleta seleccionada durante el almacenamiento.

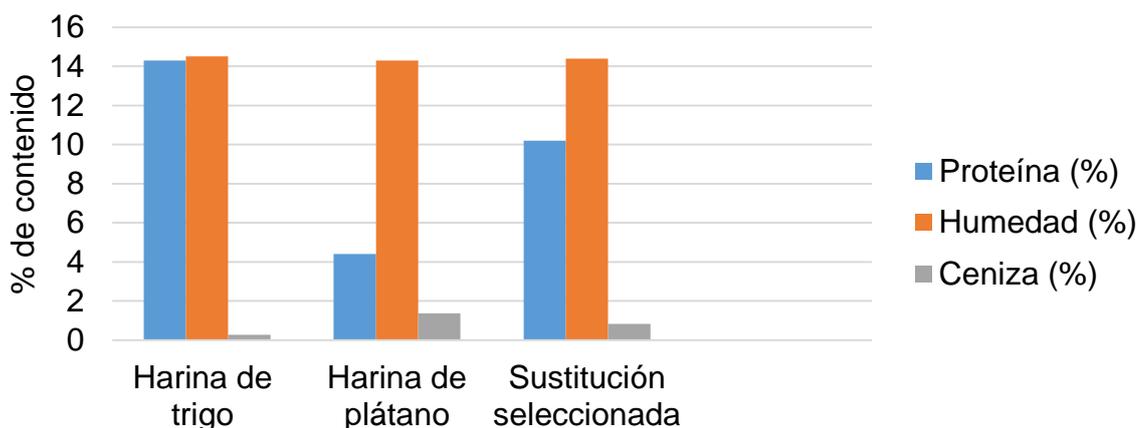
#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1. Caracterización química de las harinas de plátano, trigo y mezcla seleccionada.

Cuadro 7. Parámetros obtenidos del análisis de las harinas

Muestra	Proteína (%)	Humedad (%)	Ceniza (%)
Harina de trigo (100%)	14,30 ± 0,00 <sup>c</sup>	14,50 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,27 ± 0,00 <sup>a</sup>
Harina de plátano (100%)	4,40 ± 0,00 <sup>a</sup>	14,30 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,37 ± 0,00 <sup>c</sup>
Sustitución seleccionada (20%)	10,20 ± 0,00 <sup>b</sup>	14,40 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,83 ± 0,00 <sup>b</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=3).  
Valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 8.** Resultado de humedad, proteína y ceniza en las harinas analizadas.

De los resultados presentados en el cuadro 7 podemos indicar que se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-IXa) (A-Xa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-IXb) el mayor contenido de proteína y humedad (A-Xb) fue el del tratamiento de harina de trigo al 100% ( $14,30 \pm 0,00$ ), ( $14,50 \pm 0,00$ ) y el de menor fue el de la harina de plátano al 100% ( $4,40 \pm 0,00$ ), ( $14,30 \pm 0,00$ ) respectivamente. Según LUCERO (2010), podemos mencionar que el plátano posee en su composición nutricional menor proporción de agua que el grano de trigo es por eso que la harina de trigo tiene mayor porcentaje de humedad comparado con la de la harina de plátano esto también se puede deber a las condiciones de almacenamiento de dichas harinas. Así mismo menciona que la harina de plátano presenta menos contenido de proteínas comparado con la harina de trigo, esto se debe a que este cereal posee mayor nivel de este nutriente en su composición química. El contenido de proteínas en la harina de plátano fue del 4,40% y el contenido de ceniza 1,37%, similar al valor reportado para proteína de  $3,16 \pm 0,10$ , 3,50% y  $1,92 \pm 0,10$  para ceniza reportado por PELISSARI et al. (2012).

De los resultados presentados en el cuadro 7 podemos indicar que se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-XIa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-XIb) para los porcentajes de ceniza de la harina de plátano que se muestra en el cuadro 7, podemos observar que son más altos ( $1,37 \pm 0,00$ ) que el porcentaje de la harina de trigo ( $0,27 \pm 0,00$ ), lo cual se debe a que el plátano posee un alto valor energético 1g/Kcal, alto contenido de fibra, por su contenido de glúcidos (almidón y azúcar), vitaminas y minerales como lo indica CHAMPION (1968). COLLAZOS (1993), reportó valores de 2,00 y 3,10 % para análisis de harina de plátano de ceniza y proteína, respectivamente. Asimismo, ARANA (1973) reportó valores para harina de plátano para ceniza y proteína 2,74 y 3,50% respectivamente.

Para los resultados de la mezcla con sustitución al 20% de harina de plátano se obtuvieron valores de  $10,20 \pm 0,00$ ,  $14,40 \pm 0,00$  y  $0,83 \pm 0,00$  % para proteína, humedad y ceniza respectivamente. Los cuales fueron mayores al de la harina de plátano, pero inferior al de la harina de trigo, por lo que se puede decir que la sustitución de harinas de otros cereales con la de trigo sería una buena alternativa de utilización en la elaboración de productos alimenticios. (CHAMPION,1968)

## **4.2. Selección de tres formulaciones de galletas con mejores características sensoriales y caracterización farinográfica de las mezclas de las harinas.**

### **4.2.1. Evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de plátano**

En el cuadro 8 y la figura 9 se muestra los resultados de la evaluación sensorial de las galletas sustituidas con harina de plátano en distintos porcentajes, analizados mediante la técnica de Kruskal Wallis.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributos de olor (A-IIa), sin embargo, según promedios presentados en el Cuadro 8, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T2 (7,5% sustitución de harina de plátano)  $6,42 \pm 0,15$  y el de menor para el T9 (22% sustitución de harina de plátano)  $5,17 \pm 0,34$ . Según Lucero (2010), menciona que la aceptabilidad con respecto al olor va ser influenciado por los porcentajes empleados en la sustitución del alimento, siendo el olor del trigo más agradable comparado con la harina de plátano.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributos de color (A-IIb), sin embargo, según promedios presentados en el Cuadro 8, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T3 (10% sustitución de harina de plátano)  $6,33 \pm 0,48$  y el de menor fue el T9 (25% sustitución de harina de plátano)  $5,58 \pm 0,45$  con respecto a esto Lucero (2010), menciona que en sustitución de pan al 1,2% de harina de plátano fue mayor comparado a otra muestra de 9,6% de sustitución,

debido al mayor porcentaje de harina de plátano, ya que dicha harina al ser de color oscuro va dar una apariencia de color oscuro en el alimento.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributos de sabor (A-IIc), sin embargo, según promedios presentados en el Cuadro 8, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T1 (5% sustitución de harina de plátano)  $6,75 \pm 0,22$  y T4 (12,5% sustitución de harina de plátano)  $5,17 \pm 0,32$  el reportó menor aceptación del sabor, esto debido a que al incrementarse el porcentaje de la harina de plátano cambio el sabor al interactuar con la harina de trigo (LUCERO,2010)

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributo de olor (A-IIId), según promedios presentados en el Cuadro 8, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T3 (10% sustitución de harina de plátano)  $6,58 \pm 0,26$  y T7 (20% sustitución de harina de plátano)  $6,58 \pm 0,38$  y el menor fue para el T6 (17,5% sustitución de harina de plátano)  $5,50 \pm 0,38$  por lo que se puede decir que no hay diferencia en cuanto a la aceptabilidad de la crocantes. (MALDONA Y PACHECO, 2000), las diferencias de aceptabilidad en la crocantes, en galletas sustituidas, probablemente se debieron al efecto de la sustitución obtenida en la galleta experimental y la característica de humedad o grado de higroscopicidad de la galleta estándar en el momento de la evaluación.

**Cuadro 8.** Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial de harina de plátano.

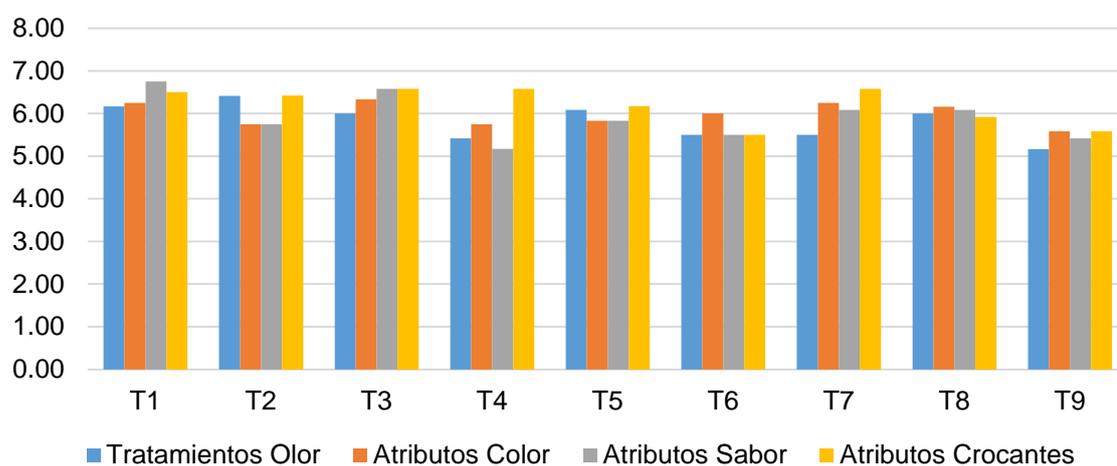
% Sustitución de harina de plátano	Tratamientos	Atributos			
		Olor	Color	Sabor	Crocantes
5	T <sub>1</sub>	6,17 ± 0,46	6,25 ± 0,41	6,75 ± 0,22	6,50 ± 0,31
7,5	T <sub>2</sub>	6,42 ± 0,15	5,75 ± 0,35	5,75 ± 0,46	6,42 ± 0,26
10	T <sub>3</sub>	6,00 ± 0,52	6,33 ± 0,48	6,58 ± 0,47	6,58 ± 0,26
12,5	T <sub>4</sub>	5,42 ± 0,29	5,75 ± 0,46	5,17 ± 0,32	5,58 ± 0,51
15	T <sub>5</sub>	6,08 ± 0,33	5,83 ± 0,42	5,83 ± 0,42	6,17 ± 0,40
17,5	T <sub>6</sub>	5,50 ± 0,40	6,00 ± 0,35	5,50 ± 0,51	5,50 ± 0,38
20	T <sub>7</sub>	5,50 ± 0,40	6,25 ± 0,37	6,08 ± 0,48	6,58 ± 0,38
22,5	T <sub>8</sub>	6,00 ± 0,41	6,16 ± 0,44	6,08 ± 0,38	5,92 ± 0,45
25	T <sub>9</sub>	5,17 ± 0,34	5,58 ± 0,45	5,42 ± 0,50	5,58 ± 0,47

Promedio ± Desviación estándar (ANOVA factorial, n =12, Kruskal Wallis, P <0,05).

La evaluación general para todos los atributos entra en un rango de promedios comprendido entre 5, 9 y 6, lo que significa que todos los tratamientos son considerados según el nivel de agrado por los panelistas como Me gusta levemente.

Esto se evidencia porque el promedio general para todos los atributos en el grado de preferencia (Figura 9) muestra como las de mayor aceptabilidad hacia el T<sub>3</sub> (10% sustitución de harina de plátano) y T<sub>7</sub> (20% sustitución de harina de plátano) y de aceptabilidad media T<sub>5</sub> (15% sustitución

de harina de plátano) por lo que se escogieron estos tratamientos para la siguiente evaluación en donde se agregara el ajonjolí en porcentajes de 4, 8 y 12%.



**Figura 9.** Perfil sensorial para cada atributo según tratamiento de galletas sustituidas con harina de plátano

#### 4.2.2. Evaluación sensorial de galletas con tres porcentajes de ajonjolí

**Cuadro 9.** Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial de ajonjolí

% Sustitución de ajonjolí	Tratamientos	Atributos			
		Olor	Color	Sabor	Crocantes
4	T <sub>1</sub>	5,67 ± 0,46	5,00 ± 0,56	5,33 ± 0,40	5,50 ± 0,42
4	T <sub>2</sub>	5,25 ± 0,54	4,58 ± 0,40	5,25 ± 0,39	5,33 ± 0,43
4	T <sub>3</sub>	5,58 ± 0,42	5,33 ± 0,31	5,42 ± 0,44	6,08 ± 0,29
8	T <sub>4</sub>	5,25 ± 0,48	4,83 ± 0,51	5,33 ± 0,40	4,83 ± 0,44
8	T <sub>5</sub>	5,67 ± 0,36	5,25 ± 0,43	5,42 ± 0,51	5,75 ± 0,55
8	T <sub>6</sub>	5,50 ± 0,58	5,25 ± 0,37	4,83 ± 0,73	6,42 ± 0,29
12	T <sub>7</sub>	6,00 ± 0,39	4,92 ± 0,40	5,83 ± 0,46	5,92 ± 0,45
12	T <sub>8</sub>	6,25 ± 0,48	5,42 ± 0,38	5,58 ± 0,54	5,83 ± 0,46
12	T <sub>9</sub>	6,08 ± 0,36	5,75 ± 0,41	6,25 ± 0,48	6,25 ± 0,43

T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>7</sub>= 10% de harina de plátano; T<sub>2</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>8</sub>= 15% de harina de plátano; T<sub>3</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub>= 20% de harina de plátano. Promedio ± Desviación estándar (ANOVA factorial, n =12, Kruskal Wallis, P <0,05).

En el cuadro 9 y la figura 10 se muestra los resultados de la evaluación sensorial de las galletas sustituidas con harina de plátano en distintos porcentajes, analizados mediante la técnica de Kruskal Wallis.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas (P<0,05) en el atributos de olor (A-IIIa), sin

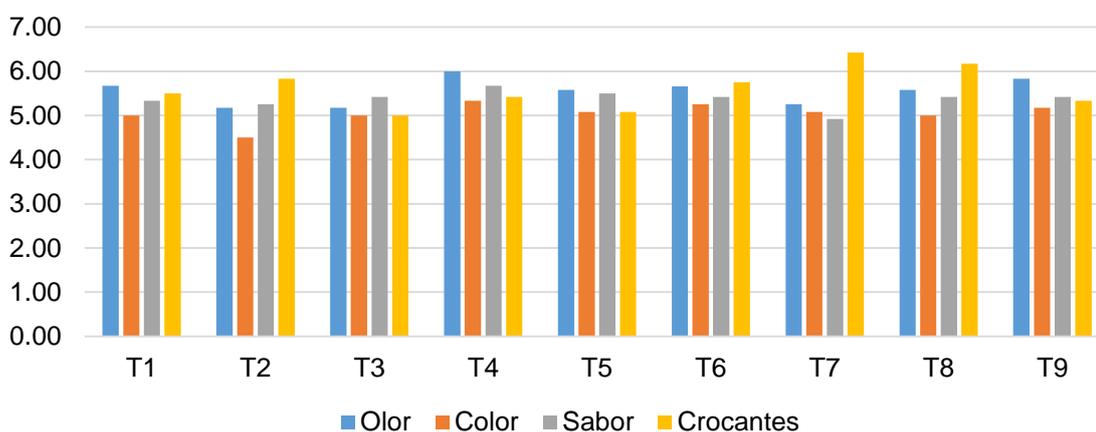
embargo, según promedios presentados en el Cuadro 9, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T9 (20% sustitución de harina de plátano y 12% de ajonjolí)  $6,25 \pm 0,48$  y el de menor para el T2 (15% sustitución de harina de plátano y 4% de ajonjolí)  $5,25 \pm 0,54$  y T4 (10% sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí)  $5,25 \pm 0,48$ . Según HERNANDEZ (2014), dice que a mayor porcentaje de agregado de ajonjolí le da un olor definido en galletas comerciales, siendo la galleta con 12% de ajonjolí la que presenta un olor más definido comparado con una galleta de 10%.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributos de color (A-IIIb), sin embargo, según promedios presentados en el Cuadro 10, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T9 (20% sustitución de harina de plátano y 12% de ajonjolí)  $5,75 \pm 0,41$  y el de menor para el T2 (15% sustitución de harina de plátano y 4% de ajonjolí)  $4,58 \pm 0,40$ . HERNANDEZ (2014), explica que el ajonjolí presenta un color pardo en galletas, por lo que a mayor porcentaje el color es más acentuado en el producto final.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributo de sabor (A-IIIc), sin embargo, según promedios presentados en el Cuadro 9, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T9 (20% sustitución de harina de plátano y 12% de ajonjolí)  $6,25 \pm 0,48$  y el de menor para el T2 (15% sustitución de harina de plátano y 4% de ajonjolí)  $5,25 \pm 0,39$ . HERNANDEZ (2014), menciona que en la formulación con adición del 10 % de ajonjolí tostado y molido presentó

características propias del producto, comparado con la formulación del 12 % de adición presentó un sabor a ajonjolí muy marcado.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributos de crocantes (A-IIIId), sin embargo, según promedios presentados en el Cuadro 9, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para T6 (20% sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí)  $6,42 \pm 0,29$  y el de menor para el T4 (10% sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí)  $4,83 \pm 0,44$ . HERNANDEZ (2014), menciona que la formulación con adición del 10 % de ajonjolí tostado y molido presentó características propias del producto, en cambio en la formulación del 20 % de adición presentó una crujencia menos pronunciada y fue evaluada de muy friable lo que se asocia al mayor contenido de grasa, el marcado sabor a ajonjolí y acentuado color disminuyeron la armonía del producto.



**Figura 10.** Perfil sensorial para cada atributo según tratamiento de galletas sustituidas con harina de plátano y ajonjolí

La evaluación general para todos los atributos entra en un rango de promedios comprendido entre 5 y 5,6, lo que significa que todos los tratamientos son considerados según el nivel de agrado por los panelistas como No me gusta ni me disgusta.

Esto se evidencia porque el promedio general para todos los atributos en el grado de preferencia (Figura 9) muestra como las de mayor aceptabilidad hacia el T4 (10% sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí) y T5 (15% sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí) y de aceptabilidad media T6 (20% sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí) por lo que se escogieron estos tratamientos para la siguiente evaluación de antioxidantes y obtener la galleta seleccionada final.

### 4.2.3. Análisis farinográfico de las harinas y mezclas seleccionadas

**Cuadro 10.** Parámetros obtenidos del análisis Farinográfico

Muestra	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad de la masa (min)	Grado de ablandamiento (U.F)
harina de trigo	64,97 ± 0,03 <sup>c</sup>	7,27 ± 0,01 <sup>e</sup>	10,10 ± 0,01 <sup>e</sup>	88,64 ± 0,01 <sup>a</sup>
harina de plátano	54,56 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,53 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	127,30 ± 0,01 <sup>e</sup>
Sustitución A	59,97 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,15 ± 0,01 <sup>d</sup>	6,97 ± 0,03 <sup>d</sup>	109,45 ± 0,01 <sup>b</sup>
sustitución B	60,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	1,80 ± 0,00 <sup>b</sup>	5,77 ± 0,03 <sup>b</sup>	124,44 ± 0,00 <sup>d</sup>
Sustitución C	59,97 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,07 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,10 ± 0,00 <sup>c</sup>	118,22 ± 0,01 <sup>c</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=3). Valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<0,05). Las sustituciones A, B, C son de 10,15 y 20% de harina de plátano respectivamente.

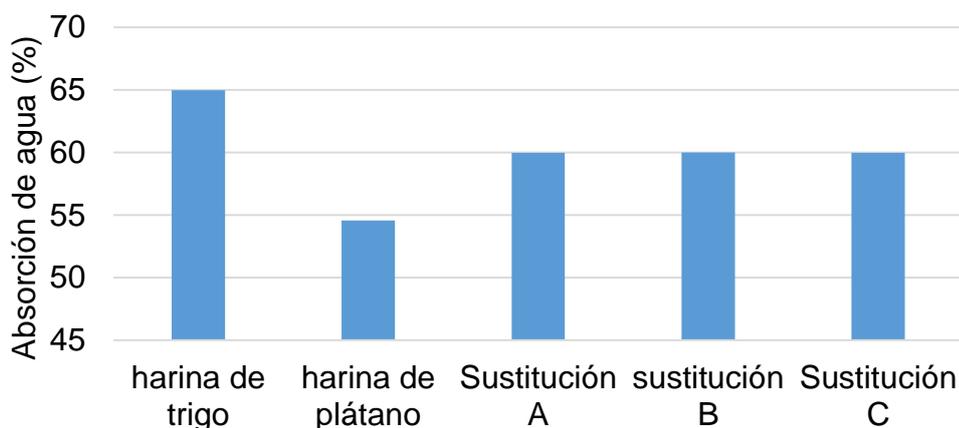
#### - Absorción de agua

Es la cantidad de agua que requiere una harina para formar una masa que alcance una consistencia de 500 U.B. (LAZCANO, 2005)

Definiendo así que una harina es más fuerte, mientras absorbe más agua. Un ejemplo de esto es la harina para pan que absorbe más agua que una harina para galletas y por consiguiente tiene un mayor rendimiento (NUÑEZ,2009).

Según los resultados presentados en el Cuadro 10 podemos apreciar que entre los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A-Va) y según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-Vb) el tratamiento con 100 % de harina de trigo fue el que tuvo mayor promedio  $64,97 \pm 0,03\%$  y el de menor correspondió al tratamiento con 100% de harina de plátano ( $54,56 \pm 0,01\%$ ). El porcentaje de absorción de agua con harina de trigo está en un rango de 52% mínimo y 70% máximo según especificaciones de harina de trigo (LAZCANO, 2005). Resultados coincidentes con los datos teóricos reportados para absorción de agua en la harina de trigo con  $62,1 \pm 0,14$  (BOITA *et al.*, 2016).

De los resultados para las sustituciones A (10%) y C (20%) dan resultados de  $59,97 \pm 0,03$  y  $60,00 \pm 0,00$  para la sustitución B (15%), la cual no presenta diferencia estadística entre ellas. Según NUÑEZ (2009) en galletas sustituidas con harina de maíz en 5, 8 y 12% obtuvo un porcentaje de absorción de agua de 52% para todas, concluyendo que estas mezclas de harinas tendrán el mismo rendimiento de producción que la harina de trigo 100% y no presentará variación en la adición de agua en la formulación.



**Figura 11.** Resultado de absorción de agua en las harinas

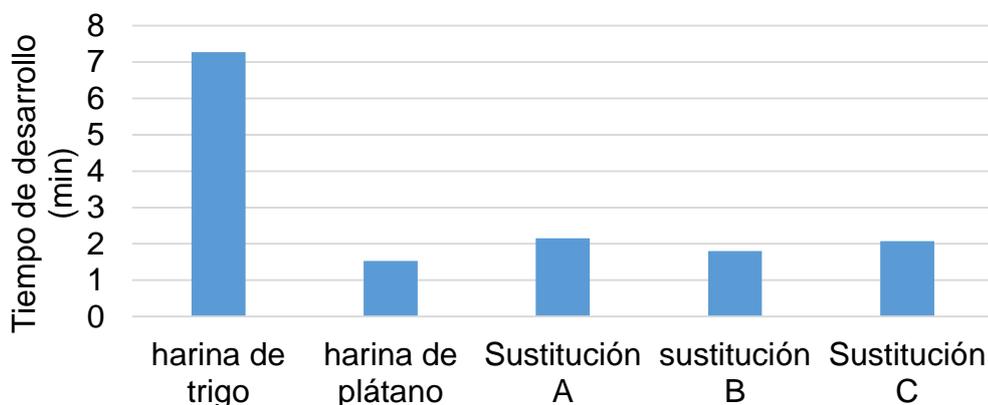
#### - Tiempo de desarrollo o amasado

El tiempo de desarrollo es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia, es decir inmediatamente antes de que la curva comience a descender. Y es aquí donde se acondiciona el gluten de la masa (NUÑEZ,2009).

Según los resultados presentados en el Cuadro 10 se puede apreciar que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa (A-VIa) y según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-VIb), comparando los promedios de los tratamientos encontramos que la muestra de harina de trigo obtuvo mayor tiempo en minutos de desarrollo de la masa  $7,27 \pm 0,01$  y la de menor tiempo fue la muestra de harina de plátano  $1,53 \pm 0,00$ . Según QUAGLIA (1991) Dicho tiempo varía con las distintas harinas, con las harinas fuertes puede ser relativamente largo. Es posible que un tiempo de desarrollo de masa prolongado, este relacionado con una buena calidad de gluten. Una harina fuerte tiene un tiempo

de desarrollo mayor mientras que las harinas débiles tienen un tiempo de desarrollo menor.

Los resultados para las tres sustituciones A (10%), B (15%), C (20%) se obtuvo como tiempo en minutos de  $2,15 \pm 0,01$ ,  $1,80 \pm 0,00$  y  $2,07 \pm 0,01$  respectivamente lo que demuestra que el punto de máximo de desarrollo en el farinograma lo hace en menos tiempo comparado con la muestra de harina de trigo al 100 %. Según NUÑEZ (2009), el resultado del tiempo de desarrollo y amasado para la harina de trigo va en un rango de 1,8 min. mínimo y 10 min. Máximo, por lo tanto, los valores dentro de este rango demuestran que es aceptable para el buen desarrollo del gluten.



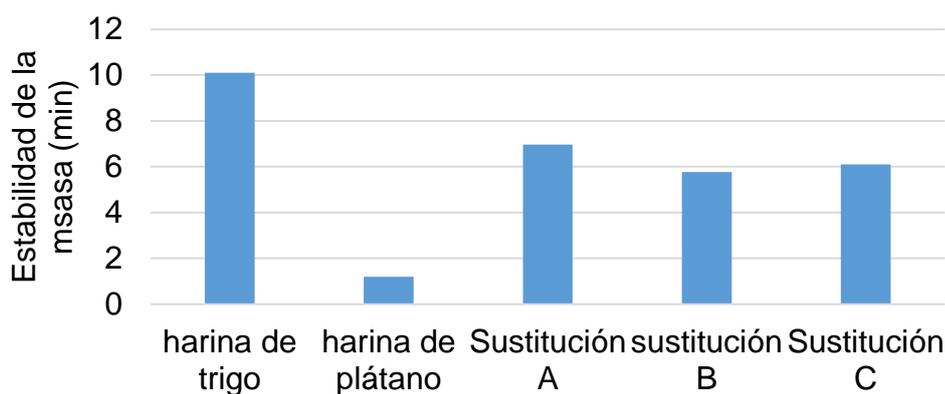
**Figura 12.** Resultado del tiempo de desarrollo (min) en las harinas

#### - Estabilidad

La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia. Da idea de cómo la masa soporta el amasado, por ejemplo, en el caso de una masa con alta estabilidad, se le puede aplicar un gran esfuerzo mecánico (DUNCAN, 1983)

Analizando los resultados presentados en el cuadro 10 se encontró que entre los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A-VIIa) según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-VIIb) el mayor promedio correspondió al tratamiento de la harina de trigo ( $10,10 \pm 0,01$ ) y el de menor fue para el tratamiento de la harina de plátano ( $1,20 \pm 0,01$ ). Según DUNCAN (1983) a mayor estabilidad, la masa podrá resistir más tiempo al abuso del mezclado y tendrá un tiempo más largo de fermentación además también gran capacidad de retención de gas, ya que la estructura reticular del gluten es bastante fuerte, lo que trae un mayor esponjamiento de la masa.

De los resultados cabe destacar que a medida que se aumenta la sustitución el tiempo de estabilidad de la masa disminuye, para la sustitución al 10% de harina de plátano ( $A= 6,97 \pm 0,03$ ), sustitución al 15 % ( $B=5,77 \pm 0,03$ ) y sustitución al 20 % ( $C= 6,10 \pm 0,00$ ). NUÑEZ (2009) reportó que en galletas sustituidas al 5, 8 y 12% con harina de maíz obtuvo un tiempo de 1,6 y 1,4 min para las dos últimas sustituciones respectivamente; por lo que se recomendó que este tipo de sustitución no es para masas fermentadas puesto que no favorecerá la retención de gas carbónico para el esponjamiento de la masa y tampoco se las debe exponer a mucho tiempo de mezclado, pero como no vamos a trabajar esta masa para una galleta fermentada sino para una galleta de masa dura, no genera problema al momento de su amasado.



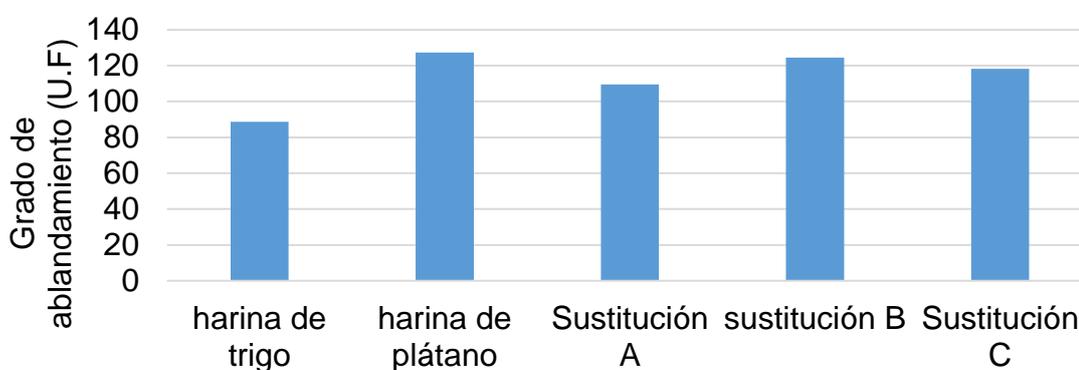
**Figura 13.** Resultado del tiempo de desarrollo (min) en las harinas

#### - **Grado de ablandamiento o Debilitamiento de masa**

La caída o debilitamiento de la masa o tiempo de ablandamiento representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos. Se expresa en unidades farinográficas (U.F.) ablandamientos elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado (QUAGLIA ,1991).

De los resultados presentados en el cuadro 10 podemos indicar que se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-VIIIa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-VIIIb) el mayor grado de ablandamiento fue el del tratamiento de harina de plátano al 100% ( $127,30 \pm 0,01$ ) y el de menor fue el de la harina de trigo al 100% ( $88,64 \pm 0,01$ ). Según QUAGLIA (1991) la harina de trigo siempre presentará menor grado de ablandamiento comparado con harinas de otros cereales debido a la mayor presencia de gluten en su composición.

Para los resultados con respecto a las muestras con sustitución de harina de plátano A (10%) fue de  $109,45 \pm 0,01$ , para B (15%) fue de  $124,44 \pm 0,00$  y para C (20%) fue de  $118,22 \pm 0,01$ . Según NUÑEZ (2009) indica que valores altos de grado de ablandamiento influenciaría en el proceso de elaboración de las galletas, por lo que hay que tener en cuenta que una vez cumplido el tiempo de mezclado se debe pasar directamente al paso de laminación, para así evitar que la masa se dañe y pierda su esponjosidad.



**Figura 14.** Resultado del grado de ablandamiento (U.F) en las harinas

#### **4.3. Determinación de la Capacidad antioxidante (DPPH) de las galletas seleccionadas con harina de plátano y ajonjolí.**

Los resultados de la evaluación de la capacidad de inhibir al radical DPPH en las galletas elaboradas con harina de plátano y ajonjolí fue evaluado estadísticamente (A-XIIa) y se encontró que existe diferencia estadística con respecto al porcentaje de sustitución.

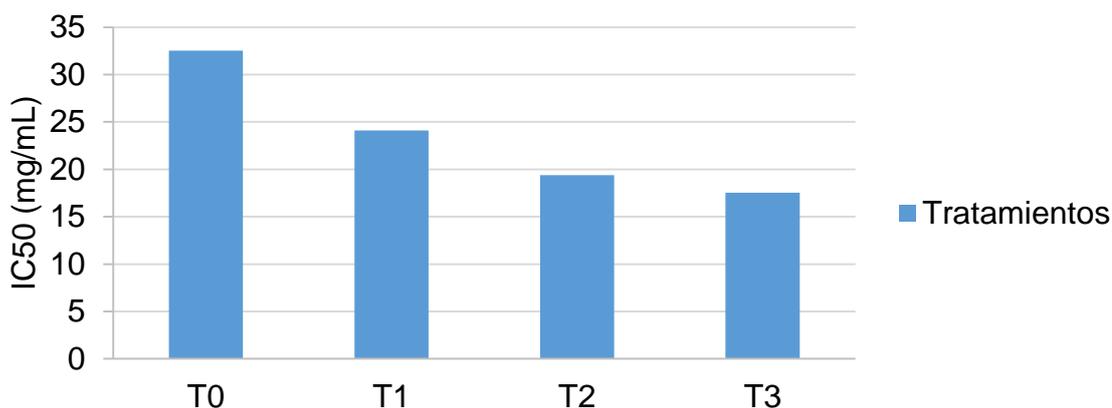
Analizando de manera independiente con referencia al porcentaje de harina de plátano podemos indicar, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) se encontró diferencia significativa (A-XIIb) el ordenamiento de los promedios se presenta en el Cuadro

11 y figura 15 en ella podemos apreciar que la mayor eficiencia frente al radical DPPH lo presento la galleta con 20% de sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí (T3) (A-XIIIc)  $IC_{50} 17,52 \pm 0,25$  mg/mL y el que tuvo menor eficiencia fue la galleta 10% de sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí (T1) (A-XIIIa), por lo que  $IC_{50} 32,54 \pm 0,25$ . CASIQUE (2014) obtuvo mayor eficiencia frente al radical DPPH en galleta de chocolate  $IC_{50} 2,461 \pm 5,47$  mg/mL y en pastel de chocolate  $IC_{50} 2,951 \pm 0,46$  mg/mL, siendo la de mayor eficiencia frente al radical DPPH en galleta de chocolate comparado con el pastel. Según STAHL *et al* (2009) indica que en los productos horneados como tortas y galletas se disminuye la actividad antioxidante debido al proceso de horneado ya que las temperaturas altas causan un efecto negativo.

**Cuadro 11.** Resultados del  $IC_{50}$  del radical DPPH en galletas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de plátano.

Muestras	Tratamiento	$IC_{50}$ (mg/ml)
Galleta testigo (100% harina de trigo)	T0	$24,115 \pm 0,55^c$
Galleta de 10% de harina de plátano y 8% de ajonjolí	T1	$32,54 \pm 0,25^d$
Galleta 15% de harina de plátano y 8% de ajonjolí	T2	$19,38 \pm 0,20^b$
Galleta 20% de harina de plátano y 8% de ajonjolí	T3	$17,52 \pm 0,25^a$

Los valores representan (promedio  $\pm$  SEM) datos provienen del experimento (n=3). Valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 15.** Comportamiento de DPPHIC50 (mg/mL) en galletas sustituidas con harina de plátano y ajonjolí

El estudio de la harina de plátano no maduro y el almidón aislado de variedades mexicanas de *Musa sp.* desconocidas es valioso, por su contenido alto de almidón (alrededor de 74 %, base seca), la resistencia del almidón a la hidrólisis por las enzimas digestivas, así como la capacidad antioxidante de la harina de plátano verde (APARICIO *et al.*, 2005; OVANDO *et al.*, 2009)

Tal como se observa en la figura 15, conforme se agrega más porcentaje de harina de plátano, el nivel de inhibición de los radicales libres es mayor. Según XI *et al.* (2011) cita que los antioxidantes reaccionan con DPPH iguales para el número de grupos hidroxilo disponibles. Así mismo sobre la capacidad antioxidante reporta PADILLA *et al.* (2008) está asociada a la presencia de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrogeno.

El fruto del plátano tiene compuestos polifenólicos con capacidad antioxidante (RODRIGUEZ *et al.*, 2008). QUIÑONES *et al.* (2013) cita que la

actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe mayormente a sus propiedades redox, las cuales desempeñan un papel importante en la adsorción y neutralización de radicales libres.

TOVAR (2001) indica que un aumento de la temperatura favorece la disolución de los compuestos fenólicos y CHEUNG *et al.* (2003) indica que a alta temperatura corto tiempo en el tratamiento hay un alto contenido de flavonoides. HURST *et al.* (2006) Determina que no todos los productos cocidos o al horno conserven el mismo nivel de actividad antioxidante.

#### 4.4. Caracterización química y evaluación de la estabilidad de la galleta seleccionada, durante tres meses de almacenamiento.

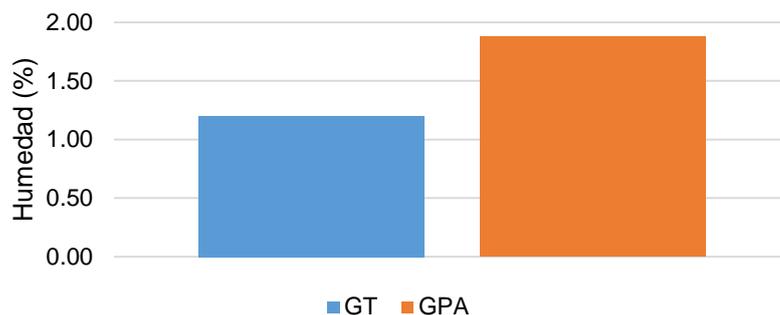
##### 4.4.1. Caracterización Químico Proximal de la galleta seleccionada

**Cuadro 12.** Resultados del análisis químico proximal de las galletas

Análisis	GT %	GPA (%)
Humedad	1,20 ± 0,01	1,88 ± 0,00
Proteína	13,42 ± 0,00	10,65 ± 0,00
Grasa	19,20 ± 0,01	22,01 ± 0,00
Fibra cruda	0,34 ± 0,01	1,01 ± 0,00
Ceniza	1,28 ± 0,00	1,54 ± 0,00
Carbohidratos*	64,56	62,91

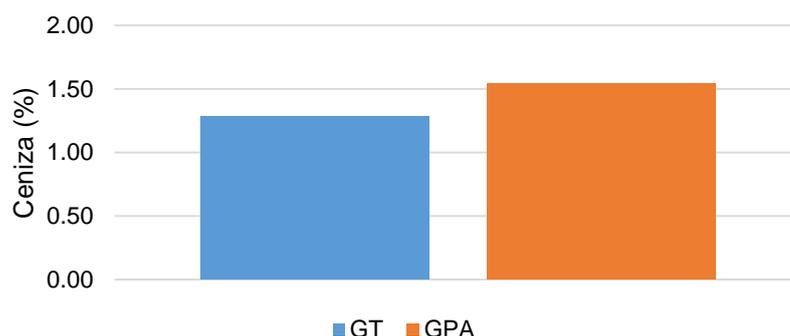
Valores promedio (n = 3) ± desviación estándar.

\*Datos obtenidos por diferencia



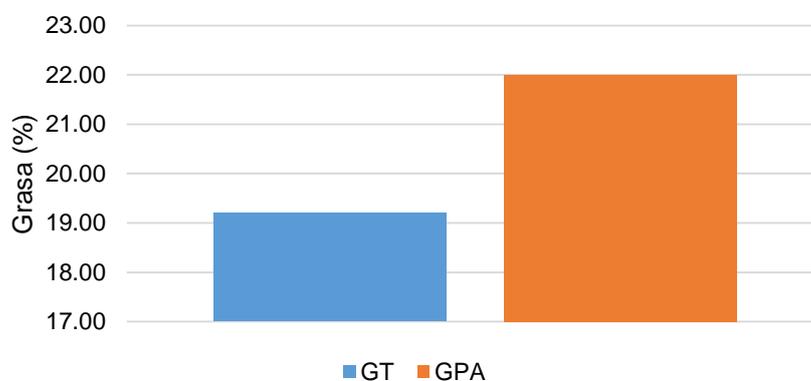
**Figura 16.** Resultado de porcentaje de humedad para galleta testigo y la galleta seleccionada.

Para los valores reportados, la sustitución con harina de plátano y ajonjolí aumento la humedad a  $1,88 \pm 0,00$  % con respecto al patrón sin sustitución ( $1,20 \pm 0,01\%$ ). Los estándares de humedad que son permitidos en la industria galletera es de un máximo 12% (MINSA, 2010). Los valores encontrados en la GPA se ajustan a este rango de tolerancia. Este aumento por la galleta experimental provocada probablemente por la sustitución es importante porque la humedad constituye uno de los controles más severo en la producción industrial de galletas (previo empaque) y en el seguimiento de la estabilidad en almacén debido a las implicaciones relacionadas con el tiempo de vida útil y la estabilidad química y microbiológica (WOLTERS *et al*, 1993).



**Figura 17.** Resultado de porcentaje de ceniza para la galleta testigo y galleta seleccionada.

El contenido de ceniza se incrementó en un  $1,54 \pm 0,00\%$  comparado con la galleta testigo ( $1,28 \pm 0,00\%$ ), esto se debió a la contribución en el contenido de ceniza por parte de la harina de plátano (NEWMAN *et al*,1998).



**Figura 18.** Resultado de porcentaje de grasa para galleta testigo y galleta seleccionada.

El porcentaje de grasa de las galletas elaboradas aumento ( $22,01 \pm 0,00\%$ ) comparada con la galleta patrón ( $19,20 \pm 0,01\%$ ), esto se debió al contenido de ajonjolí en la galleta a un 8%, en relación al contenido de grasa de los productos los resultados se encuentran dentro de la tendencia de acuerdo a

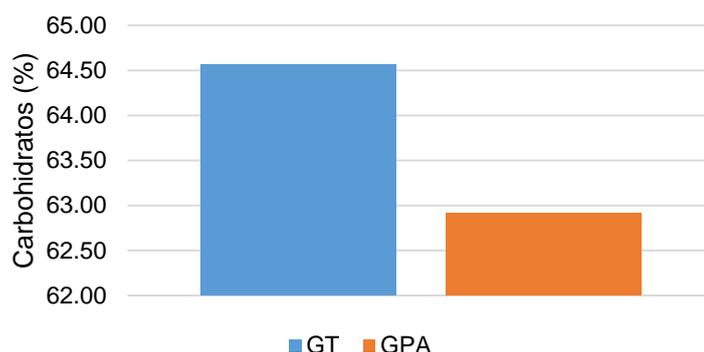
diferentes investigaciones para galletas comerciales, con rangos de valores dentro del 8,7% - 25,6% (ROBINSON *et al*, 2007).

HERNANDEZ *et al.* (2014) obtuvo 19,59 % de grasa en galletas con 10% de adición de ajonjolí, el contenido de grasa se estuvo dentro de los valores estándares de una galleta, pero con la variante que contiene aceite de ajonjolí. De las grasas presentes en la semilla de ajonjolí más del 80% son grasas polinsaturadas que ayudan a regular los niveles de colesterol en sangre.



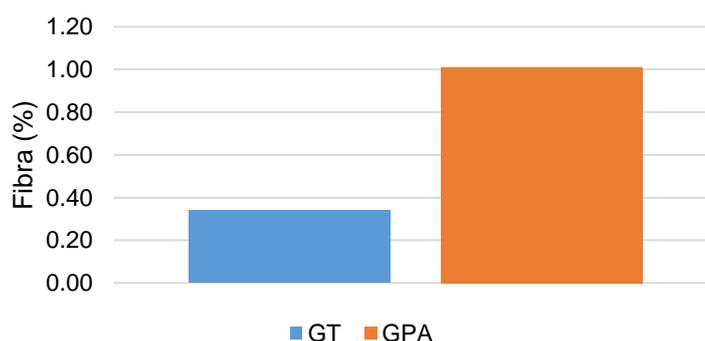
**Figura 19.** Resultado de porcentaje de proteína para galleta testigo y galleta seleccionada.

El contenido de proteína disminuyó ( $10,65 \pm 0,00\%$ ) con respecto a la galleta testigo ( $13,42 \pm 0,00\%$ ), esto se debe a que la harina de trigo tiene un alto valor proteico comparado con la harina de plátano, al sustituir la harina de trigo por el de plátano, disminuye el valor proteico de la galleta al sustituirla. En trabajos similares también se han obtenido bajos niveles de proteína cruda cuando se sustituye la harina de trigo por harina de otras fuentes diferentes a cereales (GARCÍA Y PACHECO, 2007)



**Figura 20.** Resultado de porcentaje de carbohidratos para galleta testigo y galleta seleccionada.

Los contenidos de carbohidratos fueron de 64,56 y 62,91% para la galleta testigo y la galleta sustituida respectivamente, observando una disminución entre ellas. Según HERNANDEZ y DIAZ (2012), en galletas sustituidas con harina de pijuayo (*Bactris gasipaes*) y almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta*) fue de 61,09 y 63,27 % respectivamente, lo cual representa un producto energético y atractivo para población infantil.



**Figura 21.** Resultado de porcentaje de fibra cruda para galleta testigo y galleta seleccionada

El contenido de fibra cruda obtenidos fue de  $0,34 \pm 0,01$  y  $1,01 \pm 0,00\%$  en la galleta patrón y experimental, respectivamente, lo que equivale a un incremento, tal como se esperaba con respecto a la galleta patrón. Según MALDONADO Y PACHECO, (2000) esto fue debido a la mayor cantidad de fibra aportada por la harina de plátano verde (9,67%).

Un gran número de ingredientes altos en fibra son utilizados en tecnología de alimentos en la formulación de nuevos productos, para aumentar el contenido de fibra existente en el alimento (MALDONADO Y PACHECO, 2000)

#### 4.4.2. Evaluación sensorial de la galleta seleccionada en almacenamiento durante 3 meses.

La galleta seleccionada final (20% de harina de plátano y 8% de ajonjolí) fue evaluada cada 30 días durante almacenamiento por 3 meses para los atributos de olor, color, sabor y crocantes.

**Cuadro 13.** Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de las galletas con sustitución parcial de harina de plátano y ajonjolí en almacenamiento.

Parámetro	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	30	60	90
Color	$6,25 \pm 0,48$	$6,75 \pm 0,28$	$6,75 \pm 0,28$	$6,2 \pm 0,32$
Olor	$5,4 \pm 0,28$	$3,2 \pm 0,44$	$6,1 \pm 0,47$	$6,8 \pm 0,28$
Crocantes	$5,6 \pm 0,54$	$6,1 \pm 0,54$	$6,8 \pm 0,18$	$6,8 \pm 0,46$
Sabor	$5,8 \pm 0,46$	$6,7 \pm 0,33$	$6,2 \pm 0,32$	$6,1 \pm 0,47$

Promedio  $\pm$  Desviación estándar (ANOVA factorial, n =12, Kruskal Wallis, P <0,05).

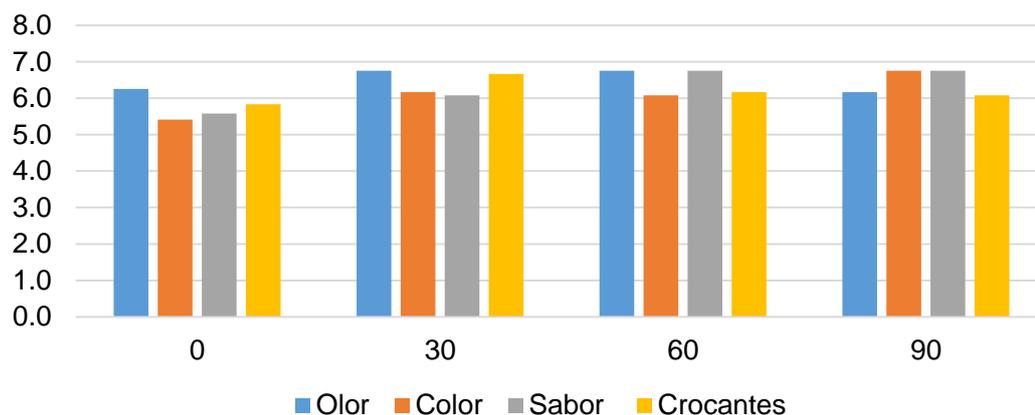
Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributo de color (A-IVa), según promedios presentados en el Cuadro 14, el de mayor nivel de aceptabilidad fue para el primer y segundo mes de almacenamiento  $6,75 \pm 0,28$  y el de menor aceptabilidad fue el del último mes  $6,2 \pm 0,32$ , de esto podemos decir que el color de la galleta no vario durante 2 meses y la aceptabilidad se mantuvo, sin embargo para el tercer mes hubo una ligera disminución en la aceptabilidad. Esto coincide con los resultados obtenidos por SANHUESA (2007) en donde galletas de quinua disminuyo su aceptabilidad en consumidores después del segundo mes de almacenamiento a  $20^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributo de olor (A-IVb), según promedios presentados en el Cuadro 14, el de mayor nivel de aceptabilidad fue el del último mes  $6,8 \pm 0,28$ , de esto podemos decir que el olor de la galleta no vario durante 3 meses y la aceptabilidad se mantuvo. Esto coincide con los resultados obtenidos por SANHUESA (2007) en donde galletas de quinua para olor no se observan diferencias significativas para la muestra almacenada a  $20^{\circ}\text{C}$ , lo cual indica que no hubo pérdida de aroma a través del tiempo, en cambio en las muestras almacenadas a  $30^{\circ}$  y  $40^{\circ}\text{C}$  se observaron diferencias.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributo de sabor (A-IVc), según promedios presentados en el Cuadro 14, el de mayor nivel de aceptabilidad fue el del primer y segundo mes  $6,7 \pm 0,33$  y  $6,2 \pm 0,32$ , de esto

podemos decir que el sabor de la galleta no vario durante 2 meses y luego para el tercer mes comenzó una disminución en la aceptabilidad de la galleta. Esto coincide con los resultados obtenidos por SANHUESA (2007) en donde galletas de quinua mantuvo su sabor a través del tiempo, pero en la última semana del segundo mes presentó disminución de sabor para la muestra a 20° C y la aparición de pequeños sabores grasos y rancios para las muestras almacenadas a 20° y 30° C.

Los resultados del análisis no paramétrico Kruskal Wallis, no arrojaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el atributo de crocantes (A-IVd), según promedios presentados en el Cuadro 13, el de mayor nivel de aceptabilidad fue el del tercer mes  $6,8 \pm 0,46$ , de esto podemos decir que la crocantes de la galleta no vario durante 2 meses y luego para el tercer mes comenzó una disminución en la aceptabilidad de la galleta. Según SANHUESA (2007) en galletas de quinua muestra que la disminución es considerable en este parámetro a partir del segundo mes, ya que se advirtieron galletas muy blandas y duras, y esto puede deberse a la poca homogeneidad de transferencia de calor al momento del horneado de las galletas; puesto que denota una gran irregularidad en el comportamiento como en los datos obtenidos texturalmente. MALDONADO Y PACHECO (2000) menciona que la crocantes de la galleta puede afectarse debido a la humedad o grado de higroscopicidad de la galleta en el momento de la evaluación.



**Figura 22.** Perfil sensorial para cada atributo según tratamiento de galletas sustituidas con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento

La evaluación general para todos los atributos entra en un rango de promedios comprendido entre 5,8 y 6,8, lo que significa que todos los tratamientos son considerados según el nivel de agrado por los panelistas como Me gusta levemente.

Esto se evidencia porque el promedio general para todos los atributos en el grado de preferencia (Figura 22) muestra que la galleta seleccionada (20% de harina de plátano y 8% de ajonjolí) durante su almacenamiento presenta una estabilidad en cuanto a sus parámetros de color, olor, sabor y crocantes, durante los dos primeros meses, presentando ligeras disminución en la aceptabilidad con respecto a crocantes y sabor, esto puede deberse al empaque utilizado en el almacenamiento fue de polipropileno de densidad media. SANHUESA (2007) menciona que, con el transcurso del tiempo, los distintos parámetros disminuyen su puntaje, así como también se observa que, a mayor temperatura de almacenamiento, mayor descenso en los

valores, es decir mayor deterioro. En una investigación realizada se informó que las puntuaciones más altas de aceptabilidad general (7,66) fueron para galletas con un 15% de linaza y después de este nivel de sustitución se observó una disminución en las puntuaciones de aceptabilidad (KAUR *et al.*, 2016).

Según HERNÁNDEZ Y COLS (2000), para que posea una prolongada vida útil en galletas, snacks y alimentos de cereal, el mejor envase a seleccionar es el de polipropileno biorientado metalizado (BOPP) puesto que este envase posee una excelente barrera al vapor de agua, luz, oxígeno y de forma mecánica.

#### 4.4.3. Determinación de la estabilidad de la galleta en almacenamiento durante 3 meses.

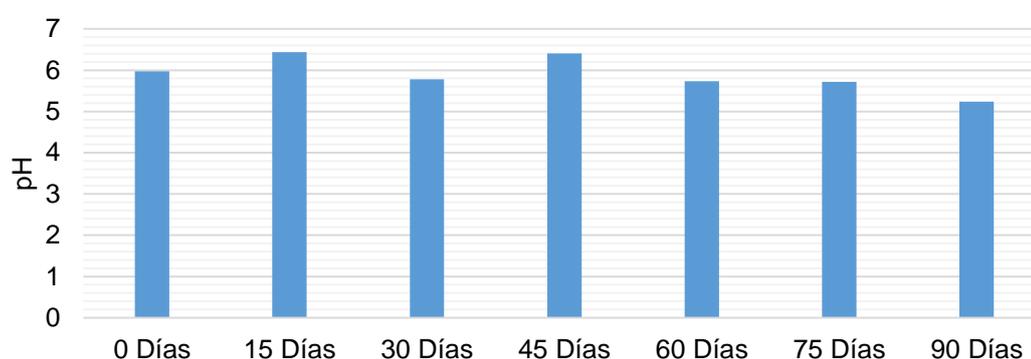
**Cuadro 14.** Resultados de los parámetros de evaluación de la estabilidad de almacenamiento durante 3 meses.

Tiempo de almacenamiento	IC <sub>50</sub> mg/mL	Azucares Reductores (%)	Humedad (%)	pH
0 Días	17,52 ± 0,29 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,03 <sup>de</sup>	1,88 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,97 ± 0,01 <sup>d</sup>
15 Días	22,88 ± 0,42 <sup>c</sup>	0,90 ± 0,05 <sup>c</sup>	3,55 ± 0,02 <sup>cd</sup>	6,44 ± 0,02 <sup>e</sup>
30 Días	20,21 ± 0,39 <sup>b</sup>	0,52 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,72 ± 0,09 <sup>cde</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>c</sup>
45 Días	26,69 ± 0,42 <sup>de</sup>	1,06 ± 0,02 <sup>d</sup>	2,74 ± 0,06 <sup>b</sup>	6,41 ± 0,01 <sup>e</sup>
60 Días	30,51 ± 0,68 <sup>f</sup>	0,68 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,47 ± 0,09 <sup>c</sup>	5,73 ± 0,01 <sup>b</sup>
75 Días	25,85 ± 0,29 <sup>d</sup>	0,92 ± 0,01 <sup>c</sup>	3,98 ± 0,05 <sup>e</sup>	5,72 ± 0,02 <sup>b</sup>
90 Días	29,07 ± 0,92 <sup>ef</sup>	1,20 ± 0,02 <sup>e</sup>	3,83 ± 0,03 <sup>de</sup>	5,24 ± 0,01 <sup>a</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=3). Valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05).

En el cuadro 14 se muestran los valores en el contenido de antioxidantes expresado en IC50, azúcares reductores, humedad, acidez y pH de la galleta seleccionada durante tres meses de almacenamiento a una temperatura de 20°C y 70 HR; las evaluaciones fueron realizadas cada 15 días.

Estos factores constituyen los parámetros de control de calidad determinante en este tipo de galleta, dado que de ella depende el tiempo de vida útil. El control del pH tiene la finalidad de verificar si hubo una formulación con excesivo bicarbonato de sodio el cual ejerce en las galletas un efecto regulador en la hidrofobicidad durante el proceso de amasado (MALDONADO Y PACHECO, 2000).

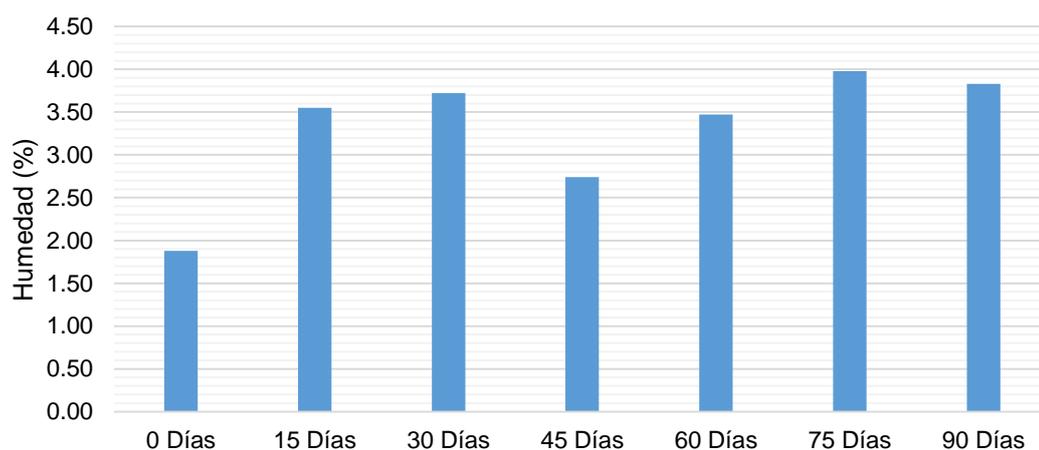


**Figura 23.** Comportamiento de pH en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento

De los resultados presentados en el cuadro 14 y Figura 23 podemos indicar que se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-XIXa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-XIXb) para los resultados obtenidos de pH en la galleta como menor valor fue de  $5.24 \pm 0.01$  la cual fue en el tercer mes y el mayor valor fue de  $6.44 \pm 0.02$  en el primer mes. Según FDA

(2007) las galletas saladas comerciales están en un rango de pH de 5.65 - 7.32, por lo que se puede decir que los valores obtenidos están dentro del rango establecido, durante su estado en almacenamiento, a excepción del valor obtenido en el último mes.

Según CERON *et al.* (2014), en todos los niveles de sustitución, para los contenidos de pH en las galletas sustituidas con harina de papa en un 30, 40 y 50% no variaron entre 30 y 60 días después de elaboradas 6,83 para pH. (GARCÍA Y PACHECO, 2007) en galletas elaboradas con harina de arracacha al tercer mes obtuvo pH 5,75.

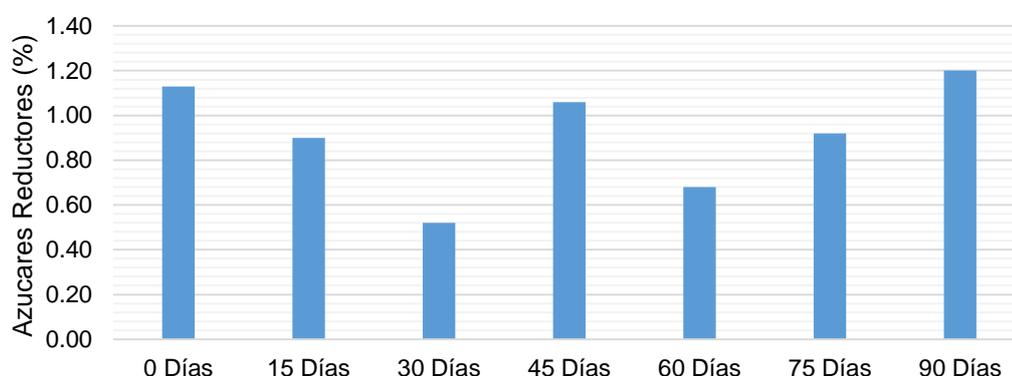


**Figura 24.** Comportamiento de la humedad en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento

Para los resultados de humedad podemos indicar que se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-XXa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-XXb) en la galleta como menor valor fue de  $1.88 \pm 0.00\%$  en el primer mes y el de mayor valor fue de  $3,98 \pm 0,05 \%$  en el tercer mes. Según las NORMAS MEXICANAS (1983) establece que el valor máximo

de humedad permitido en galletas comerciales es de 8%, Asimismo según normas DIGESA (2010), el valor máximo permisible en galletas es de 12%. Por lo que se puede concluir que los valores obtenidos están dentro del valor permitido según normas para galletas comerciales.

Según CERON *et al.* (2014), en todos los niveles de sustitución, en contenido de humedad en las galletas sustituidas con harina de papa en un 30, 40 y 50% no variaron entre 30 y 60 días después de elaboradas 11,85 - 13,4% de humedad, resultados similares a los encontrados por García y Pacheco (2007) en galletas elaboradas con harina de arracacha y por Reátegui *et al.* (2001) en galletas elaborados con harinas no convencionales.

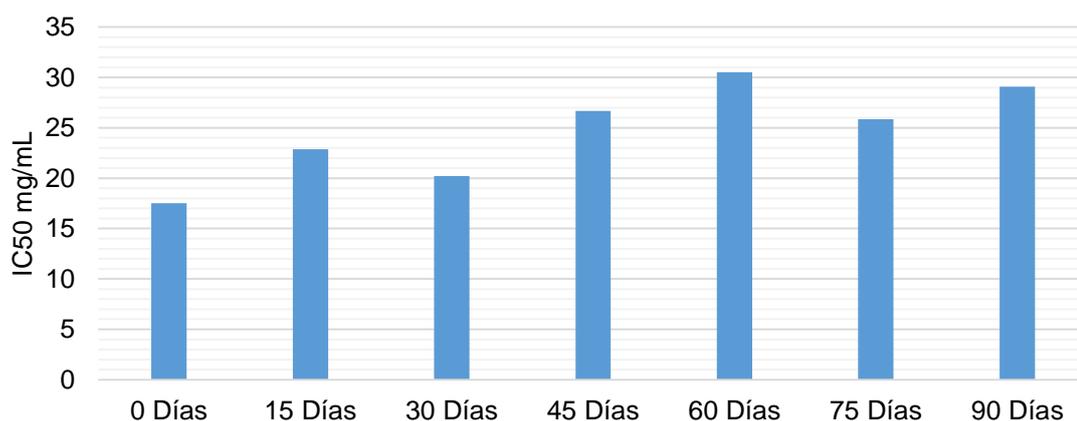


**Figura 25.** Comportamiento de azúcares reductores en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento

Para los valores de azúcares reductores, podemos indicar que se encontró diferencia estadística (A-XXIa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-XXIb) el valor mínimo fue de  $0.52 \pm 0.01$  % para el primer mes y de mayor valor fue de  $1,20 \pm 0,02$  % para el tercer mes, observando un ligero aumento hasta el tercer mes. Según MALDONADO Y PACHECO (2000)

encontraron valores de azúcares reductores de 3,11% para galletas de chocolate con harina de trigo y de 3,19% para galletas sustituidas en un 7% con harina de plátano; esto debido a que se trata de galleta dulce y siendo valores inferiores para galletas saladas.

Es importante destacar que la existencia de altas concentraciones de los azúcares afectan considerablemente las propiedades de las galletas y son factores fundamentales al establecer las interacciones de los componentes dentro de la matriz del alimento (MARLETT y LONGACRE, 1996)



**Figura 26.** Comportamiento de DPPHIC<sub>50</sub> (mg/mL) en galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí durante almacenamiento

De los resultados presentados en el cuadro 14 podemos indicar que se encontró diferencia estadística (A-XXIIa) entre los tratamientos, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (A-XXIIb) podemos apreciar que la mayor eficiencia frente al radical DPPH lo presentó el primer mes  $IC_{50} 17.52 \pm 0.29$  mg/mL y de menor eficiencia fue a los 60 días  $IC_{50} 30,51 \pm 0,68$  mg/mL, por lo que podemos decir es que conforme va avanzando los días desde su elaboración la capacidad antioxidante va disminuyendo. Estos resultados coinciden con los obtenidos en galletas sin gluten, donde la capacidad antioxidante medida usando la prueba DPPH mostró

una disminución de la tendencia durante el almacenamiento en todas las muestras de galletas investigadas (SAKAC *et al.*, 2016). Se demostró que un alto contenido fenólico conduce a un alto contenido en actividad antioxidante (AWOLU *et al.*, 2016), se sabe que la harina de plátano contiene estos compuestos.

Según resultados obtenidos por ALVARES Y CARDENAS (2010) en mermelada de tuna obtuvieron un mayor nivel de eficiencia frente al radical DPPH en el primer día de elaboración  $IC_{50}$  19,36 mg/mL, sin embargo al segundo mes de almacenamiento tuvo un menor nivel de eficiencia frente al radical DPPH con  $IC_{50}$  20,33 mg/mL, debido a esto se concluyó que la fruta al ser sometida a temperatura y luego en almacenamiento, varia su actividad antioxidante, esto no quiere decir que se pierden todas sus propiedades reducir a los radicales libres.

## V. CONCLUSIONES

La investigación permitió establecer las siguientes conclusiones:

- La harina de trigo presentó mayor contenido de proteínas, humedad y menor contenido de ceniza comparado con la harina de plátano, para la mezcla se obtuvo valores intermedios de 10,20; 14,40 y 0,83% tanto de proteína, humedad y ceniza respectivamente.
- Las formulaciones de mayor aceptabilidad fueron con 10%, 15% y 20% de harina de plátano, con un agregado de 8% de ajonjolí. Las tres mezclas de harinas presentaron valores similares de  $59,97 \pm 0,03\%$ ; 2,07 min; 6,10 min y  $118,22 \pm 0,01 \%$  en cuanto a absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad de masa y grado de ablandamiento respectivamente.
- Las galletas elaboradas con la formulación 20% de harina de plátano y 8% de ajonjolí obtuvo mayor capacidad antioxidante (DPPH) obteniéndose valores de IC50  $17,52 \pm 0,25$  mg/mL.
- La galleta sustituida con harina de plátano y ajonjolí dio como resultado mayor contenido de fibra y ceniza, comparado con la galleta testigo. En el almacenamiento se observó que hubo diferencia estadística, debido a que se dio un aumento tanto de humedad, azúcares reductores, pH y

capacidad antioxidante conforme pasaba los meses, pero estos aún se encontraron en los límites permitidos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda elaborar y consumir la galleta con el tratamiento de 20% de sustitución de harina de plátano y 8% de ajonjolí, debido a que se consideró como mejor tratamiento por su mayor contenido de fibra, ceniza y capacidad antioxidante (DPPH).
- Se recomienda realizar análisis de aminograma en la galleta con mejor tratamiento para evaluar su valor nutritivo.
- Realizar estudios de sustitución para la elaboración de galletas utilizando harinas compuestas de: maíz, papa, yuca y otros.
- Evaluar el estudio de su vida útil de la galleta utilizando otro empaque para su almacenamiento, como el polipropileno biorientado (BOPP).

## VII. ABSTRACT

The present investigation consisted in the elaboration of biscuits with partial substitution of wheat flour (HT) for banana meal (HP) and sesame seeds (SA). Protein, moisture and ash analyzes were performed on the flours and a selected flour mixture. The flour mixture presented higher protein content (10.2%), humidity (14.40%) than HP, but lower than HT. The sensorial attributes of the formulated cookies were determined. The results were evaluated with an DCA and Kruskal Wallis test for sensory analysis. Biscuits with 10, 15 and 20% HP and 8% of sesame seeds were selected and farinographic analyzes of the flours and the antioxidant capacity ( $IC_{50}$ ) of the cookies. Flours with HP 10, 15 and 20% had similar values of water absorption ( $\leq 60.00\%$ ) and different values statistically ( $p \leq 0.05$ ) for development time, mass stability and degree of softening. Cookies with 20% HP and 8% SA (GS) had  $IC_{50} = 17.52 \pm 0.25$  mg / mL, with moisture, protein, fat, crude fiber, ash and carbohydrates of 1.88, 10.65, 22.01, 1.01, 1.54 and 62.91%, respectively. The first two months the selected biscuits did not present statistical differences ( $p \leq 0.05$ ) in odor, color, flavor and crunch, the third month decreased the acceptability of crunch and flavor. Ninety days of storage decreased  $IC_{50}$  ( $29.07 \pm 0.92$  mg / mL), reducing sugars ( $1.20 \pm 0.02$ ) and pH ( $5.24 \pm 0.01$ ) and an increase in Humidity ( $3.83 \pm 0.03$ ).

**Key words:** Banana flour, sesame, biscuits, flour substitution.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANZALDÚA – MORALES, A. 1994. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la Práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ALVARES PICO, D. CARDENAS VILLACRES, J. 2010. Aplicación del método químico DPPH para determinar la capacidad antioxidante presente en una mermelada de tuna. Tesis de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería química. Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- ARANA, A. 1973. Sustitución de harina de maíz por harina de plátano en la alimentación de pollos parrilleros. Tesis Ing.Zootecnista. Tingo María.
- ARAI, S. 1996. Studies on functional foods in Japan-State of the Art.BiosciBiotechnolBiochem. 60(1):9-15
- APARICIO-SAGUILAN, A., E. Flores-Huicochea, J. Tovar, F. Garcia-Suarez, F., Gutierrez-Meraz, and L.A. Bello-Perez. 2005. Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and linterized banana starch: partial characterization. Starch/Starke. 57: 405-412.
- AWOLUU, OO; OMOBA, O.; DAIRO,M, 2016.Optimización of production and quality evaluation of maize-based snack supplemented with soybean and tiger-nut (Cyperus esculenta) flour. Food Science & Nutrition 5(1): 3-13

- BERNAL, I. 1994. Análisis de alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Santa Fé de Bogotá D.C. Colombia
- BERLANGA SILVENTE, V Y RUBIO HURTADO, 2012 Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. En línea REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació, Vol. 5, núm. 2, 83-100
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M., BERSET, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm. Wiss Technol., Francia. 28: 25-30.
- BOITA, FER; ORO, T .; BRESSIANI, J .; SANTETTI, GS; BERTOLIN, TE; GUTKOSKI, LC, 2016. Reológico propiedades de masa de harina de trigo y el pan con salvado de trigo. Journal of Cereal Science, 71, 177182.
- CASIQUE, C. 2014. Determinación del contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante en alimentos preparados con licor y polvo de cacao. Tesis. Ingeniero en industrias alimentarias. Universidad nacional agraria de la selva. Tingo María, Perú, p 53-60
- CHAMPION. J. 1968. "El plátano". Ed. Bluma. Barcelona - España. 247p
- CHAVEZ, M. HERNÁNDEZ, M. ROLDAN, J. 1992. Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Comisión Nacional de Alimentación del Instituto Nacional de Nutrición. DF, México, Continental S.A. 78 p.

- CHEUNG., V. C. E. OOI. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry*.81: 249- 255.
- CERÓN C, BUCHELI J, OSORIO MORA, 2014. Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (*Solanum tuberosum*).  
Rec.: 20.08.2013 Acep.:19.05.2014
- COLLAZOS. CH.; WHITE, P.L; WHITE, **8**. 1003. La composición de los alimentos peruanos. Ministerio de la Salud Pública. Lima, Perú, 36p
- DENDY, D. DOBRASZCZYK, B. 2001. Cereales y Productos Derivados. Química y Tecnología. Zaragoza, España, Acribia S.A. p 17, 312- 316,326,423,426.
- DIAZGRANADOS GARCÍA, Rubén. 2011. Leche (horchata) de sésamo o ajonjolí en reemplazo de la leche de vaca. Clínica Internacional de Medicina Biológica. Fundación en Buenas Manos. Cartagena de Indias.
- DIONICIO MACHARI, G.2008. Rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) con dosis de humus de lombriz en el fundo Miraflores banda de shilcayo, San Martín- Perú. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional San Martín Tarapoto.
- DUNCAN, J. 1983. Tecnología de la industria galletera. Ed. Acribia. Zaragoza. España 483 p.
- DUNCAN, R. 1989. Tecnología de la Industria galletera. Zaragoza, España. Acribia S.A. 483 p.
- ELÍAS, L. 1996. Concepto y Tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala C.A. 121(2): 179 - 182.

- FDA, 2007. U.S. Food and drug administration, center for food safety and applied nutrition. pH values of food products. Food Eng. 34(3): 98-99.
- GARCÍA MENDEZ, A y PACHECO DE DELAHAYE E. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). Revista Facultad. Nacional Agraria. Medellin. Vol 60 N°2 p.4195-4212.
- GUSAKOV, 2011. Alternatives to *Trichoderma reesei* in biofuel production Trends Biotechnol., 29 (2011), pp. 419–435
- HERNÁNDEZ, R. 2006. Elaboración de espagueti adicionado con almidón de plátano: caracterización física, química, nutricional y de calidad. Tesis maestría. Morelos, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro de desarrollo de productos bióticos. p. 7 - 9, 15 -16, 31.
- HERNANDEZ R, Selke S, Culter J. 2000. "Plastics Packaging properties, processing, applications, and regulations". Hanser Gardner Publications, INC., Cincinnati, 102-103, 328-337.
- HERNÁNDEZ-MONZÓN, GARCÍA-PEDROSO II; CALLE-DOMÍNGUEZ, DUARTE-GARCÍA. 2014. Desarrollo de una galleta dulce de ajonjolí. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, Tecnología Química, vol. XXXIV, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 197-206
- HERNÁNDEZ G, DIAS O. 2012. Elaboración de galletas como alternativa para la soberanía alimentaria en la región amazónica colombiana. Universidad de Antioquia, Medellín- Colombia
- HURST, W., MILLER, B., STUART, A., SMITH, L., LEE, Y., MCHALE, L., FLANAGAN, A., OU, B. 2006. La actividad antioxidante y polifenoles y

procyanidin contenido de los productos que contienen cacao y chocolate disponibles comercialmente seleccionados en los Estados Unidos. J. Agric. Food Chem.,EE.UU. 54(4):4062-4068

INDECOPI. 1992. Galletas - Requisitos. Norma Nacional 206 - 001. Perú.

IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales). Norma IRAM 15855, 2000. Harina de trigo. Características físicas de las masas. Determinación de la absorción de agua y de las propiedades reológicas, utilizando un farinógrafo. Buenos Aires, Argentina.

KAUR, M.; SINGH, V.; KAUR, R. 2016. Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo con diferentes niveles harina de linaza sobre las propiedades fisicoquímicas, antioxidante y características sensoriales de las galletas. Los carbohidratos bioactivos y la fibra dietética, 9, 1420.

KIRA, R, SAWYER, R., EGAN, H.1996. Composición y análisis de alimentos de Parson. 2 ed. DF., México, continental S.A. 135 p.

LAZCANO ELIZABETH,2005. Panificados y Productos de Confitería, Dirección Nacional de Alimentos, Argentina.

LUCERO PAREDES, M. 2010. Caracterización Fisicoquímica y sensorial del pan francés con sustitución parcial de harina de maíz "chuncho" (*Zea mays L.*) y adición de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) como fibra. Tesis. Ingeniero en industrias alimentarias. Universidad nacional agraria de la selva. Tingo María, Perú, p 65-97

MALDONADO R, PACHECO DE DELAHAYE. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Instituto de Química y

- Tecnología. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.  
Maracay, Venezuela. v.50 n.4. versión digital ISSN 0004-0622.
- Marlett J and Longacre M. 1996. Comparison of in vitro and in vivo measures of resistant starch in selected grain products. *Cereal Chem.*73 (1): 63-68.
- MAZZANI, E, *et al.* Selección de cultivares de ajonjolí por características físicas del grano. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay. 1995
- MENESES, V. 1994. Sustitución de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de frijol ñuña (*phaseolus vulgaris* L.) en la elaboración de galletas dulces utilizando los métodos de horneado convencional y microondas. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima. Perú.
- MINSA, 2010. Norma Sanitaria para la fabricación, Elaboración y Expendio de productos de panificación, galletería y pastelería. RM N°1020-2010/MINSSA
- A.O.A.C. 2008. Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos 22 Mundi.- Prensa Madrid. España.
- MILLER, 1959. Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugar *Anal. Chem.*, 31 (1959), pp. 426–428
- NEWMAN R, ORE K, ABBOTT J AND NEWMAN C. 1998. Fiber enrichment of baked products with a barley milling fraction. *Cereal Food World.*;43 (1):23-25.
- NORMAS MEXICANAS, 1983. Dirección general de normas. NMX-F-006-1983. Alimentos. Galletas. Food. Cookie.

- NUÑEZ FLORES, D.2009. Estudio de la Factibilidad Técnica y Económica de una Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de otros Cereales aplicado en la Industria Galletera. Tesis Ingeniero de alimentos. Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción. Escuela superior politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador
- OVANDO, M. 2008. Pasta adicionada con harina de plátano digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis maestría Morelos, México. Instituto politécnico Nacional. Centro de desarrollo de productos bióticos. P.3-33
- OVANDO-MARTINEZ, M., SÁYAGO-AYERDI, S., AGAMA-ACEVEDO, E., GOÑI, I., BELLO-PÉREZ, L. 2009. Unripe banana flour as an ingredient to increase the (indigestible carbohydrates of pasta. Food Chemistry. 113: 121-128.
- PADILLA, F.. RINCON. A., BOU-RACHED, L. 2008. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Farmacia, Unidad de Análisis de Alimentos. Caracas, Venezuela. 58 (3): 303 — 308.
- PANTANELLI, A. 2006. "Marcas Propias y Marcas Privadas, Perfiles de un desafío", Revista Alimentos Argentinos N°8, Dirección de Industria Alimentaria - S.A.G.P.
- PATZI, J. 2007. Determinación de Tiamina y Riboflavina en harinas de trigo, de soya y harina de plátano por el método fluorométrico. Tesina para licenciatura en bioquímica- Farmacia. La Paz, Bolivia. Facultad de ciencias Farmacéuticas y bioquímicas. Universidad Mayor de San Andrés.

- PELISSARI, F., ANDRADE, M.; DO AMARAL, P.; MENEGALLI, F. 2010. Propiedades mecánicas de biopelículas de harina de plátano: resultados preliminares. *Agrobioenvases*. 1 p
- QUIÑONEZ, J., TRUJILLO, R., CAPDESUÑER, Y., QUIRÓS, Y., HERNÁNDEZ, M. 2013. Potencial de actividad antioxidante de extractos fenólicos de *theobroma cacao* L. (cacao). *Rev. Cubana de plantas medicinales, Cuba*. 18(2):201-215.
- QUAGLIA, O. 1991. *Ciencia y tecnología de la panificación*. 2d\* ed. Zaragoza, Espeta Acribia S.A. 485 p.
- REÁTEGUI, S.; MAURY, L.; CHIRINOS, C.; CHIRINOS, F.; Y ARICARI, L. 2001. Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. *Rev. Amaz. Investig. Alimen*. 1(1):43 – 48.
- ROBINSON J, SINGH R, KAYS S. 2007. Evaluation of an automated hydrolysis and extraction method for quantification of total fat, lipid classes and trans fat in cereal products. *Food Chem* 107:1150.
- ROBLES SANCHEZ, R. *Producción de oleaginosas y textiles*. México, Limus, 1980. Pp.21-163
- RODRIGUEZ, M. 2008. *Bebidas enriquecidas con vitaminas y antioxidantes*. *Revista ciencia y tecnología alimentaria*., México. 3(3):123-126.
- SAKAC, M.; PESTORIC, M.; MANDIC, A.; MISAN, A.; NEDELJKOVIC, N.; JAMBREC, D.; SEDEJ, I. 2016. Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. *Journal of Cereal Science*, 69, 336-343

- SANHUEZA PICON, F.2007. Desarrollo de galletón de quinua (*CHENOPODIUM QUINOA WILLD*) con nuez. Tesis. Ingeniero en alimentos. Universidad de Chile. Santiago, Chile, p 65-97
- TOBIN. G, MULLER, H. 1998.Nutrición y ciencia de los alimentos. 1 ed. Zaragoza. España, Acribia, S. A. 238 p.
- TOVAR, J. 2001. Estudio del efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego al olivo (*olea europea* L.) de la variedad arbequina sobre la composición del aceite. Tesis doctoral. Lleida, España. Universidad de Lleida.128p.
- UREÑA, M., D'ARRIGO, P. M., GIRÓN, H. O. (1999). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Agraria.
- VÁSQUEZ, G. SALAZAR. C. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del **Plátano** Gobierno del estado de Colima. [En línea]: seder. (<http://seder.col.gob.mx/paquetes/PLATANO.pdf>, documento revisado el 16 de octubre del 2016).
- WATTS, B.M., YLIMAKI, G.L., JEFFERY, L.E. Y ELIAS, L.G. Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa, Ont., Canada: International Development Research Centre, 1989. 170 p
- WATTS, B.B, YLIMAKI, G.L., JEFFERY, L. E., y ELÍAS, L.G. (2001). Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. CIID. Ottawa Canadá.
- Wolters M, Diepenmaat H, Hermus J and Voragen G. Relation between.1993 "In vitro" availability of minerals and food composition. A mathematical model. J Food Science. ;5(6):1349-1354.

XI, J., SHEN, D., LI, Y., ZHANG, R. 2011. Comparison of in vitro antioxidant activities and bioactive components of green tea extracts by different extraction methods. *International Journal of Pharmaceutics, China*, 408:97-101

ZUCCARELLI T.; WALDO, J.; BERNARDETTE, H.; HERMANN, S. 1984. Estudio bromatológico de dos tipos de galletas con cobertura grasa. *Revista Chilena de Nutrición*. Vol.12 N° 3. Diciembre. pp. 208-211.

## IX. ANEXOS

**A-I.** Cartilla de evaluación sensorial para cada atributo de olor, color, sabor y crocantes en galletas con sustitución parcial de harina de plátano y ajonjolí

### FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

**NOMBRE:**

**FECHA:**

**INSTRUCCIONES:** Frente a usted se presenta una muestra de galleta salada. Por favor, observe y pruebe la muestra e Indique su nivel de agrado marcando con una "x" en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.

Escala	Calificación para cada atributo			
	Olor	Color	Sabor	Crocantes
Me gusta extremadamente				
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Me gusta levemente				
No me gusta ni disgusta				
Me disgusta levemente				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta extremadamente				

**A-IIa.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de olor por

Tratamientos

Tratamientos	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	62,125
2	12	71,75
3	12	58,5833
4	12	40,5417
5	12	60,0417
6	12	47,7083
7	12	48,5833
8	12	61,4167
9	12	39,75

---

 Estadístico = 12,3508 Valor-P = 0,136224
**A-IIb.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de color por

tratamientos

Formulación	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	57,75
2	12	48,625
3	12	63,25
4	12	46,3333
5	12	53,25
6	12	52,2083
7	12	61,2917
8	12	59,8333
9	12	47,9583

---

 Estadístico = 4,02245 Valor-P = 0,855092

**A-IIC.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de sabor por tratamientos

Formulación	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	72,5833
2	12	52,1667
3	12	67,875
4	12	36,3333
5	12	54,7083
6	12	47,0
7	12	60,375
8	12	54,875
9	12	44,5833

Estadístico = 13,2907 Valor-P = 0,102232

**A-IIId.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de crocantes por tratamientos

Formulación	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	62,9583
2	12	58,4167
3	12	63,9167
4	12	42,4583
5	12	57,4583
6	12	40,7083
7	12	66,5417
8	12	52,7917
9	12	45,25

Estadístico = 9,81321 Valor-P = 0,278382

**A-IIIa.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de olor por tratamientos

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	52,2917
2	12	47,1667
3	12	51,5417
4	12	45,4167
5	12	51,7917
6	12	53,375
7	12	59,9583
8	12	67,6667
9	12	61,2917

Estadístico = 5,27157 Valor-P = 0,728196

**A-IIIb.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de color por tratamientos

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	51,9583
2	12	42,375
3	12	58,375
4	12	44,1667
5	12	57,125
6	12	56,5833
7	12	49,0833
8	12	61,375
9	12	69,4583

Estadístico = 7,47856 Valor-P = 0,485985

**A-IIIc.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de sabor por tratamientos

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	49,0
2	12	48,125
3	12	52,5
4	12	49,7917
5	12	55,7083
6	12	48,4583
7	12	63,9583
8	12	55,125
9	12	67,8333

Estadístico = 5,1893 Valor-P = 0,737166

**A-III d.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de crocantes por tratamientos

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	48,25
2	12	43,6667
3	12	58,2083
4	12	35,2917
5	12	57,875
6	12	67,8333
7	12	57,0417
8	12	58,7083
9	12	63,625

Estadístico = 10,8233 Valor-P = 0,211912

**A-IVa.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de olor por tratamientos

Meses	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0	12	24,1667
30	12	26,0833
60	12	27,25
90	12	20,5

Estadístico = 1,75241 Valor-P = 0,625342

**A-IVb.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de olor por tratamientos

Meses	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0	12	17,8333
30	12	24,7917
60	12	24,625
90	12	30,75

Estadístico = 5,36642 Valor-P = 0,146848

**A-IVc.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de crocantes por tratamientos

Meses	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0	12	17,5
30	12	24,5
60	12	28,0
90	12	28,0

Estadístico = 4,92065 Valor-P = 0,177698

**A-IVd.** Prueba de Kruskal Wallis para el atributo de sabor por tratamientos

Meses	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	12	22,1667
2	12	29,0417
3	12	23,125
4	12	23,6667

Estadístico = 1,87833 Valor-P = 0,598035

**A-Va.** Análisis de varianza para absorción de agua por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	162,703	4	40,6759	15215,41	0,0000
Intra grupos	0,0267333	10	0,00267333		
Total (Corr.)	162,73	14			

**A-Vb.** Prueba de Tukey para absorción de agua por muestra

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	54,5567	a
3	3	59,9667	b
4	3	59,9667	b
5	3	59,9667	b
1	3	64,9667	c

**A-VIa.** Análisis de varianza para tiempo de desarrollo por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	70,2209	4	17,5552	658321,00	0,0000
Intra grupos	0,000266667	10	0,0000266667		
Total (Corr.)	70,2212	14			

**A-VIb.** Prueba de Tukey para para tiempo de desarrollo por muestra

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	1,52667	a
4	3	1,8	b
5	3	2,06667	c
3	3	2,14667	d
1	3	7,26667	e

**A-VIIa.** Análisis de varianza para estabilidad por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	122,551	4	30,6378	22750,82	0,0000
Intra grupos	0,0134667	10	0,00134667		
Total (Corr.)	122,565	14			

**A-VIIb.** Prueba de Tukey para para estabilidad por muestra

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	1,19667	a
4	3	5,76667	b
5	3	6,1	c
3	3	6,96667	d
1	3	10,0967	e

**A-VIIIa.** Análisis de varianza para grado de ablandamiento por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2900,51	4	725,127	27192257,12	0,0000
Intra grupos	0,000266667	10	0,0000266667		
Total (Corr.)	2900,51	14			

**A-VIIIb.** Prueba de Tukey para para grado de ablandamiento por muestra

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	88,6367	a
3	3	109,447	b
5	3	118,217	c
4	3	124,44	d
2	3	127,297	e

**A-IXa.** Análisis de varianza para proteína en harina por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	148,46	2	74,23	*****	0,0000
Intra grupos	0,0	6	0,0		
Total (Corr.)	148,46	8			

**A-IXb.** Prueba de Tukey para para proteína en harina por muestra

MUESTRA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	4,4	a
3	3	10,2	b
1	3	14,3	c

**A-Xa.** Análisis de varianza para humedad en harina por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,06	2	0,03	*****	0,0000
Intra grupos	0,0	6	0,0		
Total (Corr.)	0,06	8			

**A-Xb.** Prueba de Tukey para para humedad en harina por muestra

MUESTRA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	14,3	a
3	3	14,4	b
1	3	14,5	c

**A-XIa.** Análisis de varianza para ceniza en harina por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,8152	2	0,9076	*****	0,0000
Intra grupos	0,0	6	0,0		
Total (Corr.)	1,8152	8			

**A-XIb.** Prueba de Tukey para para ceniza en harina por muestra

MUESTRA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	0,27	a
3	3	0,83	b
2	3	1,37	c

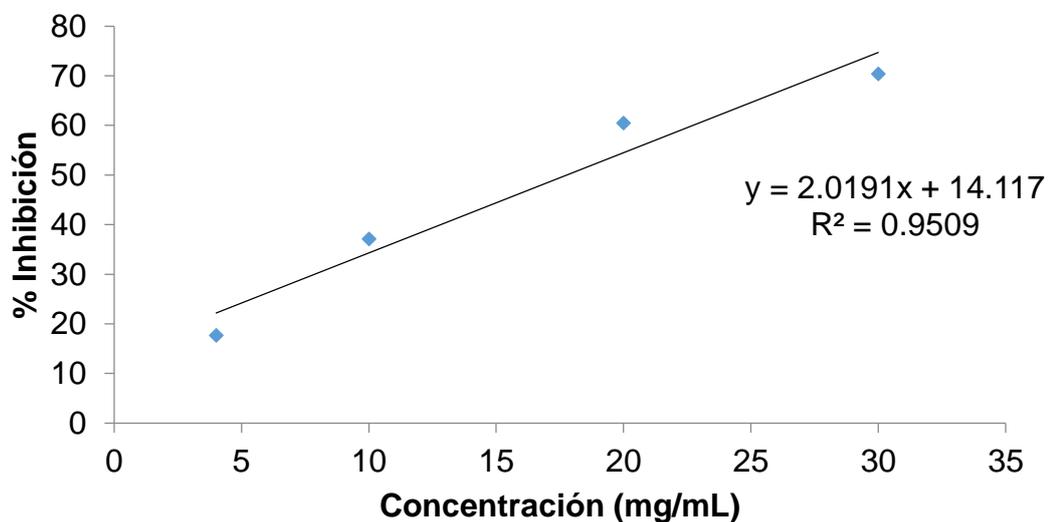
**A-XIIa.** Análisis de varianza para capacidad antioxidante por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	404,429	3	134,81	368,31	0,0000
Intra grupos	2,9282	8	0,366025		
Total (Corr.)	407,357	11			

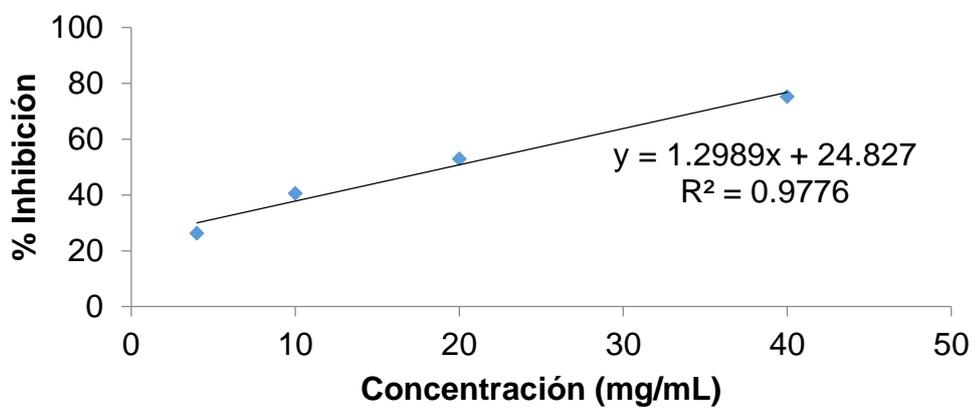
**A-XIIb.** Prueba de Tukey para capacidad antioxidante por muestra

Tratamiento	Casos	'Media	Grupos Homogéneos
4	3	17,5167	a
3	3	19,3833	b
1	3	24,1233	c
2	3	32,54	d

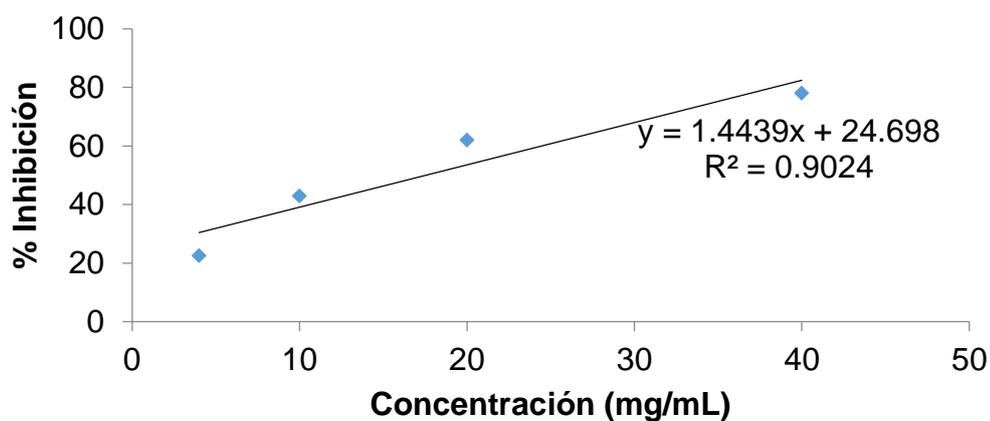
A-XIIIa. Linealidad y curva de Inhibición de DDPH en muestra T1



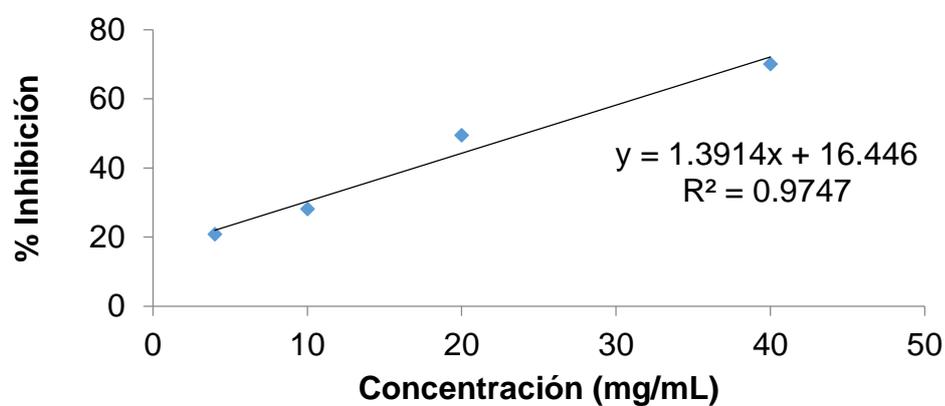
A-XIIIb. Linealidad y curva de Inhibición de DDPH en muestra T2



## A-XIIIc. Linealidad y curva de Inhibición de DDPH en muestra T3



## A-XIIIId. Linealidad y curva de Inhibición de DDPH en muestra T0



## A-XIXa. Análisis de varianza para pH de la muestra por días

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,21506	6	0,535843	1424,39	0,0000
Intra grupos	0,00526667	14	0,00037619		
Total (Corr.)	3,22032	20			

**A-XIXb.** Prueba de Tukey para pH de la muestra por días

Días	Casos	Media	Grupos Homogéneos
7	3	5,24333	a
5	3	5,72	b
6	3	5,72	b
3	3	5,77667	c
1	3	5,97333	d
4	3	6,41333	e
2	3	6,44	e

**A-XXIa.** Análisis de varianza para humedad de la muestra por días

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10,0499	6	1,67499	167,50	0,0000
Intra grupos	0,140003	14	0,0100002		
Total (Corr.)	10,1899	20			

**A-XXIb.** Prueba de Tukey para humedad de la muestra por días

Días	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	1,88	a
4	3	2,73933	b
5	3	3,47	c
2	3	3,55333	c d
3	3	3,72333	c d e
7	3	3,83	d e
6	3	3,98333	e

**A-XXIIa.** Análisis de varianza para azúcares reductores de la muestra por días

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,09701	6	0,182835	82,77	0,0000
Intra grupos	0,030927	14	0,00220907		
Total (Corr.)	1,12793	20			

**A-XXIb.** Prueba de Tukey para azúcares reductores de la muestra por días

Días	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	3	0,518757	a
5	3	0,675656	b
2	3	0,897094	c
6	3	0,923772	c
4	3	1,05591	d
1	3	1,13337	d e
7	3	1,20386	e

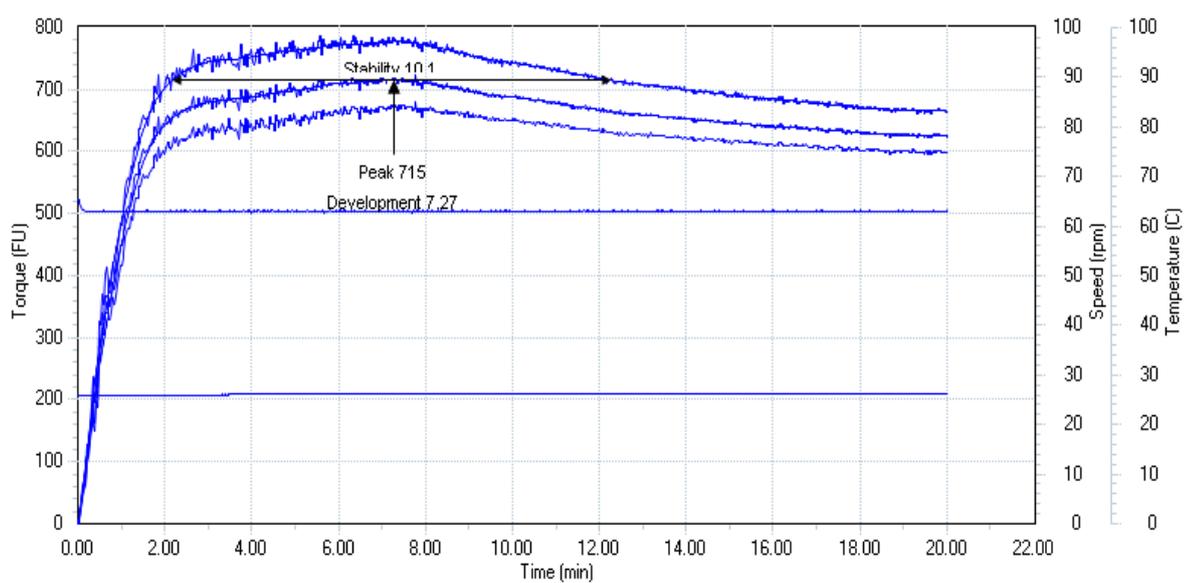
**A-XXIIIa.** Análisis de varianza para capacidad antioxidante de la muestra por días

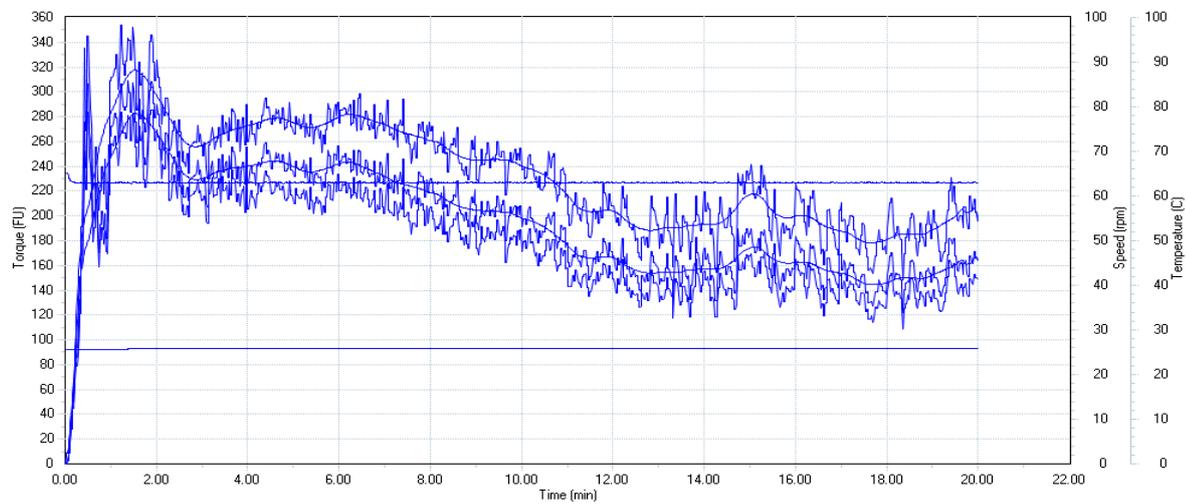
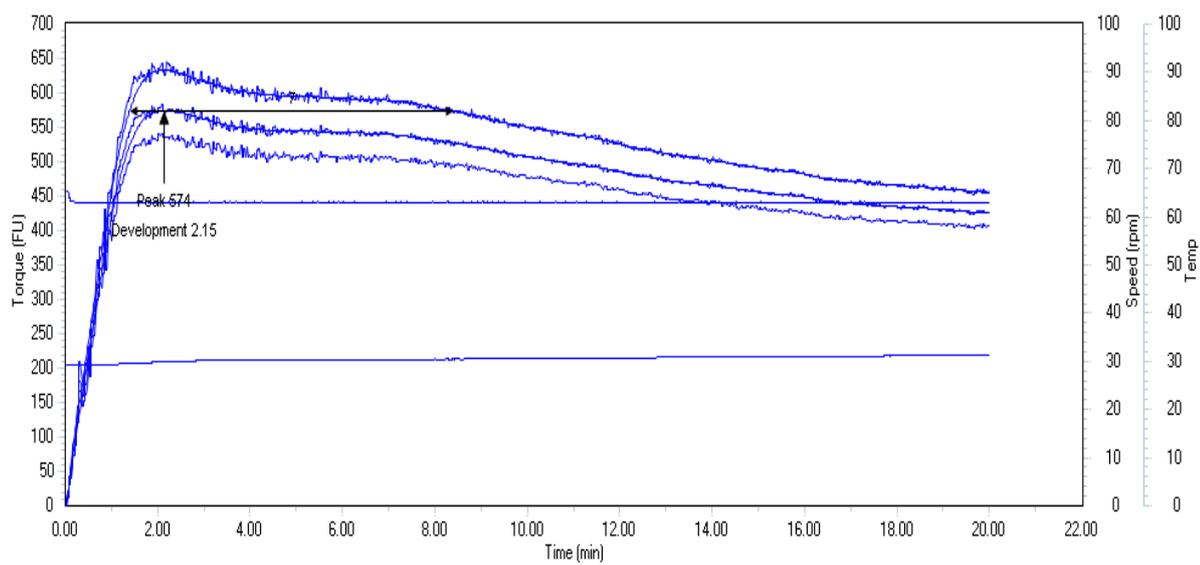
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	399,68	6	66,6134	78,59	0,0000
Intra grupos	11,8666	14	0,847615		
Total (Corr.)	411,547	20			

**A-XXIIIb.** Prueba de Tukey para capacidad antioxidante de la muestra por días

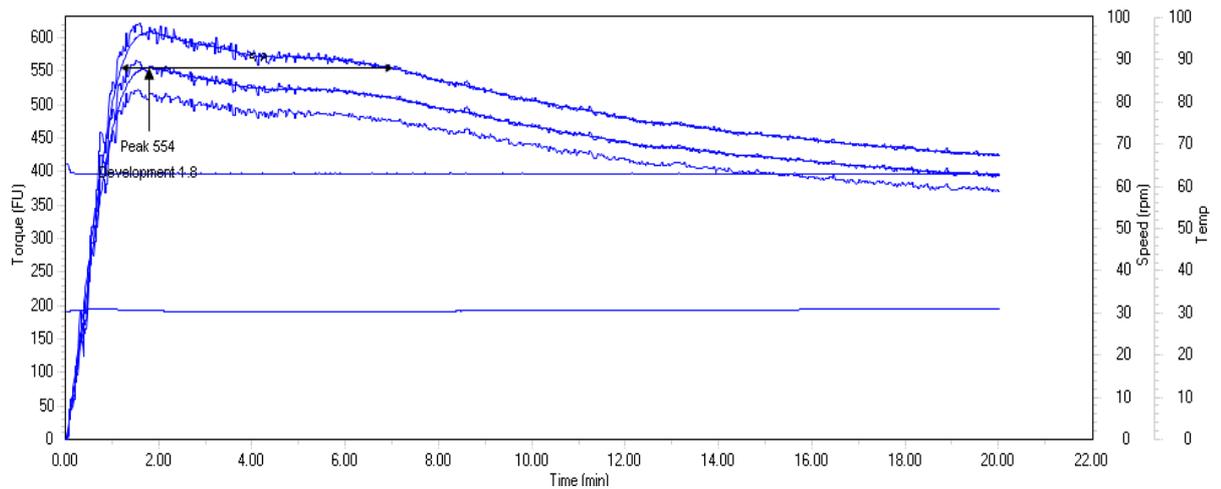
Días	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	17,5159	a
3	3	20,2077	b
2	3	22,8776	c
6	3	25,8516	d
4	3	26,6876	d e
7	3	29,0691	e f
5	3	30,5098	g

**A-XXIVa.** Farinograma de la harina de trigo



**A-XXVIIb.** Farinograma de la harina de plátano**A-XXVIIb.** Farinograma de la mezcla con 10% de harina de plátano y 90% de harina de trigo

**A-XXVIIIc.** Farinograma de la mezcla con 15% de harina de plátano y 85% de harina de trigo



**A-XXIXd.** Farinograma de la mezcla con 20% de harina de plátano y 80% de harina de trigo

