

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**“Efecto de la temperatura, tiempo de horneado y sustitución parcial de harina de trigo (*triticum*) en la aceptabilidad general y color del panecillo de maíz amiláceo (*zea mays l ssp amiláceo*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR**

Bachiller: Luz Fany Diaz Mego

**ASESOR**

Ms. Augusto Antonio Mechato Anastasio

**CHOTA – PERÚ**

**JUNIO, 2022**

## **DEDICATORIA**

A mi Papá, gracias por tu apoyo, confianza, motivación, pero sobre todo el amor que me brindas siempre. Gracias por enseñarme a superar mis obstáculos cada día y nunca darme por vencida frente a las adversidades, pero sin duda mi alegría más grande es tener el orgullo de ser tu hija.

A mis hermanas, quienes han sido para mí más que hermanas unas madres guiando y orientando con su ejemplo hacia las buenas cosas de la vida me siento orgullosa de tenerlas, gracias por estar en los momentos difíciles de la vida, dedico este esfuerzo para ustedes las amo.

A mis maestros y amigos, a quienes hemos conocido en el camino, porque cada uno de ustedes ha alimentado mis sueños y esperanzas de fortalecer un mundo humano y más justo. Gracias a todos los que han caminado conmigo en este camino, aprendiendo de ustedes y forjando una virtud de humildad y amor.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su bendición y amor, pero sobre todo por guiar siempre nuestras vidas y ser mi fortaleza más grande para enfrentar los retos y las dificultades de cada día. A mi familia, en especial a mi padre por apoyarme en cada proyecto, gracias por confiar en mí.

A mi asesor Ms. Augusto Antonio Mechato Anastasio por su dedicación, confianza, apoyo incondicional y conocimientos para poder realizar mi tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por brindarme la oportunidad de desarrollar conocimientos durante mi formación profesional. A mis maestros, compañeros y personas que se han relacionado conmigo durante esta etapa de vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	10
ABSTRACT.....	11
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	12
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. Antecedentes .....	14
2.2. Bases Teórico-científicas .....	15
2.2.1. Harina.....	15
2.2.2. Panecillo de Maíz.....	20
2.2.3. Evaluación de Aceptabilidad General.....	21
2.2.4. El color en los alimentos.....	23
2.2.5. Procesos de elaboración de pan .....	28
2.3. Marco Conceptual .....	31
2.3.1. Panecillo de Maíz.....	31
2.3.3. Temperatura .....	31
2.3.4. Tiempo .....	32
2.3.5. Sustitución parcial.....	32

2.3.6. Aceptabilidad General .....	32
2.3.7. Color .....	32
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>34</b>
3.1. Población, muestra.....	34
3.1.1. Población.....	34
3.1.2. Muestra .....	34
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.2.1. Equipos, materiales e insumos.....	34
3.2.1.1. Equipos .....	34
3.3. Metodología de la investigación .....	36
3.3.1. Esquema Experimental .....	36
3.3.2. Elaboración de Panecillos de Maíz.....	37
3.3.3. Aceptabilidad general .....	39
3.3.4. Evaluación del color .....	39
3.3.5. Características físicas.....	40
3.4. Análisis estadístico.....	40
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
4.1. Determinación de humedad .....	44
4.2. Aceptabilidad general .....	44
4.2. Color .....	51

4.3. Determinación de los parámetros óptimos.....	65
4.4. Validación del modelo.....	66
4.5. Características físicas del óptimo.....	66
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
5.1. Conclusiones.....	68
5.2. Recomendaciones. ....	69
<b>CAPITULO VII: ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Porcentaje de componentes de la harina de trigo.....	16
<b>Tabla 2.</b> Composición de la harina de maíz.....	18
<b>Tabla 3.</b> Valores utilizados en DCCR de las variables independientes para la elaboración de los panecillos de maíz utilizando harina de trigo. ....	41
<b>Tabla 4.</b> Planeamiento DCCR sin codificar para las variables de respuesta de aceptabilidad general y color.....	42
<b>Tabla 5.</b> Planteamiento DCCR para la variable de respuesta de aceptabilidad general y análisis del color (luminosidad y cromaticidad). ....	42
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza ANOVA.....	43
<b>Tabla 7.</b> Coeficiente de regresión para las variables respuestas. ....	43
<b>Tabla 8.</b> Resultados experimentales de la aceptabilidad general.....	44
<b>Tabla 9.</b> ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de Aceptabilidad General. ....	48
<b>Tabla 10.</b> Coeficientes de regresión para la aceptabilidad general de panecillos de maíz .....	49
<b>Tabla 11.</b> Resultados experimentales del análisis del color.....	52
<b>Tabla 12.</b> ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de color (Luminosidad) .....	55
<b>Tabla 13.</b> Coeficientes de regresión para la luminosidad en cuanto al color en el panecillo de maíz.....	56
<b>Tabla 14.</b> ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de color (cromaticidad) .....	61

<b>Tabla 15.</b> Coeficientes de regresión para la cromaticidad en cuanto al color en el panecillo de maíz.....	62
<b>Tabla 16.</b> Condición que optimizan la relación de las variables independientes y dependientes	65
<b>Tabla 17.</b> Validación del modelo .....	66
<b>Tabla 18.</b> Análisis físicos del óptimo.....	67



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Espacio del color $L^* a^* b^*$ .....	25
<b>Figura 2.</b> Sistema Munsell .....	27
<b>Figura 3.</b> Panecillos de maíz elaborados artesanalmente.....	31
<b>Figura 4.</b> Esquema experimental mostrando los rangos de las variables del proceso de elaboración del panecillo de maíz.....	36
<b>Figura 5.</b> Flujograma de elaboración de panecillo de maíz .....	38
<b>Figura 6.</b> (a), (c), (e) Diseño de Superficie de Respuesta. (b), (d) y (f) Graficas de contornos para la variable de Aceptabilidad General.....	47
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Pareto para la aceptabilidad general. ....	50
<b>Figura 8.</b> (a), (c), (e) Diseño de Superficie de Respuesta. (b), (d) y (f) Graficas de contornos para la variable de luminosidad en cuanto al análisis del color.....	54
<b>Figura 9.</b> Diagrama Pareto para la luminosidad en cuanto al análisis del color .....	57
<b>Figura 10.</b> (a), (c), (e) Diseño de Superficie de Respuesta. (b), (d) y (f) Graficas de contornos para la variable de Cromaticidad en cuanto al análisis del color.....	60
<b>Figura 11.</b> Diagrama Pareto para la cromaticidad en cuanto al análisis del color .....	63
<b>Figura 12.</b> Imágenes fotográficas donde se evidencia el color por cada tratamiento .....	64

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la temperatura, tiempo de horneado y sustitución parcial de harina de trigo en la aceptabilidad general y color del panecillo de maíz. Se utilizó un análisis de diseño compuesto central rotacional (DCCR), el cual generó un total de 17 ensayos con temperaturas de 160 °C a 200 °C, tiempo de horneado de 24 a 36 min y sustitución parcial de harina de trigo del 2 % al 8 % y un análisis de superficie de respuesta que permitió evaluar las variables que afectan en la producción del panecillo de maíz. Como resultado se obtuvo que, la aceptabilidad general, luminosidad y cromaticidad son significativas ( $p < 0,05$ ) de acuerdo al análisis de superficie de respuesta (ANOVA). Además, que tanto la temperatura cuadrática e interacción tiempo y sustitución lineal afectan e influyen en la aceptabilidad general, respecto al color la temperatura y tiempo (lineal) tienen efecto e influyen en la luminosidad, así como la temperatura (lineal y cuadrática) y sustitución (lineal) afectan e influyen en la cromaticidad. Se concluye que, la variable más influyente en proceso de elaboración de panecillo de maíz con respecto a nuestra variable respuesta aceptabilidad general y color respecto a su luminosidad y cromaticidad es la temperatura de horneado. A mayor porcentaje de sustitución de harina de trigo se obtiene una mayor aceptabilidad general y cromaticidad. Los parámetros óptimos para elaborar el panecillo de maíz son: 175 °C, un tiempo de horneado de 35,87 min y sustitución parcial de harina de trigo del 8 %; para obtener un valor experimental de 8,9 de aceptabilidad general, respecto al color de 52,3 en luminosidad y 30,8 de cromaticidad y un estimado de 8,85 de aceptabilidad general con un color de 53,50 de luminosidad y 35,87 cromaticidad con errores menores al 2,24.

Palabras clave: Panecillo de maíz; temperatura y tiempo de horneado; sustitución; aceptabilidad general y color.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of temperature, baking time and partial substitution of wheat flour on the general acceptability and color of corn muffin. A rotational central composite design (RCCD) analysis was used, which generated a total of 17 trials with temperatures from 160 °C to 200 °C, baking time from 24 to 36 min and partial replacement of 2 % wheat flour. at 8% and a response surface analysis that allowed evaluating the variables that affect the production of the corn muffin. As a result, it was obtained that temperature and the intersection of time and substitution have a significant effect on general acceptability ( $p < 0,05$ ), regarding the color when analyzing the luminosity indicates that the temperature and time have a significant effect ( $p < 0,05$ ) and the substitution does not have a significant effect ( $p > 0,05$ ) and in the chromaticity analysis it indicates that the temperature and substitution they have a significant effect ( $p < 0,05$ ). It is concluded that the most influential variable in the process of making corn penis with respect to our response variable, general acceptability and color with respect to its luminosity and chromaticity, is the baking temperature. In addition, the higher percentage of substitution of wheat flour, the greater general acceptability and greater chromaticity are obtained. It is also concluded that the parameters indicated to make the corn penis are: 175 °C, a baking time of 35, 87 min and a partial substitution of wheat flour of 8 %; to obtain a 8,85 for general acceptability and a color of 53,50 for luminosity and 35,87 for chromaticity.

Keywords: Corn muffin; baking temperature and time; substitution; general acceptability and color.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Chota, ubicada en el centro de la región Cajamarca, se constituye como una provincia productora y consumidora de maíz y papa. El panecillo de maíz es uno de los productos más requeridos por la población por su bajo costo, fácil elaboración, sabor y aromas simples; sin embargo, su producción es generalmente de forma artesanal, lo cual conlleva a obtener ciertas deficiencias en cuanto a la calidad del producto, ya sea por su consistencia muy seca que se desmorona y el color que muchas veces puede ser muy blanco u oscuro. Esto ocurre por la no estandarización en los parámetros de la elaboración y la no utilización de nuevas tecnologías (Ríos, 2009).

Se tiene diferentes parámetros como temperatura, tiempo de horneado, etc, en el proceso de elaboración de panecillo y esto depende de la disposición tecnológica e innovación de los productores. En Chota aún no se tiene antecedentes de trabajos de investigación de los parámetros recomendados para su elaboración, ni la tecnología adecuada para la elaboración del panecillo de maíz con altos estándares de calidad (Ríos, 2009).

El maíz es consumido en grano verde y seco, siendo la harina del maíz aprovechada para la elaboración de diferentes productos, entre ellos el panecillo de maíz que tiene un alto valor nutricional sobre todo por la fibra que contiene. “El maíz presenta una porción conocida como almidón resistente (RS), denominada fibra dietética. El almidón de maíz resistente se usa como fuente de fibra para hacer muchos productos horneados, tales como productos para el desayuno”. Se ha demostrado que el maíz en su composición presenta fibra superior (2 %) que el arroz (0,8 %), el trigo (1 %), el mijo (1,5 %), el centeno (2,2 %), la cebada (3,7 %), el sorgo (0,1 %) o avena (5,6 %) (Mansilla, 2018).

La alternativa para mejorar la calidad del panecillo de maíz es sustituir parcialmente la harina de maíz por harina de trigo. Esta es una buena mezcla para la mayoría de productos de panificación, la cual confiere mejor sabor y textura (Anticona, 2017). En este estudio se da a conocer ideales condiciones de temperatura y tiempo en el proceso de horneado, ya que puede ayudar a solucionar problemas de calidad como el color externo e interno del producto, la consistencia de la corteza, el volumen y sabor del pan.

El presente proyecto busca realizar estudios a productos tradicionales, incorporando conocimientos de las mejores condiciones de temperatura, tiempo de horneado y concentraciones de sustitución, así como nuevas tecnologías en los procesos que se deben utilizar y así obtener mayor calidad en los productos.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura, tiempo de horneado y sustitución parcial de harina de trigo en la aceptabilidad general y color del panecillo de maíz; de tal manera que podamos percibir las expectativas que el mercado de consumidores exige.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Se han realizado diversos trabajos de investigación, entre ellos tenemos a Benavides de la Cruz (2015), quien estudió “el efecto del porcentaje de sustituir la harina de trigo por semilla de chía, la temperatura y tiempo de horneado en la aceptabilidad general y costos de una galleta fortificada nutricionalmente”. Dicho estudio concluyó que la formulación con mayor aceptabilidad fue de “12,8 % de sustitución de harina por semilla de chía, 15 min de tiempo de horneado y una temperatura de  $135 \pm 2$  °C”.

Chavarri (2019), en su investigación “sobre los parámetros de sustitución de harina de coronta de maíz morado y el tiempo de horneado”. Para este estudio empleo un DCCR realizando 11 ensayos con sustitución de harina de coronta de maíz morado entre 3 y 7 % y tiempo de horneado entre 8 y 22 min a una temperatura de 154 °C”, llegando a concluir que a menor sustitución de harina de coronta de maíz morado (4,5 % a 5,5 %) y tiempo de horneado (13 min a 17 min) no muy prolongado, se obtiene una mayor aceptabilidad general de un 8 a 10 puntos.

Para una mejor aceptabilidad en biscochos a una sustitución entre el 8 y 10 % de harina de chía en la harina de trigo, tiempo de horneado no muy prolongado (15 min) y temperatura de 130 a 140 °C se tiene mejor aceptabilidad y mejores características del producto obtenido (Oribe, 2016).

“En los productos de panificación, por sus partículas, se puede agregar desde un mínimo del 5 % hasta un máximo del 10 % en harinas y féculas para conseguir un mejor sabor y una

textura más suave, ya sea en tortas, galletas, barritas energéticas, etc. En todos los aspectos y con los sabores más integrales” (Ortiz, 2019).

## **2.2. Bases Teórico-científicas**

### **2.2.1. Harina**

Osborne (2009), la harina es un producto que se consigue moliendo el grano de trigo u otros granos (avena, harina, maíz, arroz). En los productos de panificación, por sus partículas, se puede agregar desde un mínimo del 5% hasta un máximo del 10% en harinas y féculas para un mejor sabor y una textura más fina, ya sea en tortas, galletas, barritas energéticas, etc. en todo con el aspecto y el sabor más completos de o algunos vegetales en polvo como: mandioca, castañas, frijoles, lentejas, garbanzos, alforfón o soja, etc.

Un hecho que muestra los usos antiguos de la harina se registra desde hace más de 8 000 años, lo que indica que en el 6 000 a.C., se utilizó este producto. Los romanos crearon las primeras máquinas que pudieron comenzar a producir este polvo en cantidades sustanciales (Osborne, 2009). Hoy se utiliza maquinaria industrial moderna, una de ellas es el molinillo que integra sistemas avanzados y permite crear productos más refinados.

**2.2.1.1. Harina de trigo.** Es uno de los cereales más apreciados en nuestra sociedad gracias a sus múltiples funciones que puede desempeñar su harina sobre todo en la industria de panificación, los componentes presentes como el gluten en la harina de trigo otorgan al pan características únicas por eso es que es el ingrediente base en cualquier proceso de elaboración (Montoya et al., 2010).

Para preparar pan la harina es el componente principal, ya que confiere masa y estructura en su mayoría de productos horneados gracias a la proteína del gluten, especialmente panes, pasteles, galletas y hojaldres (Anticona, 2017).

La **Tabla 1**, presenta los porcentajes de los diferentes elementos de la harina de trigo (Anticona, 2017).

**Tabla 1.**  
*Porcentaje de componentes de la harina de trigo*

Componentes	Porcentajes (%)
Almidón	70 – 75
Proteínas	10 – 12
Polisacáridos no del almidón	2 – 3
Lípidos	2

**2.2.1.1.1. Distintas clases de trigo para pan.** Según Montoya et al. (2010), “el trigo para pan es clasificado de acuerdo a su capacidad panadera (o dureza del endospermo) en duros y blandos”. La dureza es una característica de trituración relacionada a la forma que se fragmenta el endospermo. Además, la aspereza afecta la facilidad con la que el salvado se separa del endospermo. De acuerdo a este criterio se clasifican en:

**Trigos duros:** Estos son variedades con excelentes propiedades de molienda y, a menudo, son ricas en proteínas. Su tasa de extracción de la harina es alta y su calidad es muy buena, lo cual permite una alta absorción de agua, lo que se recomienda para una variedad de productos de panificación (Montoya et al., 2010).

**Trigos blandos:** La harina obtenida es más fina y se encuentra formada por fragmentos irregulares de células de endospermo. Los trigos blandos, son adecuado para hacer galletas y pasteles (Montoya et al., 2010).



**2.2.1.1.2. Producción de harina de trigo.** Según MIDAGRI (2020), este cereal es importado de Canadá, Estados Unidos, Rusia y Argentina en un 90 %, mientras que el 10 % restante se obtiene de producción nacional. La superficie de trigo cosechada fue de 120 634 ha en el 2019, mientras que en el año 2020 la producción fue de 114 344 ha. Dicha superficie cosechada de trigo correspondió a los departamentos de la Libertad, Ancash, Otuzco, Cajamarca Piura y Ayacucho. En cuanto en volúmenes a la producción de trigo, encontramos que en el año 2019 se produjo 188 469 t mientras que en el 2020 se produjeron 180 694 t.

La producción de harina de trigo en el Perú en el año 2019 y 2020 fueron de 1 447 400 y 1 380 353 t, respectivamente. Cabe señalar que, estas producciones son utilizadas para la elaboración de pan, galletas, pastas, etc.

**2.2.1.2. Harina de maíz.** “Se estima que es originario de América Latina tropical, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena* por su relación filogenética con el género *Zea*” (Jimenes, 2014).

El maíz al igual que otros cereales es aprovechado en cualquier etapa de su maduración, ya sea como maíz verde (choclo) o maíz seco, sirviendo como alimento para animales o personas. El maíz es muchas veces procesado como harina para la elaboración de diferentes platos entre los que resalta la leche con maíz y también se cuenta que se le añade a la preparación de un plato conocido como Chiclayo o Chiuche con leche, con el fin de aumentar la cantidad de sólidos ya que por sí solo el Chiuche contiene gran cantidad de agua (> 65 %). Por otra parte, la harina de maíz es utilizada en panificación para hacer productos por lo general con un 100 % de harina de maíz, tal como el panecillo de maíz (Mansilla, 2018).

La harina de maíz es muy rica, principalmente por los diferentes nutrientes incluidos tal como su poderosa fibra que presenta, la cual podría considerarla como una harina integral que podría ser aprovechada en diferentes productos para contribuir con el cuidado de la salud del consumidor (Mansilla, 2018).

**2.2.1.2.1. Composición de harina de maíz.** Así como todos los granos, el maíz es gran fuente de energía ya que el almidón es su principal componente (Mansilla, 2018).

En la **Tabla 2**, la composición química de los cereales y las diversas variabilidades que existe en estas hace que las diferencias de expresión entre genotipos afecten a las propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales de las distintas variedades de cereales (Mansilla, 2018).

**Tabla 2.**  
*Composición de la harina de maíz*

Composición	Porcentaje (%)
Almidón	70 - 75
Proteínas	8 – 10
Lípidos	4 – 5
Azúcares	1 – 3
Cenizas	1 – 4

La proteína es el segundo ingrediente más abundante en la harina de maíz. La proteína en el germen es de alta calidad y constituye aproximadamente el 35 % de su peso seco, mientras que el endospermo abarca aproximadamente 9 % de proteína y se considera de baja calidad debido a la falta de lisina y triptófano (Mansilla, 2018).

El salvado está formado por 70 % de hemicelulosa, 23 % de celulosa y 0,1 % de lignina en peso seco. “El contenido de fibra, celulosa y hemicelulosa total es mayor en el salvado de maíz que en el salvado de trigo o arroz. Sin embargo, el contenido de lignina es mucho menor. Aun así, el salvado de maíz se considera la fuente óptima de fibra” (Mansilla, 2018).

Los granos de maíz contienen dos vitaminas liposolubles, A ( $\beta$ -caroteno) y E, y la mayoría de las vitaminas hidrosolubles, como la tiamina (vitamina B1) y la piridoxina (vitamina B6). Sin embargo, contiene menos ácido ascórbico (vitamina C) y cobalamina (vitamina B12). La niacina (B3) no se recomienda biológicamente para los humanos. El tratamiento con calor y/o presión hidroliza la niacina, mejorando su biodisponibilidad (Mansilla, 2018).

**2.2.1.2.2. Usos industriales de la harina de maíz.** En la industrialización del maíz se puede aprovechar los diferentes componentes que presenta en su estructura, pudiéndose obtener productos como: almidones, jarabes, gluten, germen y dextrosas. Entre ellas, de uso alimenticio de los almidones encontramos sopas deshidratadas, polvo de hornear y su utilización en panadería; los jarabes de maíz también se emplean en panadería, postres, gaseosas, golosinas y mermeladas; el gluten es un producto empleado en la alimentación animal pero también cumple una función importante en dar textura al pan gracias a la proteína que contiene; el germen es empleado para la obtención de aceite, salsas, mayonesas y farmanutrientes; la dextrosa contenida en el maíz es muy empleada como saborizante en diferentes productos como las gelatinas, vinagre y vinos (Mansilla, 2018).

En cuanto a los usos industriales de los almidones se puede obtener gomas, emulsiones, tizas, crayones; el jarabe de maíz es empleado en tintas, colorantes y plastificantes; el germen es utilizado como insumo para la elaboración de jabones, gomas, pinturas, insecticidas y en las industrias de textil; la dextrosa en la industria del papel, químicos y ácidos (Mansilla, 2018).

**2.2.1.2.3. Propiedades y beneficios del maíz.** Su contenido en ácidos fólicos le confiere propiedades antioxidantes protectoras, es rico en carotenoides vitaminas entre las que mayor destaca la vitamina A, E y diferentes minerales, también contiene alto contenido de fibra por lo

que tiene poder saciante en el organismo (Mansilla, 2018). el maíz presente las siguientes propiedades y beneficios.

- **Antioxidantes:** Por su principio antioxidante con los radicales libres y el envejecimiento celular (Mansilla, 2018).
- **Saciantes:** Gracias a su contenido de fibra e hidratos de carbono generan una sensación de saciedad lo que disminuye el apetito (Mansilla, 2018).
- **Bueno para el cerebro:** Al tener altos niveles de ácido fólico y otras vitaminas, es vital para las funciones cognitivas del cerebro (Mansilla, 2018).
- **Cuida nuestra salud cardiovascular:** Su contenido de vitamina B1, disminuye la probabilidad de padecer un ataque cardiovascular (Mansilla, 2018).
- **Indicado para las embarazadas:** es muy recomendable durante las etapas de lactancia por sus altos niveles de ácido fólico (Mansilla, 2018).

### ***2.2.2. Panecillo de Maíz***

Es un producto básico elaborado a partir de una mezcla de harina o grano molido, agua o leche, y otros ingredientes como la harina de maíz. Alternativamente, se puede utilizar levadura, según el tipo de pan que se esté elaborando, a la que se le añade este agente leudante junto con el resto de ingredientes, normalmente azúcar, sal, materia vegetal y grasa líquida (Ríos, 2009).

**2.2.2.1. Historia del panecillo de maíz.** “En la fiesta del Sol o Inti Raymi, celebrado en el mes de junio, las Vírgenes del Sol hacían grandes cantidades de tortillas o zancu, un pequeño pan redondo del tamaño de una manzana. El zancu se come solo en este festival y en La Citua, que se realiza en septiembre. Los panaderos elaboran tortas en honor al Sol, moliendo granos de

maíz, amasándolos y horneándolos. En cambio, el pan para la gente común suele ser elaborado por otro grupo de mujeres dedicadas a este trabajo” (Ríos, 2009).

El cronista español Francisco López de Gómara relató a mediados del siglo XVI cómo los indígenas conocían la harina de maíz para hacer pan: “Para comer pan, cocían el grano en agua, lo machacaban, molían y amasaban, luego envolvían sus hojas para cocerlo. sobre carbón”. “Una de las formas de cocinar la harina de maíz a las brasas según las costumbres de las culturas mesoamericanas. En otras palabras, las tortas se hacen para parecerse a las tortillas, que suelen comer los curacas en ocasiones permitidas” (Ríos, 2009). El uso de harina de maíz para hornear era muy común en el espacio andino prehispánico, pero quién sabe si también se usaba harina de quinua, kiwicha, cañihua u otros tubérculos de la tierra (Ríos, 2009).

### **2.2.3. Evaluación de Aceptabilidad General**

Según Delgado y Neira (2016), mencionan que “percepción del consumidor de un alimento, primero por el color, luego por el olor, luego por la textura al tacto, luego por el gusto y finalmente por el sonido al masticarlo y comerlo”.

El análisis sensorial engloba diferentes técnicas de forma que podamos ver con precisión “respuesta humana a los alimentos e intentos de separar las propiedades sensoriales de los alimentos y proporciona datos útiles para desarrolladores de productos alimenticios, tecnólogos de alimentos y empresas” (Vite, 2015).

Es por ello que tiene gran importancia estudiar propiedades organolépticas de los alimentos y su evaluación sensorial en los consumidores.

**2.2.3.1. Tipos de panelistas.** La variedad de panelistas depende de la investigación realizada: panelistas expertos, panelistas o laboratorios capacitados, panelistas consumidores.

Los dos primeros se utilizan para el control de calidad al desarrollar nuevos productos o al cambiar formulaciones (Delgado y Neira, 2016).

Los participantes tienen que cumplir con ciertas exigencias, lo importante es lograr grandes resultados de acuerdo a los metas que se deseen alcanzar (Delgado y Neira, 2016) estos requisitos son:

- Asiste a cada sesión de degustación a tiempo.
- Debe tener buena atención y capacidad de diseño al desarrollar letreros.
- Preferentemente deben de sexo femenino y masculino.
- Los participantes no tienen que haber ingerido ningún tipo de alcohol, las comidas picantes y el café.
- Los panelistas tienen que ser preferiblemente no fumadores y, de ser así, deben estar libres de humo durante al menos una hora antes del desarrollo del ensayo. Deberán no estar cansados y fatigados.
- Las pruebas no deben realizarse después de haber comido abundante ingesta de alimentos o, por el contrario, sin comer durante mucho tiempo.

**2.2.3.2. Selección del panelista.** “Para la selección de los disertadores se tienen en cuenta ciertas características básicas, tales como: capacidad, disponibilidad, preferencias y rendimiento” (Delgado y Neira, 2016). Dichas características se describen a continuación:

- **Habilidad:** Es crucial para poder distinguir en una o más muestras la intensidad del gusto, olor, textura, entre otros.

- Disponibilidad: Es importante que en las pruebas se desarrollen participando todos los integrantes, que permitan el horario requerido en cada evaluación, y así disponer de tiempo para que puedan realizar otras actividades.
- Interés: Es fundamental que los diferentes catadores se preocupen por la medida que evalúan, para alcanzar respuestas confiables, para ello el juez superior necesita motivar a los probadores, para que participen en el trabajo que desarrollan.
- Desempeño: Esta característica es muy importante, porque si bien los resultados de la prueba muestran que uno de los participantes está exagerando al evaluar una cualidad o, por otra parte, no se detecta el atributo, entonces es vital retirarse para la siguiente evaluación.

#### **2.2.4. *El color en los alimentos***

El color es uno de las cualidades que ayudan a inferir la calidad del producto, provocando el rechazo de los consumidores cuando notan cambios o anomalías en este. A primera vista, el color puede ser el foco de atención de un objeto; evoca sentimientos y emociones que un color puede incitar en el destinatario de este mensaje a través de medios digitales (Chuchuca y Peñafiel, 2012).

##### **2.2.4.1. Factores en la captura del color en los alimentos.**

**2.2.4.1.1. Iluminante.** “Al ser una de las propiedades de la materia se encuentra relacionada precisamente con el espectro de Luz. De tal forma ésta puede ser medida físicamente en términos de energía radiante o intensidad y longitud de onda” (Badui, 2006).

Los colores parecen diferentes cuando se ven al anochecer o bajo la luz del sol brillante, y también se ven diferentes bajo luz natural o artificial. Todos contienen diferentes colores del

espectro, pero en diferentes proporciones. Las luces fluorescentes tienen más azules y las incandescentes más rojas y amarillas (Badui, 2006). “Por lo tanto, al describir una luminaria, se debe seguir su longitud de onda” (Rettig y Hen, 2014). “Esto se puede hacer al medir la energía relativa generada por el principio de luz de las diferentes longitudes de onda del espectro visible y trazando los resultados” (González y Vicente, 2007).

**2.2.4.1.2. Observador.** “Para percibir el color empezamos primero por el observador. En el punto donde el ojo humano precisa un objeto expuesto a la luz incidente, la intensidad energética de la luz que percibe no se debe al reflejo del objeto, sino que es el resultado de la multiplicación, por cada longitud de onda, de la energía reflejada. espectros del objeto igual al porcentaje de la visibilidad relativa en la misma longitud de onda”. “Por tanto, la intensidad luminosa de un objeto, tal como la percepción del ojo humano, se denomina luminosidad” (Rettig y Hen, 2014).

**2.2.4.1.3. Entorno.** El entorno colorimétrico también es un factor determinante. El aspecto, el fondo, forma y el color donde se coloca el patrón pueden crear un fuerte efecto de contraste, alterando el sentimiento que determina el color (Rettig y Hen, 2014).

**2.2.4.2. Técnicas de medición del color.** Para realizar la colorimetría, existen dos procedimientos: medición sensorial, en la que participan panelistas capacitados, utilizando patrones de referencia como el sistema Munsell; e instrumentos que incluyen equipos como colorímetros y espectrómetros (Chuchuca y Peñafiel, 2012).

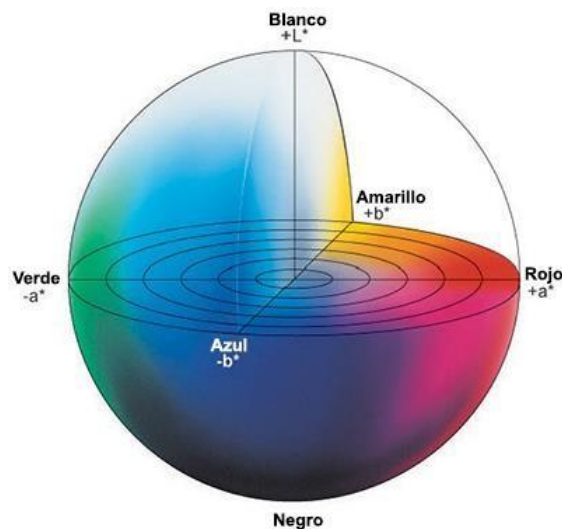
**2.2.4.2.1. Visión digital.** “La visión por computadora es una nueva tecnología con la creación de imágenes con una cámara digital o un escáner, seguido de su procesamiento y análisis en una computadora, utilizando un software especial, para que el sistema Los sistemas



integrados interpreten la información como precisamente a lo que hace. ojo humano y cerebro” (Rettig y Hen, 2014).

**2.2.4.2.2. Colorímetros.** Basado en la visión del ojo humano, el colorímetro es un dispositivo triestímulo (tres filtros) para cada longitud de onda: filtros rojo, verde y azul. “Simula lo que representa el ojo humano en el color y la luz. En algunas aplicaciones de control de calidad, estas herramientas son la respuesta menos costosa” (Rettig y Hen, 2014). “El espacio del color  $L^*a^*b^*$  o CIELAB, actualmente empleado ya que correlaciona datos numéricos del color consistentemente con la percepción visual humana (Ramsey, 2014). La **Figura 1**, muestra el espacio del color, donde “ $L^*$  indica Luminosidad,  $a^*$  (+a indica rojo, -a indica verde) y  $b^*$  (+b indica amarillo, -b indica azul) son las coordenadas cromáticas” (Rettig y Hen, 2014).

**Figura 1.**  
*Espacio del color  $L^* a^* b^*$*



Fuente: Rettig y Hen (2014).

**2.2.4.2.3. Espectrofotómetros.** “Se llama espectrofotómetro ya que contiene un dispositivo fotoeléctrico que sirve en la cuantificación de la potencia de radiación, capaz de seleccionar y medir la intensidad de radiación de diferentes longitudes de onda presentes en un

espectro, en la medida en que esté diseñado. A menudo se utilizan para registrar gráficos o espectros; diseños disponibles para ultravioleta y visible, así como infrarrojo cercano, infrarrojo básico o infrarrojo medio e infrarrojo lejano” (Rettig y Hen, 2014).

**2.2.4.2.4. Cartas de color.** El sistema Munsell, entre los primeros sistemas colorimétricos, fue creado por AH Munsell en 1905, quien utilizó una gran cantidad de histogramas de color clasificados por tono, densidad y saturación; después de que el sistema Munsell evolucionó un poco asignándole una codificación de letras y números (Rettig y Hen, 2014).

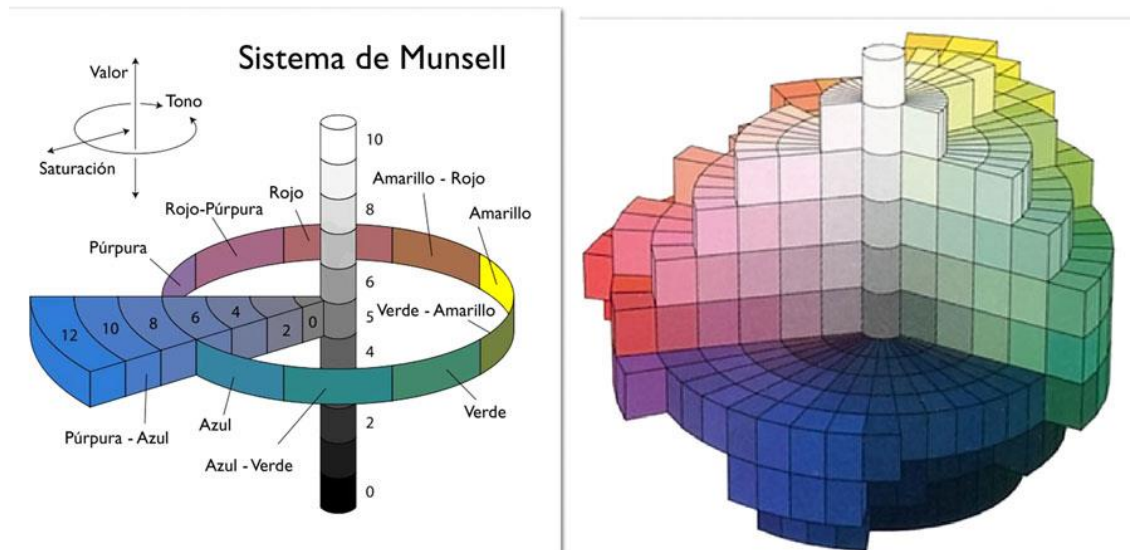
**2.2.4.2.5. Imágenes híper-espectrales.** En las últimas épocas, las imágenes híper-espectrales han sido ampliamente reconocidas por su identificación rápida, no destructiva, su calidad y su análisis seguro.

Este es un método de evaluación para muchos alimentos con grandes mejoras en las diferentes aplicaciones. Implica la recopilación y el procesamiento de información sobre el espectro electromagnético. “La imagen espectral divide el espectro en varias bandas. Esta técnica de dividir la imagen en bandas puede extenderse más allá del rango visible. Este es el lugar de nacimiento de la fotografía de súper primeros planos”(Wu & Sun, 2013).

**2.2.4.2.6. Sistema de colores Munshell.** “El sistema consta de tres dimensiones independientes que se pueden representar como un cilindro en tres dimensiones de color: matiz o tono, medido en grados alrededor de un círculo horizontal; valor (transparencia), medido verticalmente y croma (pureza del color), y lejos del eje vertical neutral (gris) (Pankaj, 2012). A continuación, la **Figura 2** muestra el sistema de colores mencionado.

**Figura 2.**

*Sistema Munsell*



Fuente: Pankaj (2012).

**2.2.4.2. Cuantificación del color.** HunterLab  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y el sistema CIE modificado, también llamado escala del color CIELAB, eran sistemas de tipo oponente, comúnmente utilizados en la industria alimentaria. El parámetro  $a^*$  toma valor positivo para colores rojizos y negativo para verde, mientras que  $b^*$  toma valor positivo para color amarillento y negativo para color azulado.  $L^*$  es una medida aproximada de brillo (Pankaj, 2012).

**2.2.4.2.1. Chroma ( $C^*$ ).** Considerada la propiedad cuantitativa del color. Es empleado para medir el grado de diferencia de color entre grises del mismo brillo. Cuanto más altos son los valores de croma, mayor es la intensidad de color de las muestras percibida por los humanos (Pankaj, 2012).

$$\text{Formula: } C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

**2.2.4.2.2. Angulo de matiz.** El ángulo de (h) utilizado para medir el grado de diferenciación del color de los grises del mismo brillo. Cuanto mayores son los datos del cromatismo es la viveza del color de la muestra percibida por el ser humano (Pankaj, 2012).

Los ángulos de 0° o 360° representan el rojo, por otro lado, los ángulos de 90°, 180° y 270° simboliza los colores amarillo, verde y azul, respectivamente. Ha sido ampliamente utilizado en la evaluación de parámetros de color de vegetales verdes, frutas y carnes (Pankaj, 2012).

$$\text{Formula: Hue angle} = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right)$$

### **2.2.5. Procesos de elaboración de pan**

El pan se somete a diversas transformaciones, ya sean físicas, químicas y biológicas, para producir un producto final con cualidades nutricionales y sensoriales. El proceso de elaboración consta de las siguientes etapas:

**2.2.5.1. Pesado.** “Pesar los ingredientes le permite al panadero saber la cantidad exacta de ingredientes para proceder con la receta” (Montoya y Román, 2011).

**2.2.5.2. Mezclado.** “Los sólidos se homogeneizan luego, mediante la incorporación paulatina de agua durante la mezcla, se activa la hidratación de las partículas hasta que la masa presenta cierta unión. El almidón absorbe alrededor del 30% de su peso en agua y el resto del agua se absorbe por atracción capilar, quedando el resto atrapado en la masa” (Montoya y Román, 2011).

**2.2.5.3. Amasado.** “El proceso de formación de la masa se divide en diferentes etapas, por lo que la primera etapa es la de romper y estirar, es decir, cuando la masa está pegajosa, los

amasadores estiran la masa, la rompen y echan los pedazos. Este trabajo desarrolla gradualmente el gluten. Luego comienza el soplado y la oxidación de la masa, cuando se permite que la masa se estire al máximo, atrapa fácilmente el aire, el oxígeno disuelto en la masa y se forman pequeñas burbujas de aire, lo cual es esencial para un mayor desarrollo del suave. estructura del pan" (Montoya y Román, 2011).

**2.2.5.4. Reposo.** Está hecho para hacer que la masa sea más flexible debido a la generación de gas durante este corto período de fermentación (Montoya y Román, 2011).

**2.2.5.5. Corte.** “El corte se realiza, con el fin de proporcionar volumen y estética al producto final” (Montoya y Román, 2011).

**2.2.5.6. Fermentación.** La fermentación se realiza para que el agente de crecimiento, la levadura, actúe sobre el azúcar presente en la masa para producir CO<sub>2</sub> que será cubierto por la película de gluten que se desarrolla sobre la masa durante el proceso de amasado. La masa se fermenta a una temperatura de 28-32 °C, momento en el que la levadura ha comenzado a trabajar con mayor eficacia. Enzimas que permiten que la levadura fermente los azúcares que se encuentran en la harina, en una mezcla de maltosa, glucosa y sacarosa, lo que indica el suministro de azúcares producidos por las enzimas diastáticas (amilasa  $\alpha$  y  $\beta$ ) de la harina El trigo se transformó en maltosa y otros azúcares temprano en formación de masa (Montoya y Román, 2011).

**2.2.5.7. Horneado.** Para Montoya et al. (2010), “El horneado es un proceso de cocción por calor seco a una temperatura y tiempo determinado dependiendo de las dimensiones de la pieza y el tipo de horno”. Esta temperatura esta entre 190-260 °C, el tiempo de horneado se da en tres etapas distintas, por lo que la primera etapa cuando la pieza entra al horno, la masa no para

de fermentar hasta que llega a los 5 °C y así continúa produciendo dióxido de carbono, sus burbujas comienzan a expandirse bajo la acción del calor (Montoya et al., 2010). En la segunda etapa, se forman los alvéolos de los detritos; Al mismo tiempo, la enzima amilasa descompone el almidón en dextrina y maltosa responsables de la caramelización de la piel. Por encima de los 70 °C, el gluten coagula y gelatiniza el almidón, perdiendo así la ductilidad de la masa. A su vez, el alcohol comienza a evaporarse, provocando que la masa suba levemente por el vapor que se genera y creando un enfriamiento natural en el interior de la parte que evita que la masa hierba.

En la tercera etapa, la coloración de la costra se efectúa por el efecto de las dextrinas que se hallan en el exterior del producto. Se sabe que la temperatura dentro de las migas nunca supera los 90-100°C debido a la reacción de evaporación del agua y el alcohol.

Para Hernández (2017), en el proceso de horneado existen dos reacciones uno de ellos es la caramelización y el otro es la reacción de Maillard, en cuanto a la caramelización es el proceso de intercambio de calor, en donde las sustancias que presenta la masa se transforman en color dándole un sabor característico.

En cuanto a la reacción de Maillard es la interacción de proteínas o aminas con carbohidratos, la cual tiene tres etapas, en la primera etapa se produce la condensación de los compuestos azúcar-amina, en la etapa intermedia se fragmenta el azúcar, en la etapa final se forma el producto a partir de colorantes y polimerización . compuestos de aldehído-amina, cabe señalar que las dos reacciones descritas no son homólogas, ya que la caramelización se produce a temperaturas elevadas y cada una contribuye al sabor y al aroma.

## 2.3. Marco Conceptual

### 2.3.1. *Panecillo de Maíz*

Es un producto elaborado con ingredientes naturales, de proceso sencillo y básico, cuyo ingrediente principal es la harina de maíz. Su preparación consiste en mezclar los ingredientes, amasar la mezcla, luego dejarla reposar, dividirla en porciones aptas para finalmente ser horneados. Su elaboración artesanal está enmarcada en los diferentes lugares donde se produce maíz, donde aún siguen existiendo culturas conservadoras con sus recetas especiales (**Figura 3**).

#### **Figura 3.**

*Panecillos de maíz elaborados artesanalmente*



### 2.3.3. *Temperatura*

Es un parámetro de una de las variables a evaluar, el cual mide la magnitud física de un cuerpo u ambiente expresando el grado de calor o frío, en este caso la temperatura a la cual se horneó el panecillo expresada en grados Celsius (°C).

#### **2.3.4. Tiempo**

Es uno de los parámetros de la variable a evaluar, está expresada en minutos para controlar el tiempo que tardaran en ser horneados los panecillo de acuerdo a los rangos de tiempos establecidos para cada tratamiento.

#### **2.3.5. Sustitución parcial**

Sustituir cierta parte de la base original. En el caso del panecillo, su base original es la harina de maíz la cual ha sido reemplazada parcialmente harina de trigo con el objetivo de poder mejorar la textura y características del panecillo.

#### **2.3.6. Aceptabilidad General**

Es una de las variables dependientes a evaluar y está en función a los diferentes parámetros de temperatura, tiempo y sustitución del panecillo. La aceptabilidad es una de las formas de conocer las preferencias de los consumidores al querer incorporar o mejorar un producto en el mercado. Entre las diferentes técnicas de medida que puedan existir esta la escala no estructura de 10 cm, en donde nos permitirá evaluar a gran cantidad de consumidores o panelistas (>100), cada panelista marca la posición que más le agrade.

#### **2.3.7. Color**

Todas las cosas que nos rodean tienen color, el color es energía electromagnética generadas por la descomposición de la luz, es la sensación cromática de los objetos recibida por nuestros ojos. El color es la intensidad es uno de los instrumentos que permite evaluar la calidad en los alimentos, ya sea en productos frescos o procesados. En el caso del pan, el color se ve determinado por diferentes factores que pueden estar asociados en el proceso de elaboración;



desde la harina a incorporar, la temperatura y tiempo de horneado que se esté trabajando; sin embargo, también puede verse afectado por la adición de colorantes para conferir al pan mayor atracción visual en el consumidor.

Las aplicaciones creadas a partir del uso de colores a favor de la comida son las que crean más atractivo visual. Una de las características psicológicas más importantes para los consumidores es la aplicación del color en las guías digitales.

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Población, muestra.**

Este trabajo de estudio se desarrolló en una Empresa Privada de panificación, ubicada en el departamento de la Libertad, Guadalupe y en el laboratorio de Control de Calidad de Productos Agroindustriales de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota; Colpamatara – Chota.

#### **3.1.1. Población**

Se utilizaron dos tipos de harinas: harina de maíz amiláceo y trigo provenientes de la provincia Chota.

#### **3.1.2. Muestra**

Se utilizaron 5 kg de harina de trigo y 15 kg de harina de maíz para todos los tratamientos.

### **3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.2.1. Equipos, materiales e insumos**

##### **3.2.1.1. Equipos**

- Balanza digital MARCA CAMRY 5 kg: esta es una balanza de cocina que tiene muchas ventajas por su facilidad de uso; además, la función de tara facilita la preparación de recetas, en las que se pueden medir los ingredientes y sustancias a cocinar.
- Amasadora para pan Bomann KM 362 CB: el mezclador Bomann km 362 cb, con una potencia de 1000 W, puede manejar cualquier tipo de mezcla sin problemas, gracias

- al potente mecanismo de engranajes, que facilita la fijación de varios accesorios. La velocidad del movimiento de mezcla planetaria se puede ajustar a tu preferencia, sus 5 niveles de potencia (0 a 3) facilitan la elaboración de una gran cantidad de recetas.
- Horno rotatorio MAX 1000: es un horno rotativo de convección forzada potente y confiable para líneas de alta producción. Tiene tiempo de precalentamiento y consumo de energía cortos, velocidad de ralentí, eficiencia de vapor, velocidad de horneado y eficiencia energética, uniformidad de horneado y capacidad de producción. Dispone de un panel de control con diferentes distribuciones en función de las necesidades del operador.
  - Espectrofotómetro PCE-CSM 8: utilizado para controlar la calidad que se deba realizar directamente en el lugar de producción, ofrece una alta precisión y viene con una pantalla táctil de 3,5 ". Al usar el espectrofotómetro, puede elegir entre diferentes espacios de color (CIE LAB, XYZ, Yxy, LCh, LUV) y geometría óptica 45/0; rango de onda de 400 a 700 nm (paso de 10 nm), índice de color “ $\Delta E^*_{ab}$ ,  $\Delta E^*_{uv}$ ,  $\Delta E^*_{94}$ ,  $\Delta E^*_{cmc}(2:1)$ ,  $\Delta E^*_{cmc}(1:1)$ ,  $\Delta E^*_{00}$ ,  $\Delta E^*(h)$ ”.

### **3.2.1.2. Materiales**

- Bandejas de acero
- Recipientes
- Moldes

### **3.2.1.3. Ingredientes**

- Manteca
- Azúcar

- Huevos
- Agua.

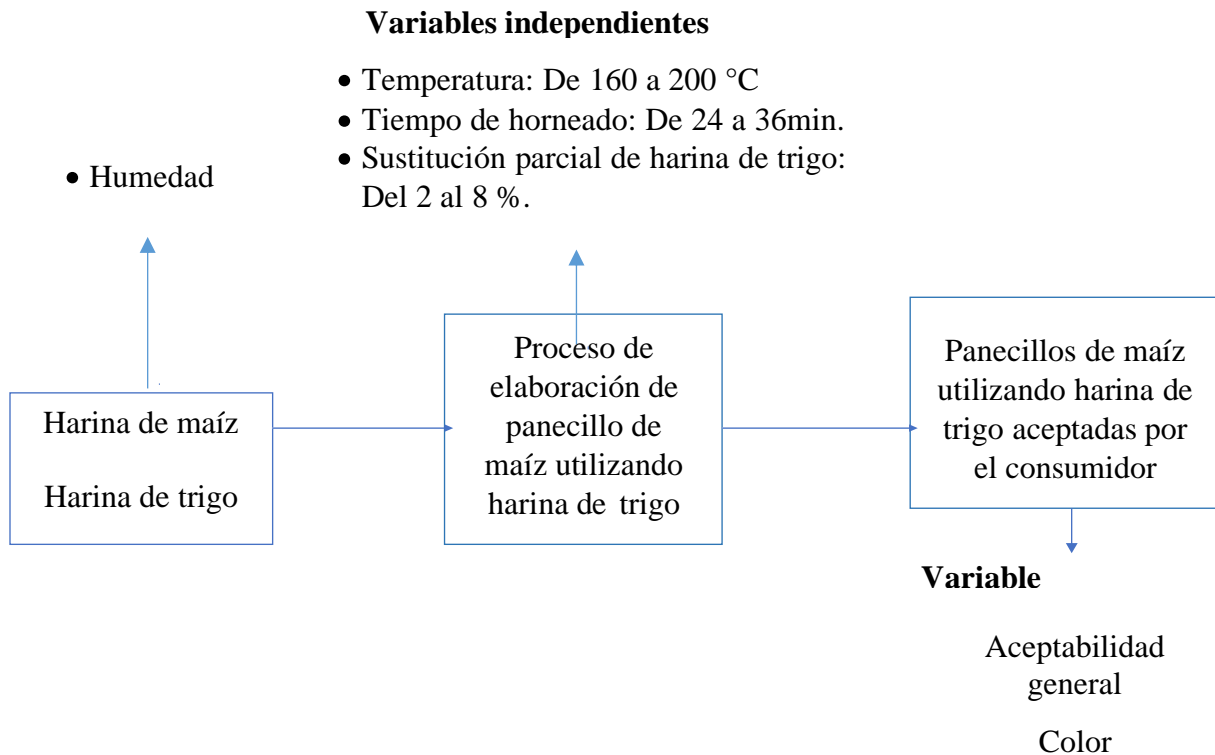
### 3.3. Metodología de la investigación

#### 3.3.1. Esquema Experimental

La **Figura 4**, se presenta esquema en los diferentes parámetros de las variables independientes de temperatura, tiempo de horneado y porcentaje de sustitución de harina de trigo (*Triticum*) y las variables dependientes aceptabilidad general y color.

#### Figura 4.

*Esquema experimental mostrando los rangos de las variables del proceso de elaboración del panecillo de maíz*



### **3.3.2. Elaboración de Panecillos de Maíz**

**3.3.2.1. Materia prima.** Se realizó la recepción de los insumos que se requieren en la elaboración de los panecillos de maíz y se determinó su porcentaje de humedad de la harina de maíz y trigo.

**3.3.2.2. Pesado.** Se pesó una base de 1 kg de harina (maíz y trigo). Se tomó los porcentajes de sustitución de cada tratamiento del diseño experimental de la **Tablas 5**.

**3.3.2.3. Mezclado y amasado.** Seguidamente se mezcló con azúcar molida (300 g), manteca (300 g) y dos unidades de huevos en el tazón de la amasadora modelo Bomann, marca KM 362 CB, Perú a baja velocidad (velocidad 2), finalmente se agregó agua (150 mL).

**3.3.2.4. Laminado y cortado.** Una vez que la masa estuvo homogénea se colocó en la mesa de acero inoxidable marca Blazer Mai, modelo Camai 002460, Perú, para moldearla y dar forma de acuerdo a su presentación. Las condiciones de panecillo que se obtuvo de diámetro de 2,8 cm de y un peso promedio de  $30 \pm 5$  g.

**3.3.2.5. Horneado.** Luego fueron horneados en un horno de marca Bake, modelo BK\_32G, China a un rango de temperatura de 160 a 200 °C por un tiempo de 24 a 36 min de acuerdo a la **Tabla 5**.

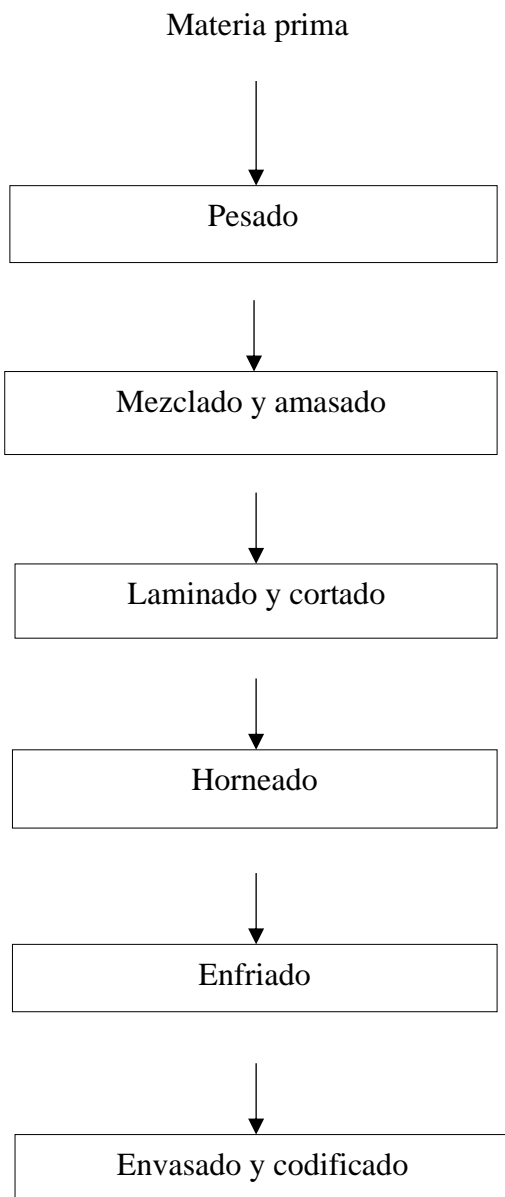
**3.3.2.6 Enfriado.** Finalizando el proceso de horneado, retiró los panecillos de maíz y se llevaron hacia una zona fresca, seca y libre de contaminación. Los panecillos de maíz se enfriaron por un periodo de tiempo de 20 min.

**3.3.2.7 Envasado y codificado.** Por último, se llevaron a envasar en bolsas de polipropileno y selladas con un sellador de bolsas marca Major, modelo SD- 053, Perú. Las

muestras fueron codificadas para cada tratamiento (**Anexo N°01**) para realizar la evaluación de aceptabilidad general.

En la **Figura 5** se muestra el diagrama de flujo de la elaboración del panecillo de maíz.

**Figura 5.**  
*Flujograma de elaboración de panecillo de maíz*



### **3.3.3. Aceptabilidad general**

Se utilizó “una escala no estructurada de 10 cm, que es un tipo de prueba que requiere que los panelistas marquen sus evaluaciones sensoriales a lo largo de una línea recta, donde los resultados resultantes se convertirán en valores cuantitativos según la longitud predeterminada” (Gacula y Singh,1984).

Se realizó el análisis sensorial con un panel de 140 consumidores para evaluar la aceptabilidad general de los panecillos de maíz. Teniendo en cuenta las restricciones del Covid-19, se organizó realizar la evaluación en dos turnos (turno mañana y tarde) y así evaluar la aceptabilidad a un mayor número de consumidores por día, se trabajó con 50 panelistas no entrenados mayores de 18 años esta evaluación demoro un total de tres días. El ambiente en el cual se realizó la evaluación fue un espacio ventilado a un rango de temperatura de 18 a 22 °C (temperatura ambiente).

Al empezar la evaluación los consumidores fueron orientados sobre el producto y los aspectos que debían evaluar, cada consumidor recibió los tratamientos (cada uno con diferentes formulaciones) distinguidos por un código para ser identificado en la ficha de evaluación (**Anexo N° 01**), el consumidor habiendo degustado 5 muestras como máximo se solicitaba tomar un sorbo de agua para seguir distinguiendo el sabor y continuar degustando el resto de las muestras.

### **3.3.4. Evaluación del color**

Las pruebas de color se realizaron con un espectrofotómetro PCE-CSM 8, con reflectancia espectral de-NM; donde para manipular el equipo tiene que observarse que la batería este completamente cargada, luego vamos a las opciones del menú las opciones pide que

calibremos el blanco y negro por lo cual el dispositivo ya contiene esos accesorios para calibrar, seguidamente se procede a medir el color en las muestras deseadas.

Se midió los parámetros “L” (luminosidad) y “a” (coordenadas rojo/verde) y “b” (coordenadas amarillo/azul) en la superficie exterior de los panecillos de maíz (**Anexo N°04**). Dentro de las dimensiones del color se llegó a analizar el valor L (luminosidad) y croma (pureza del color) el cual representa las coordenadas a\* y b\* como se definen en las bases teóricas.

### **3.3.5. Características físicas.**

Se analizó la humedad de la harina de trigo y de maíz amiláceo, siguiendo el procedimiento de la Norma Técnica Peruana (NTP 205. 037:1975; revisada 2016), el contenido de humedad expresado en porcentaje.

Se llegó a determinar el porcentaje de humedad y cenizas del tratamiento más óptimo respecto a la aceptabilidad general.

### **3.4. Análisis estadístico**

En la elaboración del panecillo de maíz utilizando harina de trigo (*triticum*) se utilizó un Delineamiento Compuesto Central Rotacional (DCCR) de tres (3) variables independientes ( $2^3$  puntos del cubo+ 2x3 punto axiales + 3 puntos centrales), generado por el programa STATISTICA 7, que hacen un total de 17 ensayos (**Tablas 3 y 5**) y un análisis de superficie de respuesta que permitió evaluar las variables que afectan en la producción del panecillo de maíz. Para la evaluación se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) del modelo para variables respuestas que permitió evaluar como los factores afectan en la aceptabilidad general y color para encontrar los óptimos de temperatura (°C), tiempo (min) y sustitución (%) (**Tabla 6**). Este



evalúa si las variables son altamente significativas ( $p < 0,05$ ) y también indicará la concordancia entre los valores experimentales y los valores predichos por el modelo estadístico (**Tabla 7**).

**Tabla 3.**

*Valores utilizados en DCCR de las variables independientes para la elaboración de los panecillos de maíz utilizando harina de trigo.*

Tratamientos	Temperatura de horneado (°C)	Tiempo de horneado (min)	Sustitución parcial de harina de trigo (%)	Aceptabilidad general	Color
1	-1	-1	-1		
2	1	-1	-1		
3	-1	1	-1		
4	1	1	-1		
5	-1	-1	1		
6	1	-1	1		
7	-1	1	1		
8	1	1	1		
9	-1,68	0	0		
10	1,68	0	0		
11	0	-1,68	0		
12	0	1,68	0		
13	0	0	-1,68		
14	0	0	1,68		
15	0	0	0		
16	0	0	0		
17	0	0	0		

En la **Tabla 4** se puede ver los diferentes niveles que se empleó para las diferentes variables, en donde se trabajó con una temperatura desde 160 °C a 200 °C, tiempo de horneado de 20 a 36 min y sustitución de harina de trigo del 2 a 8 %. Esto permitió obtener los 17 tratamientos de acuerdo al diseño estadístico.

**Tabla 4.**

*Planeamiento DCCR sin codificar para las variables de respuesta de aceptabilidad general y color.*

Variables	Parámetros		Niveles		
	-1,68	-1	0	+1	+1,68
Temperatura (°C)(X1)	160	168,1	180	191,9	200
Tiempo de horneado (min) (X2)	24	26,4	30	33,6	36
Sustitución parcial de harina de trigo ( <i>Triticum</i> ) (%) (X3)	2	3,2	5	6,8	8

El enfoque con niveles codificados y variables de respuesta (aceptabilidad general y color) se muestra en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.**

*Planteamiento DCCR para la variable de respuesta de aceptabilidad general y análisis del color (luminosidad y cromaticidad).*

Tratamientos	Temperatura de horneado (°C)	Tiempo de horneado (min)	Sustitución parcial de harina de trigo (%)	Aceptabilidad general	Color (L, C*)
1	168,1	26,4	3,2		
2	191,9	26,4	3,2		
3	168,1	33,6	3,2		
4	191,9	33,6	3,2		
5	168,1	26,4	6,8		
6	191,9	26,4	6,8		
7	168,1	33,6	6,8		
8	191,9	33,6	6,8		
9	160,0	30,0	5,0		
10	200,0	30,0	5,0		
11	180,0	24,0	5,0		
12	180,0	36,0	5,0		
13	180,0	30,0	2,0		
14	180,0	30,0	8,0		
15	180,0	30,0	5,0		
16	180,0	30,0	5,0		
17	180,0	30,0	5,0		

En la **Tabla 6** se puede apreciar el análisis de varianza ANOVA el cual nos permitirá ver su significancia para cada variable.

**Tabla 6.**  
Análisis de varianza ANOVA

Fuente de variación	G.l.	SQ	QM	Fcalc
Regresión	1	$\sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2$	$\sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2 / 1$	$QMRL / QMRES$
Residuo: Res	$n - 2$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 / (n - 2)$	
Total Corregido	$n - 1$	$\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2$		

En la **Tabla 7** se puede apreciar el coeficiente de regresión para la generación del modelo estadístico de las variables de respuesta aceptabilidad general y color (Luminosidad y cromaticidad).

**Tabla 7.**  
Coeficiente de regresión para las variables respuestas.

	Coeficiente de regresión	Error promedio	T	P < valor
Media.				
(1)X1(L)				
X1(Q)				
(2)X2(L)				
X2(Q)				
(3)X3(L)				
X3(Q)				
1LX2L				
1LX3L				
2LX3L				

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación de humedad

Se determinó la humedad de las harinas que fueron utilizadas (trigo y maíz), las cuales presentaron un porcentaje de humedad de 13.5 % y 11.5 % (**Anexo N° 02**). Torres (2014), menciona que “el rango de humedad de harina de trigo es del 9.5 % al 14.5 %, respectivamente y respecto a la harina de maíz no existe variación representativa; entonces podemos decir que los resultados en cuanto a humedad en harina de maíz y trigo están dentro de los porcentajes indicados por dicho autor.

### 4.2. Aceptabilidad general

En la **Tabla 8** se presenta los resultados de la aceptabilidad general, estos se obtuvieron a través de la ficha de evaluación (**Anexo N°01**), obteniéndose el promedio para cada tratamiento.

**Tabla 8.**  
*Resultados experimentales de la aceptabilidad general*

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Sustitución (%)	Aceptabilidad General
1	168,1	26,4	3,2	7,53
2	191,9	26,4	3,2	8,25
3	168,1	33,6	3,2	8,02
4	191,9	33,6	3,2	7,57
5	168,1	26,4	6,8	7,45
6	191,9	26,4	6,8	7,85
7	168,1	33,6	6,8	8,35
8	191,9	33,6	6,8	8,37
9	160,0	30,0	5,0	7,73
10	200,0	30,0	5,0	7,40
11	180,0	24,0	5,0	7,77
12	180,0	36,0	5,0	7,70
13	180,0	30,0	2,0	8,48
14	180,0	30,0	8,0	8,74
15	180,0	30,0	5,0	8,47
16	180,0	30,0	5,0	8,46
17	180,0	30,0	5,0	8,45

En la **Tabla 8** se puede apreciar que a temperaturas y tiempos muy bajos o muy altos sin tener en cuenta la sustitución, la aceptabilidad es baja (tratamiento 9, tratamiento 10, tratamiento 11 y tratamiento 12), coincidiendo en gran parte con lo aludido por Benavides de la Cruz (2015), quien menciona que a bajas temperaturas y tiempos cortos de horneado la aceptabilidad baja; esto posiblemente se debe que utilizando bajos rangos de temperatura y tiempo el producto de panificación queda sin ser cocido completamente y es poco apreciado por el consumidor y de manera similar al utilizar altas temperaturas y tiempos prolongados de horneado, el producto queda sobre cocinado. Por otro lado, a temperaturas moderadamente altas, tiempos moderadamente prolongados y alto porcentaje de sustitución producen en el panecillo una aceptabilidad cercana a los 8 puntos en comparación con otros tratamientos que sobrepasan el puntaje mencionado, esto lo podemos observar en el tratamiento 6.

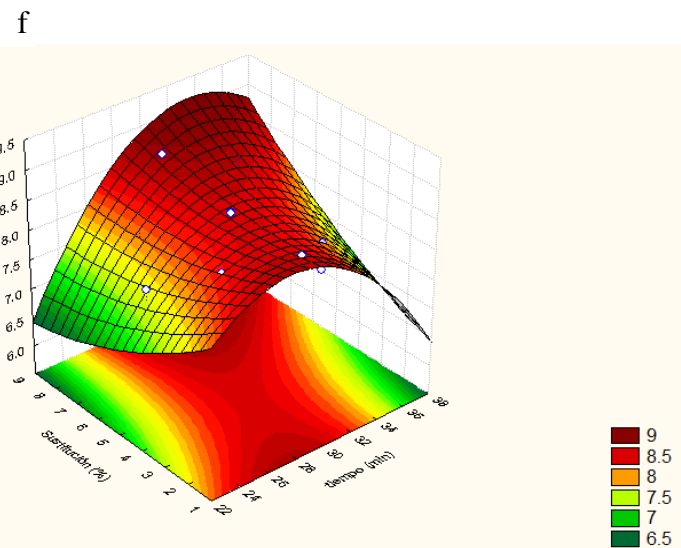
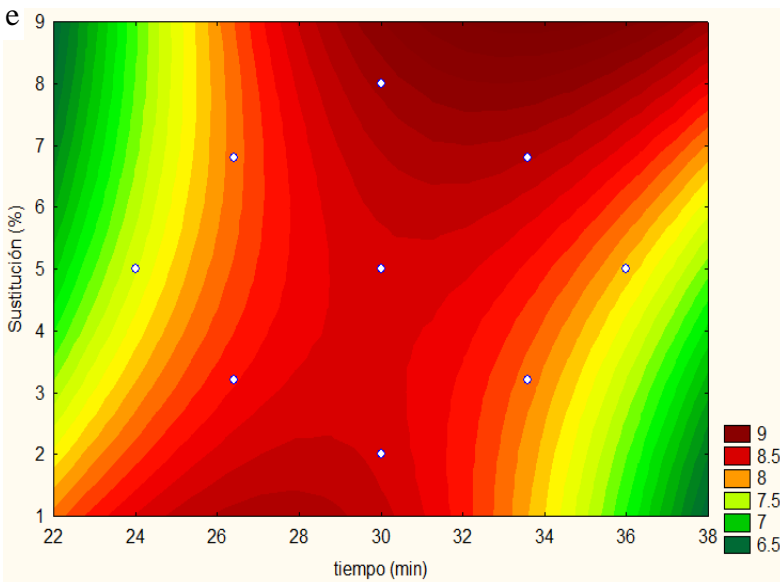
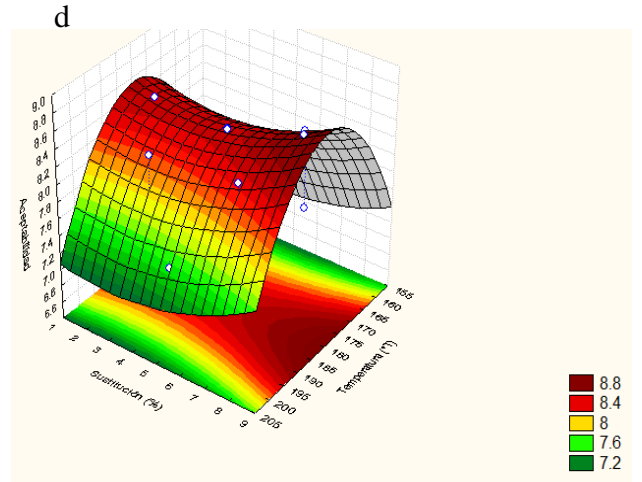
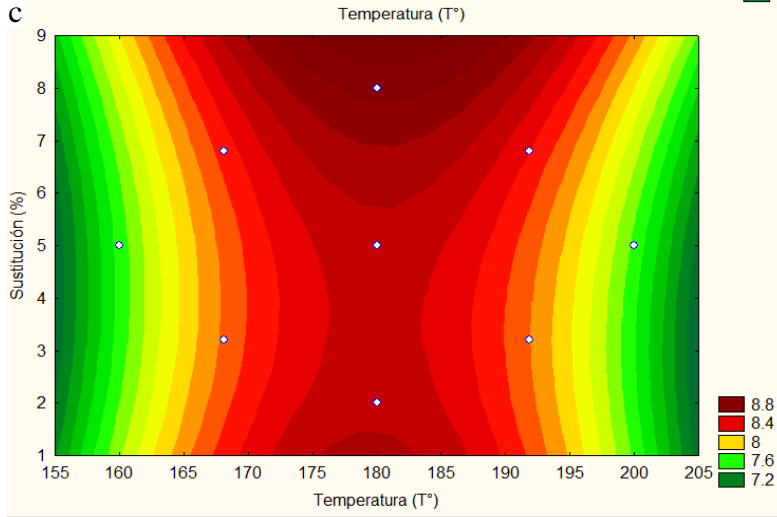
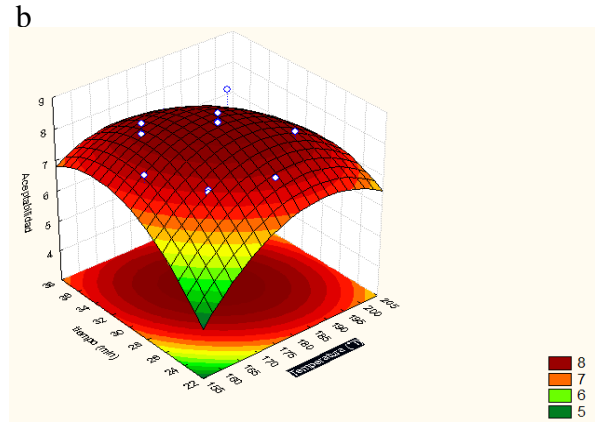
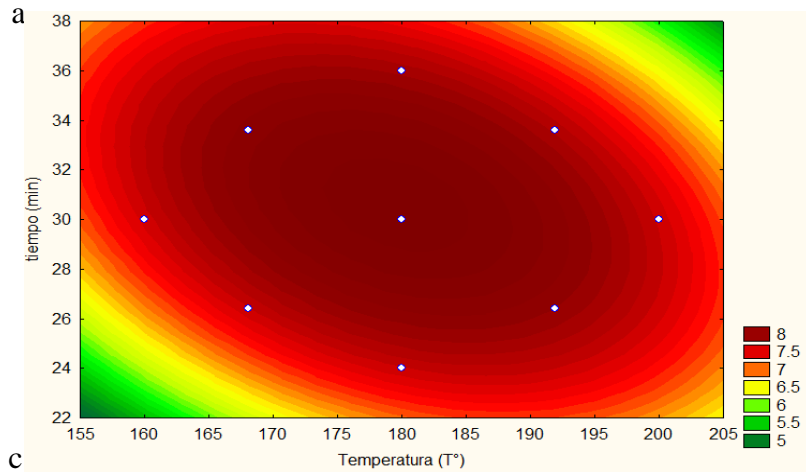
En el tratamiento 14 podemos observar que hay una mayor aceptabilidad alcanzando un puntaje cercano a los 9 puntos, en donde se utilizó tiempos y temperaturas medias (180 °C y 30 min), porcentaje de sustituciones de harina de trigo mayores los puntos centrales (8 %). De la Vega (2009) menciona, que la proteína del gluten en la harina de trigo es un fluido viscoelástico lo cual adquiere elasticidad ya que son elásticas o extensibles y esto es reflejado en aceptabilidad ya que a una mayor sustitución de harina de trigo adquiere una mayor aceptabilidad general, ya sea por textura o firmeza que le puede dar al producto.

En la **Figura 6** se muestra las gráficas de Superficie de Respuesta y Superficie de Contornos obtenidas con el software STATISTICA 7, donde se puede visualizar en las gráficas (a) y (b) el efecto de la Temperatura y el tiempo de horneado para la respuesta tridimensional, en donde al considerar una temperatura entre 175 °C y 185 °C y un tiempo de 30 a 36 min se pueden obtener los más altos niveles de aceptabilidad general en el panecillo de maíz. En las

gráficas (c) y (d), se muestra la combinación de las variables independientes evaluadas (% sustitución y temperatura) y su efecto tridimensional. Se aprecia que a valores de 175 a 185 °C de temperatura y sustituciones de harina de trigo mayores a 7 %, la aceptabilidad es mayor. Para Julianti (2017), menciona que la harina de trigo otorga textura y volúmenes anhelados para el producto, es por ello la aceptabilidad general en el panecillo de maíz aumenta. En cuanto a las variables porcentaje de sustitución y tiempo de horneado (gráfica e y f), se aprecia que para los valores entre 30 a 36 min de horneado se obtiene mejor aceptabilidad general tomando en cuenta el porcentaje de sustitución de harina de trigo. De todas las gráficas (**Figura 6**), se puede destacar que la mayor aceptabilidad general se logra empleando una temperatura y tiempo de horneado no muy prolongado, además de sustituciones mayores al 7% de harina de trigo.

**Figura 6.**

(a), (c), (e) Diseño de Superficie de Respuesta. (b), (d) y (f) Graficas de contornos para la variable de Aceptabilidad General.



En la **Tabla 9** podemos observar el ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de aceptabilidad general, la mayoría de las variables son significativas, al observar que la temperatura cuadrática y el tiempo y sustitución lineal y cuadrático fueron significativos ( $p < 0,05$ ) en la aceptabilidad general. Sin embargo, en cuanto a la temperatura lineal no tiene significancia ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 9.**

*ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de Aceptabilidad General.*

<b>Factores</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Medida de cuadrados</b>	<b>F-calc</b>	<b>F-tab</b>	<b>Valor P</b>
(1)temperatura(L)	0,001343	1	0,001343	13,43		0,067070
temperatura(Q)	1,342286	1	1,342286	13422,86		<b>0,000074</b>
(2)tiempo (L)	0,339948	1	0,339948	3399,48		<b>0,000294</b>
tiempo (Q)	0,348359	1	0,348359	3483,59		<b>0,000287</b>
(3)sustitución(L)	0,086578	1	0,086578	865,78		<b>0,001153</b>
sustitución(Q)	0,007073	1	0,007073	70,73		<b>0,013846</b>
1L by 2L	0,300313	1	0,300313	3003,13		<b>0,000333</b>
1L by 3L	0,002812	1	0,002812	28,13		<b>0,033765</b>
2L by 3L	0,324013	1	0,324013	3240,13		<b>0,000308</b>
Lack of Fit	0,239267	5	0,047853	478,53		<b>0,002087</b>
Pure Error	0,000200	2	0,000100			
Regresión	2,73	7	0,39		14,64	0,0002
Resíduos	0,24	9	0,03		2,50	
Total SS	2,968176	16				

Para la aprobación del modelo generado, se comprueba que el F calculado es mucho mayor que el F tabulado, lo que indica que el modelo cuadrático utilizado es adecuado.



**Tabla 10.***Coefficientes de regresión para la aceptabilidad general de panecillos de maíz.*

Factor	Aceptabilidad General	
	Coefficientes	P
Mean/Interc.	-102,63	<b>0,000871</b>
(1)temperatura (T°)(L)	0,945	<b>0,000674</b>
Temperatura (T°) (Q)	-0,002	<b>0,001165</b>
(2)tiempo (min) (L)	1,903	<b>0,002696</b>
tiempo (min) (Q)	-0,02	<b>0,003625</b>
(3)Sustitución (%) (L)	-1,203	0,138029
Sustitución (%) (Q)	0,016	0,433501
1L X 2L	-0,005	<b>0,031286</b>
1L X 3L	0,001	0,802424
2L X 3L	0,031	<b>0,026926</b>
R <sup>2</sup>	0,90353	
R Ajustado	0,7795	

El mejor modelo que correlaciona los datos experimentales con la aceptabilidad general es el modelo de términos lineales y cuadráticos de efectos principales e interacciones cuadráticas, ya que se obtiene mayor R<sup>2</sup> y error total menor al cuadrado y coeficientes que fueron significativos (p< 0,05) obteniendo un R<sup>2</sup> y R ajustado de 0,90353 y 0,7795, respectivamente. Algunos autores consideran que el R ajustado debe ser mayor al 70 %, ya que indica que los valores no representan mayor variabilidad con los datos (Gutiérrez y De la Vera, 2004; Martínez, 2009 y Pérez, 2016). Por consecuencia, se obtuvo el modelo de regresión para predecir la aceptabilidad general de los panecillos de maíz, como se muestra en la **Ecuación 1**:

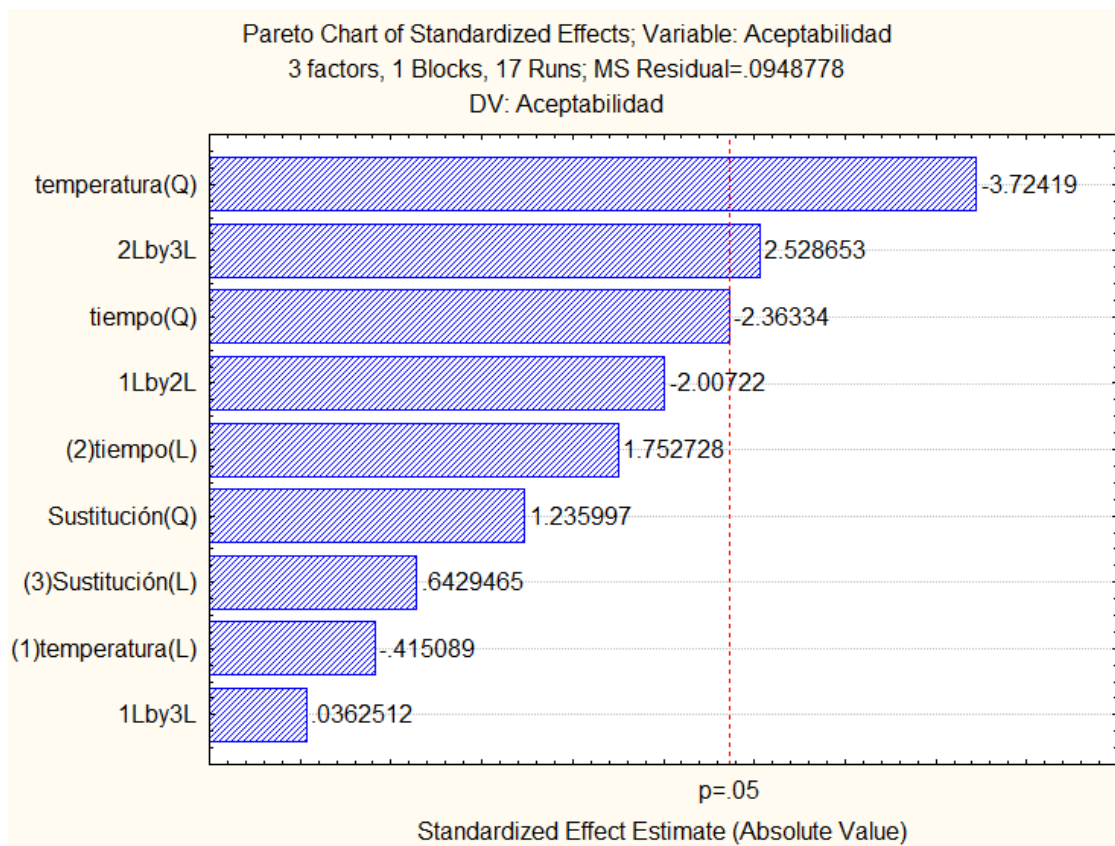
$$Y_1 = -102,63 + 0,945X_1 - 0,002X_1^2 + 1,903X_2 - 0,02X_2^2 - 1,203X_3 + 0,016X_3^2 - 0,005X_1X_2 + 0,001X_1X_3 + 0,031X_2X_3 \quad \text{EC.1}$$

Donde:

$Y_1$ : Aceptabilidad general;  $X_1$ : temperatura de horneado ( $^{\circ}\text{C}$ );  $X_2$ : Tiempo de horneado (min);  $X_3$ : sustitución de harina de trigo (%).

En la **Figura 7** podemos observar el diagrama Pareto, el cual nos indica que la estimación de efectos es confiable. Además, que tanto la temperatura y la interacción entre el tiempo y sustitución afectan e influyen en la variable dependiente.

**Figura 7.**  
*Diagrama de Pareto para la aceptabilidad general.*



Según Hernández (2017), en su trabajo de investigación “estudio del proceso de laminación y horneado en la producción de galletas tipo cracker”, menciona que la temperatura

influye en las características físicas como son las dimensiones y la resistencia estructural de las galletas y esto se refleja en nuestra variable respuesta y lo podemos apreciar en nuestro diagrama Pareto donde menciona que la temperatura es una de las variables que más afecta sobre nuestra aceptabilidad general.

## **4.2. Color**

El color es uno de los puntos fundamentales ya que es la primera apreciación para la aceptación del consumidor ya que una corteza muy oscura o clara puede causar una aceptación o rechazo del consumidor (Paucar-Menacho et al., 2016). Se presenta los resultados del análisis del color, donde se realizó dos corridas y como resultados se obtuvo el promedio por cada tratamiento. Se midió los espacios de color L (Luminosidad),  $a^*$ ,  $b^*$  y su cromaticidad (**Anexo N°04**); para ser analizado el color aplicando la luminosidad (L) y su cromaticidad ( $C^*$ ).

**Tabla 11.**  
*Resultados experimentales del análisis del color*

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Sustitución (%)	L*	C*
1	168,1	26,4	3,2	70,27	22,42
2	191,9	26,4	3,2	54,93	28,51
3	168,1	33,6	3,2	68,89	22,08
4	191,9	33,6	3,2	43,81	22,90
5	168,1	26,4	6,8	63,69	25,43
6	191,9	26,4	6,8	56,20	29,00
7	168,1	33,6	6,8	60,75	26,08
8	191,9	33,6	6,8	49,98	32,02
9	160,0	30,0	5,0	64,72	22,13
10	200,0	30,0	5,0	51,42	35,50
11	180,0	24,0	5,0	65,23	20,73
12	180,0	36,0	5,0	53,36	25,13
13	180,0	30,0	2,0	72,81	19,67
14	180,0	30,0	8,0	61,65	26,95
15	180,0	30,0	5,0	66,31	24,48
16	180,0	30,0	5,0	64,03	22,89
17	180,0	30,0	5,0	61,64	20,29

#### **4.2.1 Análisis de luminosidad (L\*)**

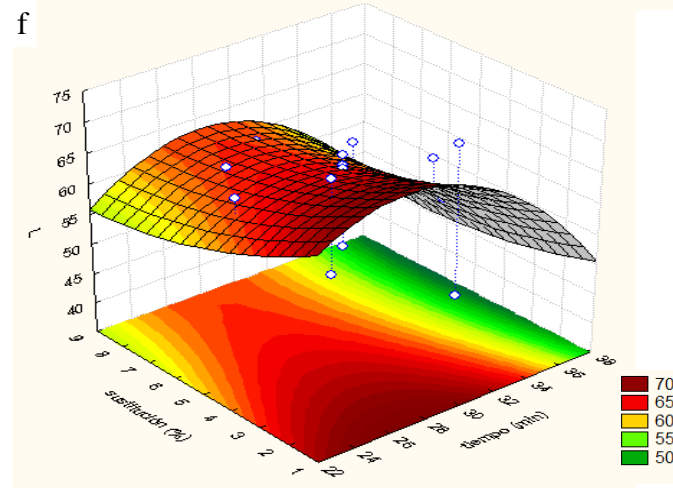
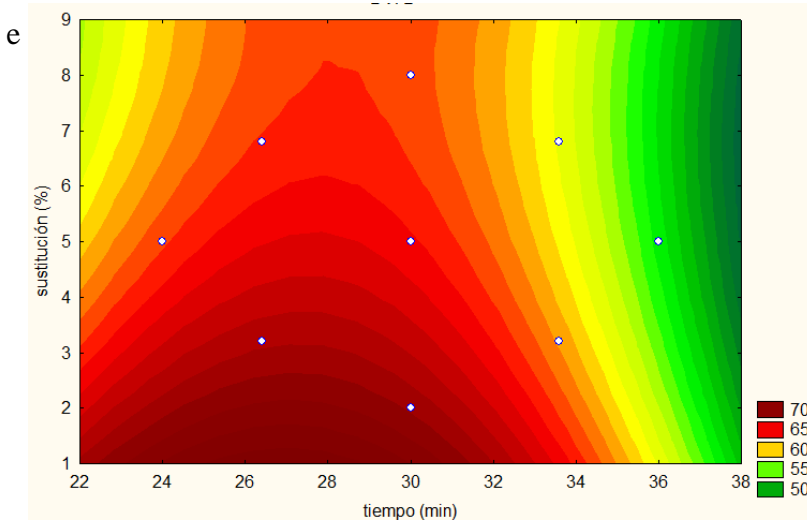
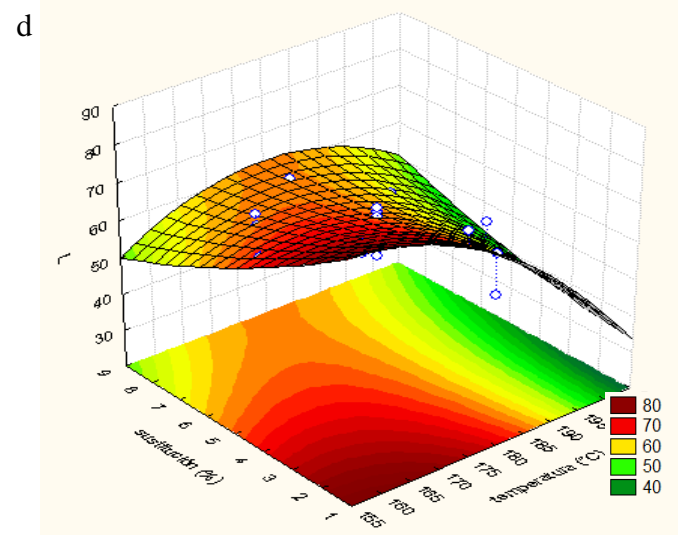
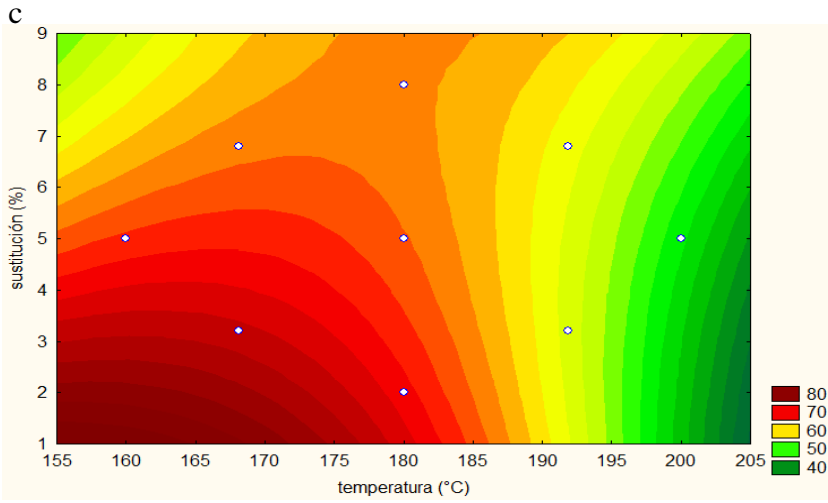
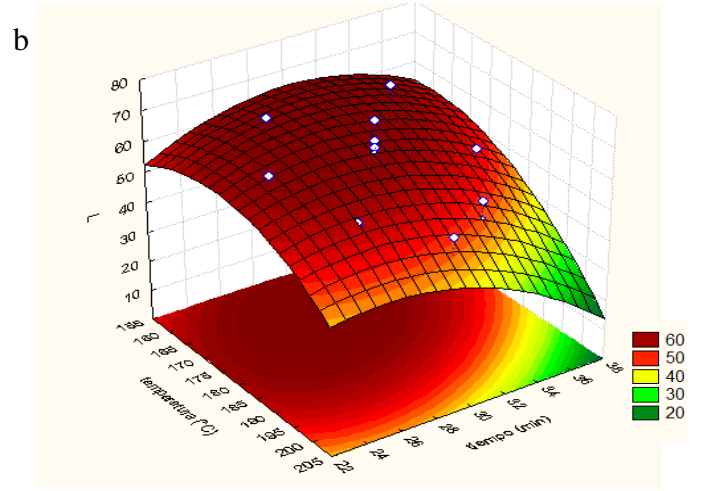
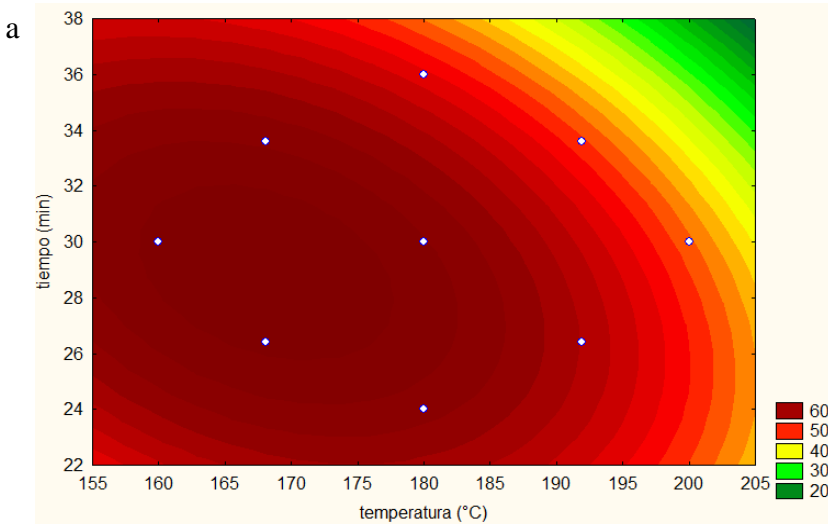
En cuanto al color en el análisis de la luminosidad va entre valores de 0 (negro) a 100 (blanco) (Velásquez y Morales, 2017), en la **Tabla 11** podemos apreciar que, a temperaturas altas sin importar la sustitución, tenemos valores de luminosidad bajos de 54,93; 43,81; 51,42 y 53,36 (tratamientos 2,4,10 y 12). Para Villarroel et al. (2009), mencionan que el tiempo de horneado influye en el cambio de color que pasa de un color dorado a un tono café por la reacción de caramelización o Maillard.

En la **Figura 8** se muestra las gráficas de Superficie de Respuesta y Superficie de Contornos obtenidas con el software STATISTICA 7, donde se puede visualizar en las gráficas (a) y (b) el efecto de la Temperatura y el tiempo de horneado para la respuesta tridimensional, en donde al considerar una temperatura entre 160°C y 180°C y un tiempo de 28 a 32 min se obtienen 60 puntos de luminosidad en el panecillo de maíz. Para Peñaloza *et al.* (2017), en su estudio efecto de las condiciones de horneado sobre el desarrollo de color menciona que en la corteza del pan dulce la luminosidad en los primeros 5 min no presenta cambio del parámetro L (primera etapa) mientras que a partir de los 5 min hacia adelante hay una disminución del valor del parámetro L entre las temperaturas de 170 °C a 190 °C. La luminosidad a los 20 min oscila entre los 40 – 60 puntos en las temperaturas ya mencionadas en el estudio. La luminosidad es inversamente proporcional al contenido de formación fenoles, mientras más bajo sean los valores de luminosidad muestran más avances la reacción de Maillard.

En las gráficas (c) y (d), se muestra las variables % sustitución y temperatura se muestra que a valores de 155 a 170 °C de temperatura y sustituciones entre 1 a 2 %, obtenemos 80 puntos de luminosidad. En cuanto a las variables % de sustitución y tiempo horneado (gráfica e y f), se aprecia que para los valores entre 24 a 30 min de tiempo de horneado y entre 1 a 2 % de sustitución de harina de trigo se obtiene 70 puntos en luminosidad. En las gráficas de contornos de las “e y f” podemos observar que a una mayor sustitución de harina de trigo se obtiene menor valor de luminosidad. Velásquez y Morales (2017), realizan sustituciones con 3 % de harina de alcachofa y 4 % de harina de soja obtenemos 40 como valor en luminosidad. De todas las gráficas (**Figura 8**), se puede destacar que proporciones para obtener una galleta no muy oscura son: 180 °C de temperatura y 30 min de horneado y un 8 % de sustitución de harina de trigo.

**Figura 8.**

(a), (c), (e) Diseño de Superficie de Respuesta. (b), (d) y (f) Graficas de contornos para la variable de luminosidad en cuanto al análisis del color.



En la **Tabla 12** podemos observar el ANOVA de los factores evaluados para el análisis del color en cuanto a la luminosidad, como podemos observar la temperatura y tiempo lineal son significativos ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 12.**  
*ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de color (Luminosidad)*

<b>Factores</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Medida de cuadrados</b>	<b>F-calc</b>	<b>F-tab</b>	<b>Valor P</b>
(1)temperatura(L)	481,0744	1	481,0744	88,21819		<b>0,011146</b>
temperatura(Q)	83,9180	1	83,9180	15,38867		0,059265
(2)tiempo (L)	126,7045	1	126,7045	23,23475		<b>0,040446</b>
tiempo (Q)	60,1368	1	60,1368	11,02773		0,079956
(3)sustitución(L)	49,4096	1	49,4096	9,06060		0,094915
sustitución(Q)	2,9429	1	2,9429	0,53967		0,539029
1L by 2L	21,1901	1	21,1901	3,88578		0,187474
1L by 3L	61,3832	1	61,3832	11,25629		0,078518
2L by 3L	1,3944	1	1,3944	0,25571		0,663308
Lack of Fit	89,5409	5	17,9082	3,28396		0,249748
Pure Error	10,9065	2	5,4532			
Regresión	888,28	7	126,90			
Resíduos	111,35	9	12,37	10,26	2,50	0,0011
Total SS	988,7242	16				

En el ANOVA para la aprobación del modelo generado, se comprueba que el F calculado es mucho mayor que el F tabulado, lo que indica que el modelo cuadrático utilizado es adecuado.

Se obtuvieron los valores del  $R^2$  y suma de cuadrados del error (**Tabla 13**), el mejor modelo para correlacionar datos experimentales de densidad de color es el modelo de términos

lineales y cuadráticos de efectos principales e interacciones cuadráticas, ya que se obtiene mayor R<sup>2</sup> y error total menor al cuadrado.

**Tabla 13.**

*Coefficientes de regresión para la luminosidad en cuanto al color en el panecillo de maíz.*

Factor	Luminosidad	
	Coefficientes	P
Mean/Interc.	-676,157	0,090109
(1)temperatura (T°)(L)	6,921	0,056376
Temperatura (T°) (Q)	-0,019	<b>0,046208</b>
(2)tiempo (min) (L)	16,496	0,072189
tiempo (min) (Q)	-0,180	0,079866
(3)Sustitución (%) (L)	-27,868	0,075022
Sustitución (%) (Q)	0,160	0,664349
1L X 2L	-0,038	0,263684
1L X 3L	0,129	0,077416
2L X 3L	0,064	0,764324
R <sup>2</sup>	0,8661	
R Ajustado	0,6939	

La variable de análisis de la luminosidad en cuanto al color de los panecillos de maíz , podemos observar que solo la variable temperatura cuadrática es significativo ( p< 0,05) obteniendo un R<sup>2</sup> y R ajustado de 0,8661 y 0,6939 respectivamente. Por lo tanto, se obtuvo el modelo de regresión para predecir la luminosidad en los panecillos de maíz, como se muestra en la **Ecuación 2:**

$$Y_2 = -676,157 + 6,921X_1 - 0,019X_1^2 + 16,496X_2 - 0,180X_2^2 - 27,868X_3 + 0,160X_3^2 - 0,038X_1X_2 + 0,129X_1X_3 + 0,064X_2X_3 \quad \text{EC.2}$$



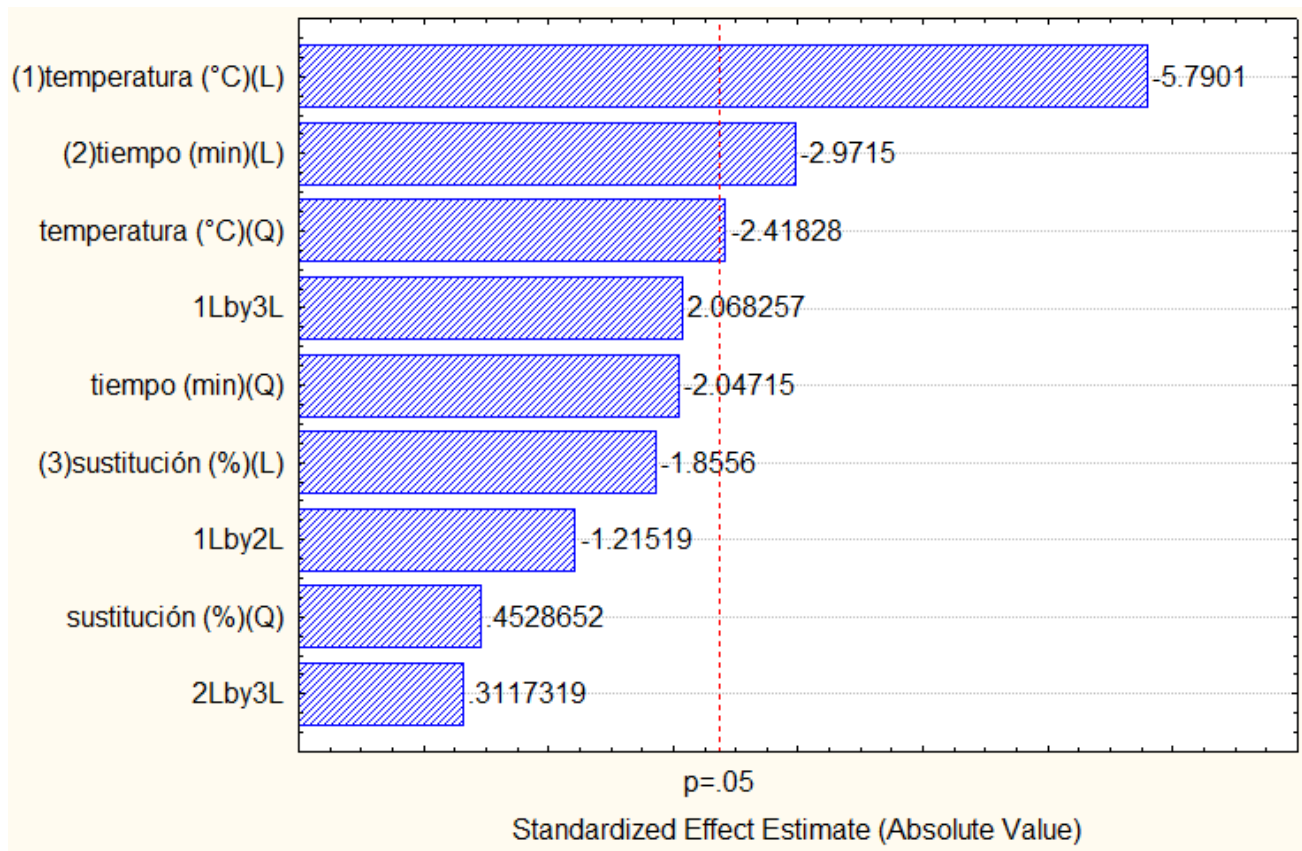
Donde:

$Y_2$ : Luminosidad;  $X_1$ : Temperatura de horneado ( $^{\circ}\text{C}$ );  $X_2$ : Tiempo de horneado (min);  $X_3$ : sustitución de harina de trigo (%).

Se presenta el diagrama de Pareto en la **Figura 9**, el cual indica que tanto la temperatura lineal y tiempo lineal tienen efecto e influyen en la luminosidad en cuanto al análisis del color. Para Peñaloza et al. (2017), mencionan que la temperatura y el tiempo conforme aumenta la luminosidad su valor es mayor.

**Figura 9.**

*Diagrama Pareto para la luminosidad en cuanto al análisis del color*



#### **4.2.2 Análisis de la cromaticidad “C\*”**

En el análisis de color en cuanto a la cromaticidad o croma indica cuan puro, intenso o vivo es un color en una escala del 1 al 100, donde el último valor expresa la pureza (Castro et al., 2013), en la **Tabla 11** podemos observar que, a temperaturas y tiempos altos, obtenemos valores altos (32,02 y 35,50) en cuanto a la cromaticidad en los tratamientos 8 y 10. En los tratamiento 13 con 180 °C, 30 min y 2 % de sustitución de obtiene menor valor de Cromaticidad (19, 67). Se observa que mientras aumenta el porcentaje de sustitución (6,8 % a 8 %) la cromaticidad aumenta de 25,43 a 32,02. Carranza (2018), reportó resultados de altos niveles de saturación en cromaticidad en panes de molde con sustitución parcial de harina de quinua y harina de Kiwicha cuando los niveles fueron de 5,5 a 9%, dichos resultados coinciden dentro de los valores de sustitución que reportamos en nuestros datos. Para Von y Machado (2005), en su estudio realiza un preparado para el análisis de textura y color de diferentes almidones, realiza una correlación de mayor a menor cromaticidad en donde la harina de trigo tiene mayor intensidad que la harina de maíz, lo cual coincide con lo obtenido en nuestro trabajo.

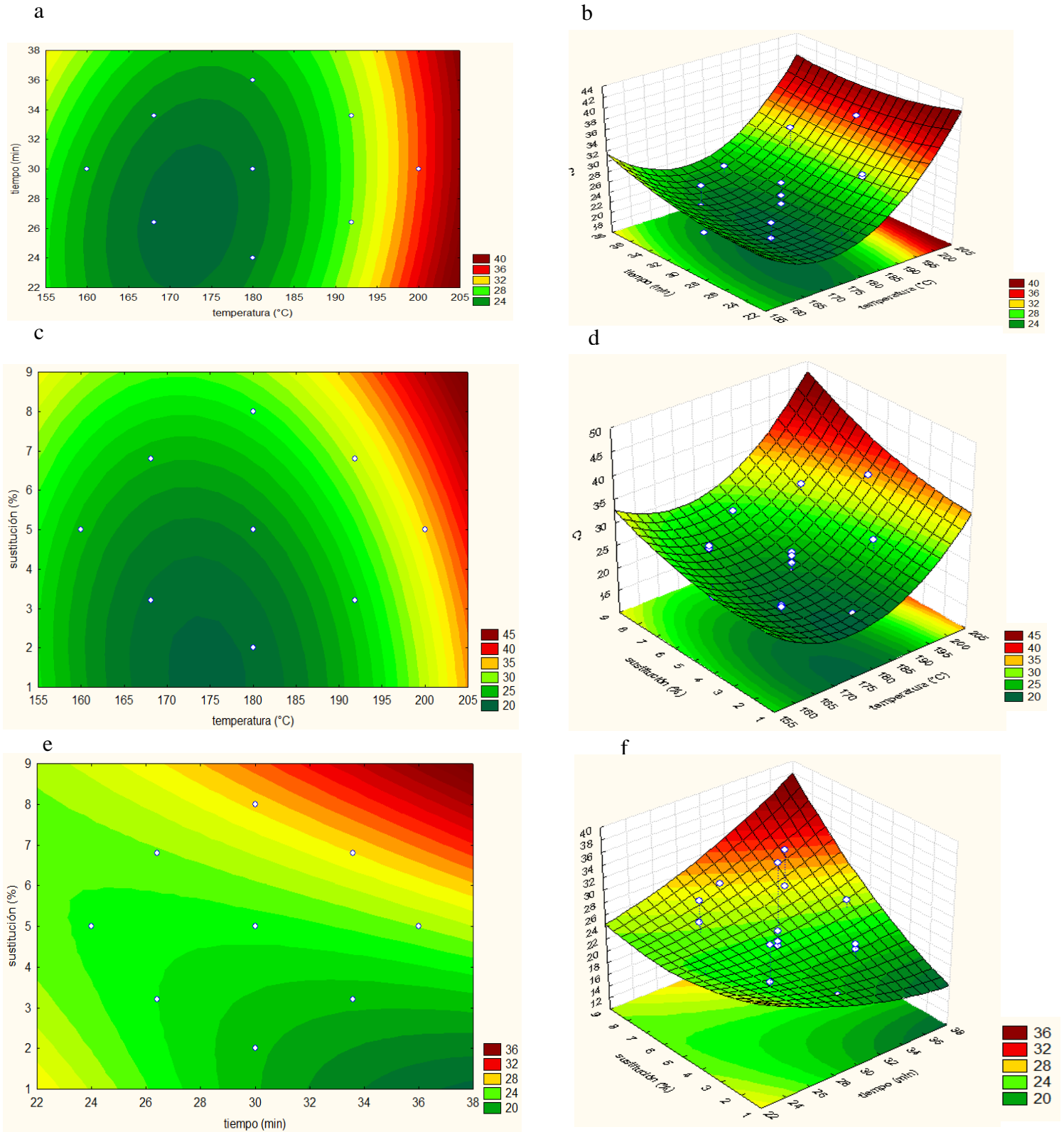
En la **Figura 10** se muestra las gráficas de Superficie de Respuesta y Superficie de Contornos obtenidas con el software STATISTICA 7, donde se puede visualizar en las gráficas (a) y (b) el efecto de la Temperatura y el tiempo de horneado para la respuesta tridimensional, en donde al considerar una temperatura entre 170°C y 180°C y un tiempo de 22 a 30 minutos se obtienen 24 puntos de cromaticidad en el panecillo de maíz.

En las gráficas (c) y (d), se muestra las variables % sustitución y temperatura se muestra que a valores de 170 a 180 °C de temperatura y sustituciones entre 1 a 2 %, obtenemos 20 puntos de cromaticidad. En cuanto a las variables % de sustitución y tiempo horneado (gráfica e y f), se aprecia que para los valores entre 32 a 36 minutos de tiempo de horneado y sustitución de harina

de trigo menor al 5 % se obtiene 20-24 puntos en cromaticidad y a mayor 5 % sustituciones de harina de trigo obtenemos 28-36 puntos de cromaticidad. En las gráficas de contornos de las Figuras “c y e” podemos observar que a una sustitución mayor al 5 % de harina de trigo obtenemos mayor valor de cromaticidad. De todas las gráficas (**Figura 10**), se puede destacar que proporciones para obtener una galleta no muy oscura son: 175 °C de temperatura y 35 minutos de horneado y un 8 % de sustitución de harina de trigo.

**Figura 10.**

(a), (c), (e) *Diseño de Superficie de Respuesta.* (b), (d) y (f) *Graficas de contornos para la variable de Cromaticidad en cuanto al análisis del color.*



En la **Tabla 14** podemos observar el ANOVA de los factores evaluados para el análisis del color en cuanto a la cromaticidad, como podemos observar la temperatura lineal es significativa ( $p < 0,05$ ), las demás variables no tienen significancia ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 14.**  
*ANOVA de los factores evaluados para la variable respuesta de color (cromaticidad)*

<b>Factores</b>	<b>Suma de cuadrado</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Medida de cuadrados</b>	<b>F-calc</b>	<b>F-tab</b>	<b>Valor P</b>
(1)temperatura(L)	110,8098	1	110,8098	24,76731		<b>0,038084</b>
temperatura(Q)	65,8162	1	65,8162	14,71072		0,061748
(2)tiempo (L)	1,8838	1	1,8838	0,42106		0,582970
tiempo (Q)	1,2562	1	1,2562	0,28079		0,649130
(3)sustitución(L)	60,9901	1	60,9901	13,63201		0,066160
sustitución(Q)	2,4786	1	2,4786	0,55399		0,534262
1L by 2L	1,0512	1	1,0512	0,23497		0,675759
1L by 3L	0,8450	1	0,8450	0,18887		0,706256
2L by 3L	11,5681	1	11,5681	2,58560		0,249099
Lack of Fit	30,4598	5	6,0920	1,36163		0,474757
Pure Error	8,9481	2	4,4740			
Regresión	254,91	7	36,42			
Resíduos	48,36	9	5,37	6,78	2,5	0,0052
Total SS	294,3132	16				

Se comprueba que el F calculado es mucho mayor que el F tabulado, lo que indica que el modelo cuadrático utilizado es adecuado.

Se encuentra que el mejor modelo que correlaciona con los datos experimentales para croma en color es el modelo de términos lineales y cuadráticos de los efectos principales e interacciones cuadráticas, ya que R<sup>2</sup> es mayor y menor suma de cuadrados obtiene el error.

**Tabla 15.**

*Coefficientes de regresión para la cromaticidad en cuanto al color en el panecillo de maíz.*

Factor	Cromaticidad	
	Coefficientes	P
Mean/Interc.	545,4176	<b>0,039174</b>
(1)temperatura (T°)(L)	-5,7169	<b>0,019636</b>
Temperatura (T°) (Q)	0,0170	<b>0,011148</b>
(2)tiempo (min) (L)	-0,8664	0,864221
tiempo (min) (Q)	0,0261	0,651025
(3)Sustitución (%) (L)	-8,5855	0,338266
Sustitución (%) (Q)	0,1466	0,528233
1L X 2L	-0,0085	0,678649
1L X 3L	0,0152	0,709953
2L X 3L	0,1856	0,194840
R <sup>2</sup>	0,8984	
R Ajustado	0,7678	

En el análisis de regresión (**Tabla 15**) muestra que, para la variable de análisis de la cromaticidad en cuanto al color de los panecillos de maíz , podemos observar que solo la variable temperatura es significativa (  $p < 0,05$ ) obteniendo un R<sup>2</sup> y R ajustado de 0,8984 y 0,7678 respectivamente.

Por lo tanto, se obtuvo el modelo de regresión para predecir la cromaticidad en los panecillos de maíz, como se muestra en la **Ecuación 3**:

$$Y_3 = 545,4176 - 5,7169X_1 + 0,0170X_1^2 - 0,8664X_2 + 0,0261X_2^2 - 8,5855X_3 + 0,1466X_3^2 - 0,0085X_1X_2 + 0,0152X_1X_3 + 0,1856X_2X_3 \quad \text{EC.3}$$

Donde:

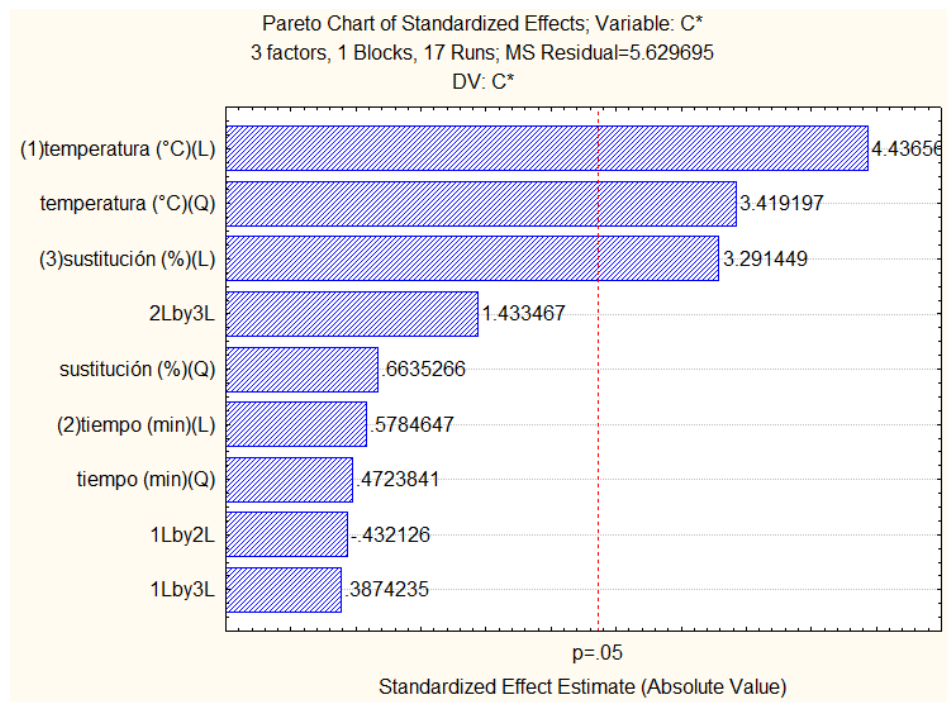
$Y_2$ : Cromaticidad;  $X_1$ : Temperatura de horneado ( $^{\circ}\text{C}$ );  $X_2$ : Tiempo de horneado (min);

$X_3$ : sustitución de harina de trigo (%).

Se presenta el diagrama de Pareto en la **Figura 11**, el cual indica que tanto la temperatura lineal y cuadrática, la sustitución lineal afectan e influyen en la cromaticidad en cuanto al análisis del color.

**Figura 11.**

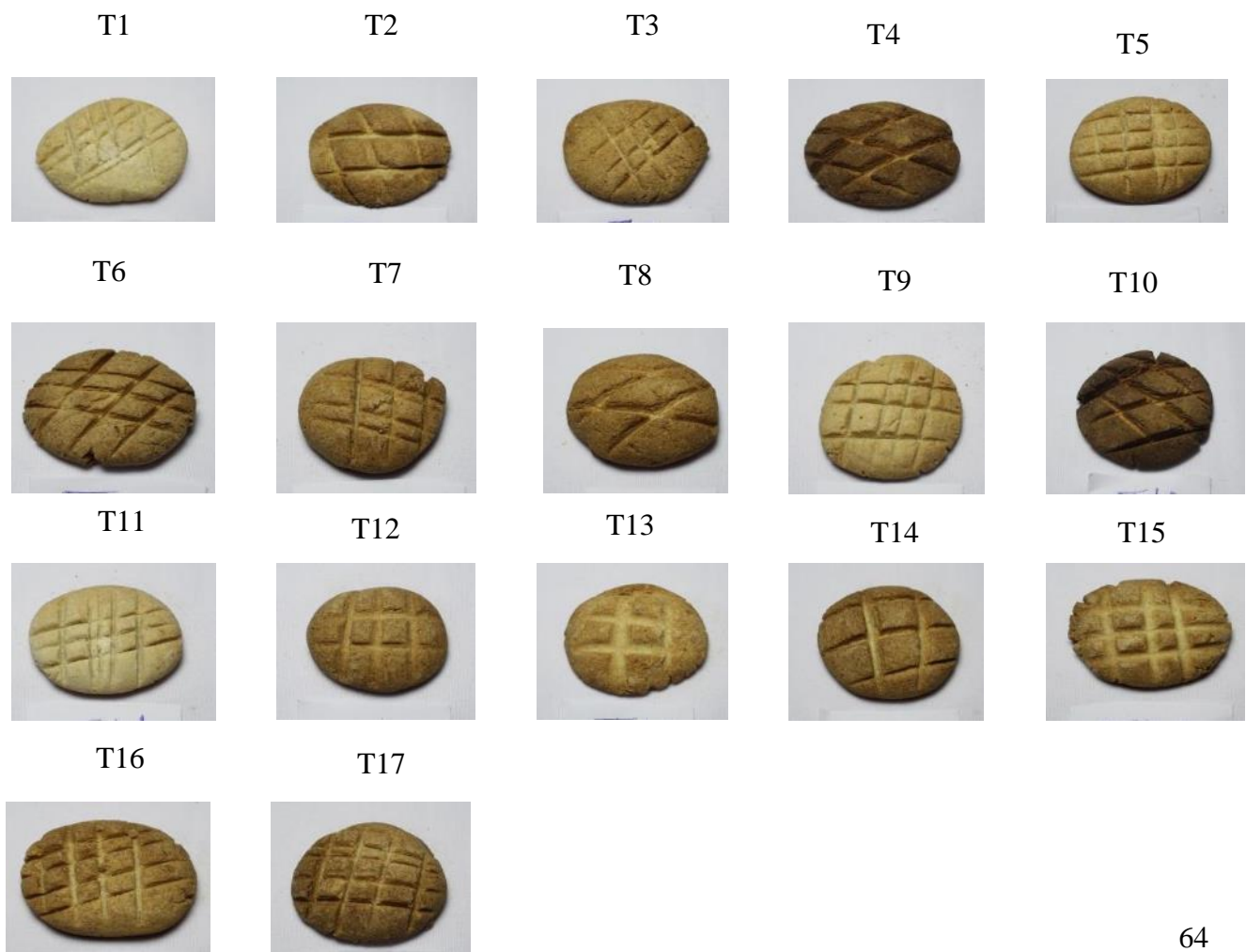
*Diagrama Pareto para la cromaticidad en cuanto al análisis del color*



En la **Figura 12**, se evidencia el color por cada tratamiento, existen dos reacciones que durante el proceso de horneado inciden en el color del producto terminado, una de ellas es la caramelización y la otra es la reacción de Maillard. La caramelización consiste en el intercambio de calor, los compuestos dentro de la masa reaccionan dando como resultado el color que va desde un color amarillo hasta un color café. La reacción de Maillard se da por la interacción entre las proteínas con los carbohidratos (Hernández, 2017). Además, menciona que cada tipo de reacción tiene un color distinto, en relación con nuestro trabajo de investigación influye en la aceptabilidad general.

**Figura 12.**

*Imágenes fotográficas donde se evidencia el color por cada tratamiento*





### 4.3. Determinación de los parámetros óptimos.

Se realizó la optimización de acuerdo al programa estadístico Minitab, se optimizó la variable de respuesta aceptabilidad; ya que esta define a las demás variables dependientes e influye directamente para conocer las preferencias de mercado consumidor. Navarro (2017), menciona que esta variable es de mayor consideración en un estudio al optimizar un producto. La optimización de la variable de respuesta aceptabilidad general consistió en maximizar las calificaciones. Para las variables de luminosidad y cromaticidad ( $L^*= 53,50$  y  $C^*=31,40$ ) fueron predichas a partir de los modelos matemáticos de la ecuación 2 y 3 en base a los parámetros de variables independientes de la optimización de la aceptabilidad general.

Los parámetros óptimos predichos para una mayor aceptabilidad general son: a una temperatura de horneado 175 °C, tiempo de horneado de 35 min y un 8 % de sustitución de harina de trigo (**Tabla 16**). Para Mario Villarroel et al. (2009), en su trabajo de investigación el tiempo más óptimo para la elaboración de galletas fue de 32 min a temperatura de 170 °C obteniendo buena respuesta de calidad sensorial, estos datos son cercanos a lo obtenido en nuestro trabajo de investigación.

**Tabla 16.**

*Condición que optimizan la relación de las variables independientes y dependientes*

Variables independientes			Variable dependientes		
Temperatura (°C)	Tiempo de horneado (min)	Sustitución (%)	Aceptabilidad general	Color	
				L*	C*
175,35	35,87	8	8,85	53,50	31,4

#### 4.4. Validación del modelo

Al evaluar la optimización de la variable aceptabilidad general, se procedió a la validación de los resultados, para ello se comparó los valores de aceptabilidad general con el modelo propuesto, con los parámetros de temperatura, tiempo de horneado y sustitución de harina de trigo de la zona óptima, presentado un error menor al 10 %, por lo que el modelo presenta una buena capacidad de predicción dentro de los parámetros ya establecidos, puesto que presenta errores menores a 2,24 % (Gutiérrez y De la Vara, 2009).

**Tabla 17.**

*Validación del modelo*

Variables independientes			Variables dependientes								
Temperatura (°C)	Tiempo de horneado (min)	Sustitución (%)	Aceptabilidad general			L*			C*		
			Experimental	Estimado	Error (%)	Experimental	Estimado	Error (%)	Experimental	Estimado	Error (%)
175	35	8	8,9	8,85	0,56	52,3	53,5	2,24	30,8	31,4	1,9

#### 4.5. Características físicas del óptimo

En cuanto a los análisis físicos se llegó a determinar su porcentaje de humedad y cenizas del más óptimo (**Tabla 18**); se observan los valores de humedad y cenizas con un 5,79 % y 0,49 %. De acuerdo con Cedeño (2013), menciona que el porcentaje de humedad para el caso de las galletas fluctúa entre el 2,85% y el 3,30%; los porcentajes altos o bajos depende de los insumos empleados en este caso al utilizar manteca o mantequilla aumenta su contenido de humedad; por

otro lado, la humedad que contenga la harina empleada también influye en el porcentaje final del producto. Dichos aspectos mencionados por el autor pueden ser uno de los factores que influyen en el resultado de humedad (5,79 %). En cuanto a los valores de cenizas de acuerdo a las NTP 206,661; (2016) revisado en el 2019, el límite máximo permitido es del 3 % de cenizas para galletas. Torres (2014), nos menciona que mientras mayor es el contenido de cenizas indican un alto contenido de minerales en el producto.

**Tabla 18.**

*Análisis físicos del óptimo*

Variables independientes			Análisis físicos	
Temperatura(°C)	Tiempo de horneado (min)	Sustitución (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
175,35	35,87	8	5,79	0,49

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

- Se evaluó el efecto de temperatura, tiempo de horneado y sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum*) en la obtención del penecillo de maíz amiláceo (*Zea mays L ssp amiláceo*) y harina de trigo (*Triticum*); en donde se concluye que, la aceptabilidad general, luminosidad y cromaticidad son significativas ( $p < 0,05$ ) de acuerdo al análisis de superficie de respuesta (ANOVA). Además, que tanto la temperatura cuadrática e interacción tiempo y sustitución (lineal) afectan e influyen en la aceptabilidad general, respecto al color la temperatura y tiempo (lineal) tienen efecto e influyen en la luminosidad, así como la temperatura (lineal y cuadrática) y sustitución (lineal) afectan e influyen en la cromaticidad.
- La variable más influyente en proceso de elaboración de penecillo de maíz amiláceo (*Zea mays L ssp amiláceo*) utilizando harina de trigo (*Triticum*) con respecto a nuestra variable respuesta aceptabilidad general y color respecto a su luminosidad y cromaticidad es la temperatura de horneado. Además, que a mayor porcentaje de sustitución de harina de trigo se obtiene una mayor aceptabilidad general y mayor cromaticidad.
- Se determinó los parámetros óptimos de la aceptabilidad general y color en la obtención del penecillo de maíz amiláceo (*Zea mays L ssp amiláceo*) y harina de trigo (*Triticum*), en donde se concluye que, los parámetros óptimos para elaborar el penecillo de maíz amiláceo (*Zea mays L ssp amiláceo*) y harina de trigo (*Triticum*) son: 175 °C, un tiempo de horneado de 35, 87 min y sustitución parcial de harina de trigo del 8 %; para obtener un valor experimental de 8,9 de aceptabilidad general, respecto al color de 52,3 en luminosidad y 30,8 de cromaticidad y un estimado de 8,85 de aceptabilidad general con un color de 53,50 de luminosidad y 35,87 cromaticidad con errores menores al 2,24.

- Se determinó las características físicas (humedad y contenido de cenizas) del tratamiento óptimo del penecillo de maíz amiláceo (*Zea mays L ssp amiláceo*) y harina de trigo (*Triticum*), en donde se concluye que el panecillo tiene un 5,83 % de humedad y 0,49 % de cenizas.

## **5.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda realizar más estudios en este producto donde se pueda incrementar su valor nutritivo añadiendo alimentos que potencien su contenido en vitaminas, sustancias antioxidantes, etc. Para de esa manera pueda llegar a ser beneficioso para la salud de los consumidores.

- Se recomienda realizar un estudio a profundidad respecto a la variable dependiente color considerando las particularidades de almidones que se empleen en la elaboración del pan.

## CAPÍTULO VI: REFERENCIAS

- Anticona, G. A. (2017). Comparación Físico-Química y Reológicas de harinas: Trigo (*Triticum aestivum*), Centeno (*Secale cereale*) y Triticale (x *Triticosecale*) en la elaboración de pan .  
Lima - Perú: Universidad Agraria la Molina.
- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. México: Pearson Educación.
- Benavides de la Cruz, E. E. (2015). Efecto del porcentaje de sustitución de Harina de trigo por Semilla de Chía (*Salvia hispánica*), tiempo y Temperatura de horneado en la Aceptabilidad General y Costos de una galleta. Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Carranza Escudero, M. A., & Toro Goin, J. C. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum spp*) por harina de quinua (*chenopodium quinoa*) y harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de un pan de molde.
- Cedeño, M. A. (2013). "Evaluación de diferentes combinaciones de harina de maíz morado (*Zea Mays*) y harina de trigo (*Triticum aestivum*) en la elaboración de galletas" (Bachelor's thesis, Quito, 2013).
- Chavarri, P. B. (2019). Optimización del proceso de elaboración de galletas utilizando harina de coronta de maíz morado (*Zea mays L.*). Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Chuchuca, G., Dick, A., & Peñafiel, J. (2012). Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- De la Vega, R. G. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología.*, 13(38), 27–32.
- Delgado, S., y Neira, A. A. (2016). Elaboración, aceptabilidad, propiedades reológicas, características fisicoquímicas y valor nutricional del pan enriquecido con harina de Tarwi. Arequipa - Perú.
- Gacula, J. & Singh, J. (1984). Diseños y análisis de superficies de respuesta. En J. Gacula, & J. Singh, *Métodos estadísticos en la investigación de alimentos y consumidores* (págs. 214-273).
- González, A. & Vicente, I. (2007). *El color en la industria de los alimentos*. Cuba: La Habana.
- Gutiérrez, H., & Vara, R. (2004). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: México Biblioteca Central.
- Hernández, J. (2017). Estudio del proceso de laminación y horneado en la producción de galletas tipo cracker.
- Jimenes, P. (2014). Utilización de maíz pigmentado para la elaboración de un alimento funcional. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa.
- Julianti, R. (2017). Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xanthan gum. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 171-177.
- Julio, L. C., Montero, P. M., & Acevedo, D. (2015). Calidad y aceptabilidad de chorizos formulados con plasma sanguíneo bovino y pasta de ajonjolí. *Información tecnológica*, 26(3), 25-32.

- Mansilla, P. (2018). Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (*Zea mays* L.): selección para la calidad agroalimentaria. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba .
- MIDAGRI (2020). Boletín estadístico mensual “El Agro en Cifras”.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1692287/Bolet%C3%ADn%20Mensual%20%22El%20Agro%20en%20Cifras%22%20-%20Diciembre%202020.pdf>.
- Montoya, J. F. y Román, G. M. (2011). Los efectos de incorporar harina de patata tipo superchola (*Solanum tuberosum*), como sustituto parcial de la harina de trigo (*Triticum spp*) en la elaboración de pan (Bachelor's thesis).
- Montoya, Rea , J., & Román, Paillacho , G. (2010). Estudio de la incidencia de incorporación de papa de la variedad Superchola (*solanum tuberosum*), como sustituto parcial de harina de trigo (*triticum spp*) en el proceso de elaboración de pan. Ibarra- Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Navarro Calderon, D. A. (2017). Efecto de mezcla de grasa, albedo de maracuyá (*passiflora edulis.*) var. flavicarpa y aceite de girasol (*helianthus annuus*) sobre la capacidad de retención de agua, color textura y aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno (*bos taurus*).
- Oribe, P. P. (2016). Optimización del proceso de elaboración de bizcocho sustituyendo harina de trigo (*Triticum aestivum*) por chía (*Salvia hispánica* L). Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Ortiz, J. A. (2019). Optimización del proceso de elaboración de galletas utilizando salvado de arroz (*Oryza sativa*). Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.



- Osborne, E. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. En E. Osborne, *Temas de Ciencia y Tecnología* (págs. 13(38), 1-17).
- Pankaj, B. P. (2012). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and bioprocess technology*, (5-P), 1-25.
- Paucar-Menacho, L., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., & Mori-Arismendi, S. (2016). “Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar”. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 121-132.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.05>
- Peñaloza-Espinosa, J., Salgado-Cruz, M. P., Chanona-Pérez, J. J., & Calderón-Domínguez, G. (2017). “Efecto de las condiciones de horneado sobre el desarrollo de color y su relación con la capacidad antioxidante en pan dulce”. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 8-14.
- Ramsey, W. D. (2014). Konica Minolta Sensing. Obtenido de Blogs de Mediciones de Color: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Rettig, M., & Hen, A. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(57), 57-66.
- Ríos, S. (2009). La panadería tradicional del Perú y sus expresiones plásticas. Lima - Perú : Seminario de Historia Rural Andina, Catálogo de exposición .

- Tirado, D., Montero, P., & Acevedo, D. (2015). Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de la Humedad de Varias Matrices Alimentarias. *SciELO Analytics*, 48-152.
- Torres, V. L. (2014). “Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral”(Bachelor's thesis, PUCE).
- Valdivia, C. R. (2019). “Efecto de la temperatura en la cinética de acidez, sólidos solubles y azúcar reductores en pulpa de níspero (*Eriobotrya japonica* L)”. Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Velásquez Pera, M., & Morales, L. E. (2017). “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde”.
- Villarroel, M., Huiriqueo, C., Hazbun, J., & Carrillo, D. (2009). “Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana*, Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)”.
- Vite, C. D. (2015). “Efecto del tiempo de exposición al ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en fresas (*Fragaria vesca* L.)”. Trujillo - Perú: Universidad Privada Antenor Orrrego.
- Von Atzingen, M. C., & Machado Pinto e Silva, M. E. (2005). Evaluación de textura y color de almidones y harinas en preparados sin gluten Evaluación de textura y color de almidones y harinas en preparados sin gluten Evaluación de textura y color de almidones y harinas en productos sin gluten. *CyTA-Journal of Food*, 4(5), 319-323.

Wu, D., & Sun, D. (2013). Aplicaciones avanzadas de la tecnología de imágenes ultrasónicas para el análisis y la evaluación de la calidad y la inocuidad de los alimentos: Evaluación - Parte I: Conceptos básicos. Ciencia de los alimentos innovadora y tecnologías emergentes, 19, 1-14.

## CAPITULO VII: ANEXOS

### Anexo N° 01. Ficha de evaluación de aceptabilidad general

#### Aceptabilidad General

Fecha: ..... Edad: Sexo: Masculino..... Femenino.....

Pruebe cada muestra codificada y marcada en la línea de visualización solo una vez para cada código que indica cuánto le gusta o no le gusta el producto.

#### **CODIGO 1382**



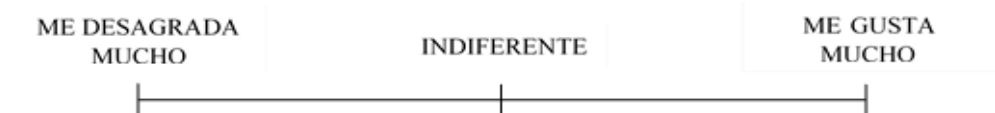
#### **CODIGO 3450**



#### **CODIGO 5556**



#### **CODIGO 1275**



#### **CODIGO 4577**



## **Anexo N°02: Análisis fisicoquímicos realizados**

### **1.- Humedad en la muestra de harina de trigo y maíz.**

Siguiendo el procedimiento de la Norma Técnica Peruana (NTP 205. 037:1975; revisada 2016) se procedió a determinar su contenido de humedad de las muestras.

Se pesan 500 g de la muestra de harina en el crisol de aluminio previamente tarado, se coloca en la estufa la cual será regulada a 130 °C, deja secar durante una hora después de que la cabina alcance los 130°C, luego retire la cabina y enfríe en un desecador, hasta alcanzar la temperatura ambiente, luego pese la muestra obtenida.

#### **Formula del cálculo para la humedad:**

$$\%H = \frac{(P1 - P2)}{P2} \times 100$$

#### **Donde:**

%H: porcentaje humedad.

P1: Peso del crisol más la porción de muestra sin desecar.

P2: Peso del crisol más la porción de muestra desecada.

## **2.- Humedad del tratamiento con mayor aceptabilidad**

Para determinar esto, se utilizaron métodos convencionales AOAC No. 925.09. Esta técnica se basa en el principio de secar los alimentos en un horno a 105 °C hasta peso constante con intervalos de medición cada dos horas y quince minutos en un horno después de sacarlos del horno (Tirado et al., 2015).

### **Fórmula para calcular la humedad:**

$$\%H = \frac{(Ph - Ps)}{Ph} \times 100$$

Donde:

%H: porcentaje humedad.

Ps: peso seco de la muestra en g.

Ph: peso húmedo de la muestra en g.

### **3.-Contenido de cenizas (ISO 776:1982) del tratamiento con mayor aceptabilidad.**

Se procedió a colocar las muestras (35.6981 g) en un crisol, luego se colocó en el horno de mufla manteniendo a una temperatura controlada de 600 °C por un tiempo de 4 horas, posteriormente se enfrió y se llevó a pesar en la balanza analítica (Valdivia, 2019).

El contenido de cenizas CC (en gramos de cenizas/ 100 g de materia prima, en base seca) se determinará mediante la siguiente ecuación (Valdivia, 2019).

$$CC = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

**Donde:**

C: Contenido de Cenizas.

m<sub>1</sub>: Masa del crisol vacío (g).

m<sub>2</sub>: Masa del crisol con la muestra (g).

m<sub>3</sub>: Masa del crisol con cenizas (g).

**Anexo N°03: Resultados del análisis de aceptabilidad general de los 140 panelistas.**

<b>Tratamientos</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1</b>	6,7	9	6,5	5,5	5	9,5	8,5	6	7	4,5	6	5	7,3	8	8	7,3	7,5
<b>2</b>	7	7	9,5	6,5	9,5	6,5	6,5	9	6	7	5	8,5	9	7,5	9	10,5	10
<b>3</b>	6,5	8,5	9,5	8,5	5,6	5	8	7,5	5,2	5	5	7,6	6,5	7	8	7,2	10
<b>4</b>	5	7	10	5	5	5,5	10	5	6	6,4	9	5	7	10	9	10	8
<b>5</b>	5,5	7,4	8,5	4,5	5	6,8	6,4	8	5,6	7,2	4,5	9	6,8	10	10	10,5	10
<b>6</b>	6,7	9	8	9	10	6,5	6,5	10	5	7	7	8,3	10	10	9	10,5	10
<b>7</b>	6,5	7,4	9	5,5	10	5,6	5,8	9,8	9,5	7	5	9,5	4,5	9,8	9	9	10
<b>8</b>	6	7	7,7	8	10	6,8	6	10	8,5	6,1	7,7	6,7	10	10	8,5	9,7	8,3
<b>9</b>	6	4,8	9	7,4	5	5	9,8	5	8,8	5	4,6	6,6	4,7	9,3	9,7	9,1	9,6
<b>10</b>	5,5	9,8	7	5	6	6	10	9,7	7	5	5	5	6	7	8,2	8,5	9
<b>11</b>	10	7	9	5,7	7	9,7	7,3	7,5	4,7	9,2	10	7,5	6,5	9,7	7,8	8,6	7
<b>12</b>	9	9,6	10	4,4	8,8	6,8	10	9,8	9,8	9,9	9,8	7,3	9,5	9,8	8,3	8,8	10
<b>13</b>	9	7	10	4,6	9,8	7	10	7	8,9	7,8	10	9	7	9,5	9,1	9,4	8,9
<b>14</b>	9,2	6	5,7	7,3	8,5	8,8	6	6	9,5	6	10	7,7	8,5	6,5	9	8,3	10
<b>15</b>	5,5	5,8	6,5	5	6	7,5	5,4	5,8	9	5	6,5	9	10	6,5	8	9,5	9,4
<b>16</b>	6	5,5	5,7	7,5	5	9,5	7,5	5,8	10	6,5	6,2	6,3	6,5	7	6	7	6,2
<b>17</b>	6,5	7,5	7,5	6,5	7,5	7,7	7	7	9	9,2	5,9	6	6,5	6,5	9,4	9,3	9,1
<b>18</b>	9	10	10	7,3	8	9	6,5	6,8	6,8	8	9	9	10	10	9,5	9,5	10
<b>19</b>	5,5	4,5	4,6	7	7	8,5	7	6,8	5	7	7	6,54	9,5	5,5	6,5	6,5	6,7
<b>20</b>	8,7	9	6	6,8	6,9	6,9	10	10	6,6	5	6	9	9	10	6	6	6



<b>21</b>	8,5	9,4	6,7	7	5	7,8	10	10	5,4	7,7	6,5	9	9,3	9	9	8,8	10
<b>22</b>	7	9,3	5,5	7	6,8	4,8	10	10	6	7,9	5	8	7,8	10	10	9,6	8,8
<b>23</b>	6	10,4	5,7	5	4,5	5,7	7,2	4,5	5	7,5	9,8	5	7	6,3	7,5	9	6,8
<b>24</b>	8,5	7	6	6,5	4,6	10	10	5,5	6	5,6	10	9,3	9,5	10	10	8,9	9,5
<b>25</b>	10	10	7	8,8	9,2	6,8	10	7	10	6	9	9	10	10	7,5	9,4	9,4
<b>26</b>	6,5	7,5	10	6,5	9,7	7,3	9	7	8,8	7,7	4,8	7	9,5	9,3	7,6	6,7	7,2
<b>27</b>	7	6,6	9,7	6,3	9,8	6,1	7,8	8	10	6,8	5,4	5,7	10	9,5	9	6,5	7,5
<b>28</b>	5	6,8	6,8	4,7	9,6	7,2	9	10	9	7,5	9,7	5,9	10	7	10	8,6	10
<b>29</b>	7,7	8,7	6,5	7,4	9,8	8,7	6,6	9,6	9	10	10	8,8	6,7	10	10	8,5	10
<b>30</b>	9	7	5,5	7	6,8	5,5	9	7	8,8	7,5	10	8,4	8,9	6,6	9,8	9	9
<b>31</b>	8,7	6,7	5	8	8	5,6	8,5	5,5	7,5	7,5	6,5	9	6,6	6,7	10	5,6	9,8
<b>32</b>	7	7	10	6,5	7	5,5	7	5,6	8,5	8,4	7	5,8	9	9	7	8,5	5,7
<b>33</b>	6,6	7,5	7	7,4	5	7,4	7,8	8,5	5,7	9,6	9,6	6,7	8	7,4	7,4	6,5	6,5
<b>34</b>	7,5	7,4	8	7,6	9	7	6,8	7,5	7,4	7,5	8	5,5	7,5	7,4	6,8	7	7
<b>35</b>	7	8	7	9,5	6,5	7	7,6	7	7,6	6,6	9	6,5	7	5,5	7,4	6,8	6,8
<b>36</b>	7,5	9,6	7	10	5	7	7,5	7	5,5	7,5	7	7	8	7,3	6,5	5,5	7
<b>37</b>	7	8,4	7	5,4	6,6	6,6	7,5	7,4	10	7,5	7	6,5	7,6	7,6	6,5	5,5	7
<b>38</b>	8	8	6	7	7,5	7,4	8	7,5	5,5	5,5	7,3	7,5	7,5	7	5	7,5	9
<b>39</b>	8	8	7,5	7,4	7,5	7,5	8	7,6	7	6,5	9,5	9,5	9,5	8,3	6	8	8
<b>40</b>	10	8	9,8	10	7	10	10	7	9,8	9,8	10	9	10	8,6	10	8,5	8,5

<b>41</b>	9,6	9,6	9,6	9,6	9,8	9,8	7,4	10	6,4	10	6,5	6,6	10	9	9	9,4	6,5
<b>42</b>	6	8	7	6,4	6	5,8	8,5	6	6	6,6	6	9	10	6	6,4	6,4	5
<b>43</b>	9	6,5	9,7	7	6,5	7,4	9	10	8,5	8,5	9,8	6,7	8,5	10	8,7	7,7	8
<b>44</b>	6,5	9	7	6,6	8	7,5	7,5	10	10	8,7	8,5	8,5	6,5	7	9,6	6,6	9,7
<b>45</b>	6	6,2	7	7,8	7,3	8,5	7,5	9	5,5	6,5	8,5	9	5,6	6,4	8,6	5,8	10
<b>46</b>	7	9,6	7	8	9	6,5	9	7,5	7,5	7,5	9	9,8	8	7,7	8,5	9,8	10
<b>47</b>	6,3	7	9,5	8,8	5,7	7	10	8,5	8,5	6,4	6,7	7,3	8,5	7	6,3	10,8	6,3
<b>48</b>	9	10,5	7,3	6,2	8	7	9	5,5	9	7,5	5,5	8	7,5	7	6,2	10	9
<b>49</b>	9	10,8	9,3	9,5	10	9,4	6,3	9,6	7	6,3	7,6	6,2	7,5	6,2	10	6,7	10
<b>50</b>	7	10	7,3	8,5	5,6	6,6	10	10	5	5	6,5	7,5	10	10	9,8	8,7	6
<b>51</b>	9	7,5	7	7,7	4,3	5	9,4	10	6	5	5,5	9	9	10	10	10,8	6
<b>52</b>	9	8,6	8	8,2	6	7,8	9,6	9,3	4,5	6,2	6,5	9,2	9,4	9,8	10	8,5	6
<b>53</b>	9,8	10	6,8	9,9	4,2	6,1	7,4	10	4,5	5,4	5,5	9	9,6	10	8	6,8	6,9
<b>54</b>	9	8	6	9,4	6,3	6,7	10	7,2	5	5	8,1	7,7	8,7	10	7,3	6	7
<b>55</b>	9	9	6,5	9	10	6,5	8,4	7	6,5	6	6,7	8,6	5,8	6,5	9	10,5	10
<b>56</b>	9	6,5	10	6,5	10	7,4	6	10	5,8	8	6,2	7,5	7	7,3	10	7,5	9,7
<b>57</b>	9	10,3	6,5	10	10	10	10	10	10	5,5	9,5	9	10	10	10	10,8	9,8
<b>58</b>	7,4	6,5	5,5	6,6	6,6	9	5,5	6,5	10	6,7	5,7	7	8,5	6,6	6	5,5	6,6
<b>59</b>	9	7	9,8	6	9	5,5	7,5	6	8,5	7,3	7,5	6,5	7	5,8	6,3	8,4	6,3
<b>60</b>	5,8	10,7	9,9	10	9	10	7	9,3	8,7	5,5	9	7,7	9,5	9,5	9,5	10,8	9

<b>61</b>	7	8,5	6,3	9,6	6,3	6	7	9	10	5,8	8,5	7	8,5	10	7,3	9,8	8,5
<b>62</b>	7,8	10	6	6,5	8	4,8	10	8,5	10	7	10	10	9	7	8,7	10	9
<b>63</b>	8,8	10	6,5	8,6	4,5	8,5	9,8	9	6,6	8,8	6,6	7	8	8	7	6	10
<b>64</b>	9	6,7	8,8	7	10	5	8,6	6	10	6	10	8,2	9	10	8,3	6	9
<b>65</b>	6,5	9,5	8,4	6,7	9	5	8,8	7	10	6,5	10	8,8	10	6	10	11	7,6
<b>66</b>	8,7	10,8	7	9,5	6,5	10	5,8	10	9	10	7,5	7,3	8,5	6,4	9,8	6	5,6
<b>67</b>	5,5	10,6	9,6	9,4	10	10	8,5	9	8,6	5,5	8,5	7	10	10	10	10,8	8,5
<b>68</b>	5	6	5	6	7	10	9	5	7,4	9	7,3	8,1	9	6,5	7	8,5	6
<b>69</b>	5,5	5	8,5	7	7,5	10	10	4,5	8	10	5	6,6	8,5	10	9	7	5,5
<b>70</b>	7,2	7	10	5	5	9,8	10	5,5	8,5	7	5	6,8	8,5	10	10	5	5,6
<b>71</b>	8	10	8,9	6	7	10	8,5	9	8	5	6	8	10	8	9	10	7
<b>72</b>	6	9	6	7	6,5	10	10	10	7,5	7,7	5,5	4,5	8	11	10	7	10
<b>73</b>	7	9,5	8,5	5,5	5	9,4	8,5	10	6	5,5	7	7	7,5	8,5	8,5	9,5	6
<b>74</b>	5,5	7	9	8	7,7	10	9,5	10	8,5	5	7,4	6,5	8	10	9	10	8,5
<b>75</b>	5,5	8,4	8,5	7,5	5,5	8,6	7,5	7	9	5,6	8	8,5	9	10	7,5	7	9
<b>76</b>	7	9	6	5,5	8	6	8,6	8	6,5	6	9,5	5	7,5	10	10	8,5	10
<b>77</b>	7,5	6,5	5,5	5	9,5	6,5	10	8,6	7	8,6	6	6,5	6	7	8,6	11	10
<b>78</b>	6	8,5	7,4	8	6,9	9,5	10	7,6	7,8	5	5	6	10	9	9	9	10
<b>79</b>	5	7	7	7,5	5,5	10	9	10	5,5	5	6,2	8	10	9,5	10	9,8	8
<b>80</b>	5,5	9,5	6,5	6,5	5	7,5	8	9,5	6,8	5,5	5	6	7	10	9,5	10,5	7

<b>81</b>	4,5	7	10	10	8,2	10	9	10	6	9	6,5	9	8	10	5,5	8	10
<b>82</b>	7,5	8	8	9	8,1	9,9	9	9	5	8	6	7,3	9	10	8	9	10
<b>83</b>	7	8	9,8	10	8,9	9,8	9	10	6	9	5	7,3	8	10	7	9	10
<b>84</b>	5	9	8	9	5	10	9	9,5	5,5	10	5	9	7	10	4,2	8	10
<b>85</b>	6	6,5	9,9	10	5,5	10	9	10	5	8	5,8	9,9	9	10	8	9	10
<b>86</b>	9	6,5	9,7	8	8,5	9	10	9	9	7	10	8,9	8	8	10	8	5
<b>87</b>	9	8	7	9,2	8	7	9	8,5	10	6	10	8	8	9	9	8	9
<b>88</b>	9	9	10	4,5	9	8	9	8	8	5	7,5	7	9	10	7	9,5	9
<b>89</b>	9	10	10	8	8	7,5	10	10	10	8	8	8,3	10	9	8	9	7
<b>90</b>	9	10	10	9	9	9	10	8	8	7,5	9	8,3	10	9	8	8	8
<b>91</b>	9	10	10	8	8	8	10	10	9	8	9	8,3	10	9,5	9	8	8
<b>92</b>	8	9	10	8	8	8	9	8,5	9	8	9	8	10	9	9	8	8
<b>93</b>	9	9,5	9,5	9,5	8	9	10	9	9,3	8	9,3	8,5	10	8,9	8	7,5	7
<b>94</b>	8	10	9,5	8	7,9	8	9	9	9,5	8	9	9	10	9	9	8,5	7,5
<b>95</b>	8	10	8	8,3	8	8	9,5	9	9	7,5	9,5	9	10	9,5	9	9	8
<b>96</b>	9	9	10	8	8	8	9	8	8	7,5	9,5	7,8	10	9	9	9,5	8
<b>97</b>	8	9	9	9	7,5	8	10	8	8,5	7,5	9,5	7,2	9	8	9	8,7	8
<b>98</b>	9	10	10	8	9	8,5	10	8	9	10	9	9	9	10	10	9	9,5
<b>99</b>	9	10	10	8	8	7,5	10	8	9,5	8	8	9,5	9	9	8	8	7
<b>100</b>	8,5	10	10	8	8	9	9	8	9	8	9	9	10	10	8	8	7,5

<b>101</b>	8,6	10	10	7,5	8	7,5	9	8	9	7	10	9	9	9	7	8	8
<b>102</b>	8	9	8,5	7,5	8	7,5	9	8,5	9	7	7,5	9	10	9	7	9,5	7,5
<b>103</b>	8,7	10	10	9	8	8	9	9	9,3	9,3	8	8,5	9	9	8	7,5	7,5
<b>104</b>	8,9	9	10	7,5	7	7	9	8	7	9	8,4	9	10	10	8	8,5	7
<b>105</b>	9,1	9	8,5	8,5	8,5	9	8	9	9	8,8	9,9	9	8	7	8,5	7	8
<b>106</b>	8,6	10	10	8	8	8	9	9	9,5	8	10	9	10	7,2	8	9,5	8
<b>107</b>	8,6	9	10	7	9	9	10	9	9,2	7	9,2	5	10	9	8	9	8
<b>108</b>	8,6	9	9,5	9,5	8	9	9	9,1	9,1	10	10	7,1	9	10	9	9,5	9
<b>109</b>	8,9	8	9	10	9,8	10	9	9,5	9,4	9,5	9,5	9	9	9	8	8,5	8,5
<b>110</b>	8,7	9	7	8	9	9,8	9	10	8	7	9	8,9	9	8,8	8	8,9	9,4
<b>111</b>	8	9	9,5	7,5	7,5	8	9	8	8,5	8	7	9	10	8,5	8,5	9,5	9,3
<b>112</b>	6	8	6	8	10	7	6	8	7	8	6	8	6	8,9	8	8	7
<b>113</b>	7	6	7	8	10	7	6	8	8	7	6	7	6	9,1	9	7	9,9
<b>114</b>	7	7	7	7	10	8	7	8	7	6	8	6	6	9	10	7	9,7
<b>115</b>	8	7	7	7	8	6	7	7	8	7	7	5	6	10	9	7	10
<b>116</b>	9	7	8	7	8	5	6	8	9	5	8	7	7	10	10	7	8,8
<b>117</b>	5	7	10	10	9	5	7	8	7	10	6	7	8	10	10	8	9
<b>118</b>	7	7	9,8	10	10	9,7	6	8	9	10	8	8	10	7	8,5	9	9
<b>119</b>	10	10	8	9,5	7,6	9,6	7,8	7	9,5	8,5	10	7,5	9,5	9	10	10	9,8
<b>120</b>	6,6	8,5	8,7	7	6,4	10	7,5	8	7	8,5	8,4	7	7,6	10	7,4	10	8

<b>121</b>	6,6	6	7,5	8,5	7	7,5	7	8	5	7,5	9	7	7,5	7	10	9,5	8,8
<b>122</b>	6,5	8,5	7	6,5	5,5	8,5	6,6	9,5	6,5	8,8	8,7	7,5	7,6	10	8,3	6,3	8,5
<b>123</b>	7,5	9	6,5	9	5,5	9,2	7	10	6	7,4	10	7	9	10	8,3	7,3	10
<b>124</b>	5,5	9	4,5	7,4	7,2	8,5	6	8	10	9	7	5,5	8	9,6	8,2	7,5	9,6
<b>125</b>	4,5	7,5	6,5	5	6	8,6	5	10	7,3	10	8,2	9	9,4	10	9,5	10	8,6
<b>126</b>	6,4	8,6	7,2	7	6,5	6,7	5,5	10	8,2	9	7	7,3	8,5	10	7	10	10
<b>127</b>	6,6	9,7	8	8,5	7,5	6	6,5	10	6,5	6,5	9,5	8,5	8	9,9	10	8,4	10
<b>128</b>	9,3	7,7	9,9	8,4	10	9	7	9,9	8,5	7,3	8,5	7,7	8,8	7	7	7	9,3
<b>129</b>	7,2	8,6	8,7	7	5,5	6	9,4	9,8	7,2	9,4	8,5	8,1	10	10	10	8,3	10
<b>130</b>	8,5	7,4	8,5	9	8	10	6,5	9,9	6,5	9	6,4	5,5	8	9,5	7	10	9,2
<b>131</b>	8,8	5,5	8,5	7	5,5	10	8,5	10	8	6,5	10	7,3	10	9,5	8,5	10	9,5
<b>132</b>	9,2	8	7	7,5	7,4	9	9	10	8	6	8	9	7	10	9,2	9	10
<b>133</b>	9,1	8	9,5	7	5	10	8	10	7	8	9	7,3	10	10	10	8	10
<b>134</b>	8,5	9,5	9,1	10	7,3	9,5	9,3	10	6,5	7	8	8,3	10	10	8	7,5	10
<b>135</b>	8,6	8	6	9	5,5	8	8,5	9	7	9	8,2	8,2	8	9,5	9,5	10	8
<b>136</b>	8	7	7	6	6	7,5	10	7,5	8	8	8,8	8,7	7,5	9,5	10	10	9,9
<b>137</b>	7,5	6,5	8,8	5,5	7,3	8	10	9,5	7,5	10	9	7,2	8,5	8,5	10	10	10
<b>138</b>	7,2	7,6	8,8	7,5	7,9	7	8	10	8	10	10	9,5	9,5	8	8,5	10	8
<b>139</b>	6	9	6	8,5	5,5	7,5	9,5	10	7,5	8,5	8	8	10	8,5	8	8,7	9,5
<b>140</b>	4,5	7,5	6,8	7	6	8,5	10	10	7,5	8	7,5	8,5	7,5	10	7,5	9,5	9,2
<b>Promedio</b>	<b>7,53</b>	<b>8,25</b>	<b>8,02</b>	<b>7,57</b>	<b>7,45</b>	<b>7,85</b>	<b>8,35</b>	<b>8,37</b>	<b>7,73</b>	<b>7,40</b>	<b>7,77</b>	<b>7,70</b>	<b>8,48</b>	<b>8,74</b>	<b>8,47</b>	<b>8,46</b>	<b>8,45</b>

**Anexo N° 04. Resultados experimentales de la medida de luminosidad (L\*), a\*, b\* y croma (C\*).**

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Sustitución (%)	L	a*	b*	C*
1	168,1	26,4	3,2	70,27	4,24	22,02	22,42
2	191,9	26,4	3,2	54,93	9,30	26,95	28,51
3	168,1	33,6	3,2	68,89	5,74	21,32	22,08
4	191,9	33,6	3,2	43,81	9,36	20,90	22,90
5	168,1	26,4	6,8	63,69	8,30	24,04	25,43
6	191,9	26,4	6,8	56,20	6,92	28,17	29,00
7	168,1	33,6	6,8	60,75	7,41	25,00	26,08
8	191,9	33,6	6,8	49,98	11,19	30,00	32,02
9	160,0	30,0	5,0	64,72	7,47	20,83	22,13
10	200,0	30,0	5,0	51,42	5,66	35,05	35,50
11	180,0	24,0	5,0	65,23	3,55	20,42	20,73
12	180,0	36,0	5,0	53,36	8,99	23,47	25,13
13	180,0	30,0	2,0	72,81	4,88	19,06	19,67
14	180,0	30,0	8,0	61,65	7,97	25,74	26,95
15	180,0	30,0	5,0	66,31	6,92	23,48	24,48
16	180,0	30,0	5,0	64,03	6,98	21,81	22,89
17	180,0	30,0	5,0	61,64	8,20	18,56	20,29

**Anexo N°06: Fotografías del proceso experimental de elaboración del panecillo de maíz**



**Foto N°01:** Peso de los



**Foto N°02:** Cernido de harina para mezcla de masa.

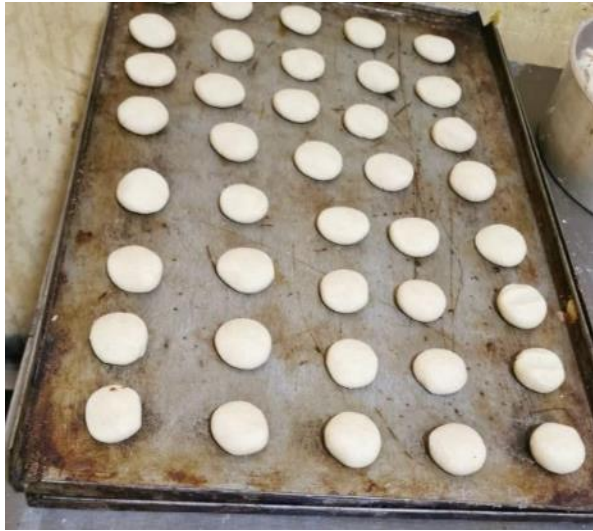


**Foto N°03:** Masa homogénea del pan.



**Foto N°04:** Rollos de masa.





**Foto N°05:** Moldeado de masa con dimensiones aproximadas de 5 cm y peso 30 g a 40 g.



**Foto N°06:** Proceso de horneado.



**Foto N°07:** Enfriamiento de panecillos recién horneados.



**Foto N°08:** Envasado y sellado de los panecillos de acuerdo a los tratamientos.



**Foto N°09:** Muestras de los 17 tratamientos envasados y sellados.



**Foto N°10:** Muestras de los 17 tratamientos envasados, sellados y codificados.



**Foto N°11:** Horno Mufla para determinar el contenido de Cenizas.

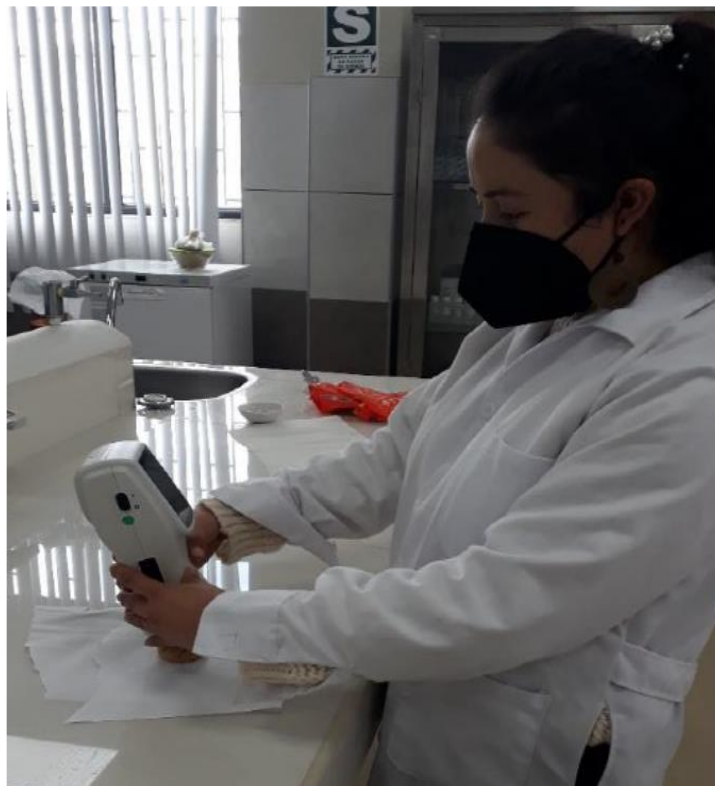


**Foto N°12:** Horno de Mufla para determinar el contenido de Cenizas.





**Foto N°13:** Determinación del contenido de humedad mediante Estufa.



**Foto N°14:** Análisis del color con Colorímetro PCE-CSM 1-8.