



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CÁSCARAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*) Y TRIGO (*Triticum Durum*) EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GALLETAS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**Línea de investigación:** Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico

**AUTOR:**

RUBÍ STEFANÍA GUZMÁN MORALES

**DIRECTOR:**

ING. NICOLÁS SEBASTIÁN PINTO MOSQUERA MSc.

Ibarra – Ecuador

2026



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1050403284		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Guzmán Morales Rubí Sthefanía		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Vía Romerillo Alto, Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:rsguzmanm@utn.edu.ec">rsguzmanm@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0961802554

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE CÁSCARAS DE MANDARINA ( <i>Citrus reticulata</i> ) Y TRIGO ( <i>Triticum Durum</i> ) EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GALLETAS
<b>AUTOR (ES):</b>	Rubí Sthefanía Guzmán Morales
<b>FECHA:</b>	05/03/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agroindustrial
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de marzo de 2026

### **EL AUTOR:**

(f).....

Rubí Sthefanía Guzmán Morales

C.I. 1050403284

## **CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 05 de marzo de 2026

Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....

*Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc*

*C. C: 171640935*

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “Evaluación de la sustitución de harina de cáscaras de mandarina (*Citrus reticulata*) y trigo (*Triticum Durum*) en el proceso de elaboración de galletas” elaborado por Guzmán Morales Rubí Sthefanía previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f).....

*Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.*

*C. C: 171640935*

(f).....

*Dr. C. Marco Vinicio Lara Fiallos PhD*

*C.C: 1717227761*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mis padres, quienes me han brindado su apoyo, sacrificio y cariño incondicional. Han sido mi guía en cada etapa de mi vida y siempre me han motivado a seguir adelante y luchar por mis sueños.*

*A mi hermano, por ser un apoyo incondicional y una compañía constante a lo largo de este proceso. Como hermana mayor, quiero que sepas que siempre estaré para brindarte mi respaldo y recordarte que, a pesar de las dificultades que puedan presentarse, saldremos adelante juntos.*

*A mis abuelitos, gracias por su ayuda, sus consejos y por haber estado presentes cuando enfrenté obstáculos en el camino. En muchas ocasiones han actuado como padres, y por ello les estaré eternamente agradecida.*

*A mi tío David, por su apoyo constante y por ser como un hermano mayor. Su acompañamiento, orientación y ejemplo han dejado una huella significativa en mi vida personal y académica.*

*A mi perrito Eliot, por llegar a mi vida en un momento especialmente difícil. Le agradezco por su cariño, su compañía y por ser ese pequeño gran motivo que me impulsa a levantarme cada día.*

*Rubí Sthefanía Guzmán Morales*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por brindarme la oportunidad de formarme académicamente en un entorno comprometido con la calidad y la excelencia educativa.*

*Extiendo mi reconocimiento a la carrera de Agroindustria, donde adquirí los conocimientos y herramientas fundamentales para mi desarrollo profesional.*

*A mi familia, por ser mi principal fuente de apoyo y fortaleza a lo largo de cada etapa de mi vida. De manera especial, agradezco a mi madre, por su esfuerzo y sacrificio, sus consejos y por acompañarme de manera incondicional durante todo mi proceso académico.*

*Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento al Ing. Nicolás Pinto, MSc., director de esta tesis, y al Dr.C.. Marco Lara, PhD., asesor del trabajo, por su orientación, compromiso y valiosas observaciones que fueron clave en el desarrollo de esta investigación.*

*Finalmente, a mis amigos, gracias por su compañía, su apoyo constante y por los momentos compartidos que hicieron esta etapa universitaria más significativa y llevadera.*

*Rubí Sthefanía Guzmán Morales*

## RESUMEN

La cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*) es un subproducto agroindustrial con alto contenido de fibra dietética y compuestos antioxidantes, mientras que la harina de trigo (*Triticum durum*) es un ingrediente ampliamente utilizado en la elaboración de productos panificados. Este trabajo busca evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscaras de mandarina en la elaboración de galletas saludables. Para ello, se recolectaron mandarinas de la parroquia San Pedro de Pimampiro (Imbabura) y se elaboró harina a partir de sus cáscaras, mediante un proceso de secado a 60 °C durante 4 horas y posterior molienda. Se formularon tres mezclas con 5 %, 10 % y 15 % de sustitución, y se hornearon a dos temperaturas distintas: 130 °C y 160 °C. Las galletas obtenidas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos (fibra, proteína, humedad, grasa, cenizas y vitamina C) y evaluación sensorial con un panel de estudiantes mediante una escala hedónica de 5 puntos. Se obtuvo un incremento en el contenido de fibra y vitamina C en las galletas con mayor porcentaje de harina de cáscara de mandarina, sin afectar negativamente su aceptabilidad. Los tratamientos cumplieron con parámetros de calidad, y el uso de esta harina representa una alternativa funcional y sostenible en productos de panificación, promoviendo el aprovechamiento de subproductos agrícolas y la reducción de residuos.

**Palabras clave:** harina de cáscara de mandarina, galletas, fibra dietética, subproductos agroindustriales, aceptabilidad sensorial.

## ABSTRACT

Mandarin (*Citrus reticulata*) peel is an agro-industrial byproduct with a high content of dietary fiber and antioxidant compounds, while wheat (*Triticum durum*) flour is a widely used ingredient in the production of baked goods. This study aims to evaluate the partial substitution of wheat flour with mandarin peel flour in the production of healthy cookies. To this end, mandarins were collected from the parish of San Pedro de Pimampiro (Imbabura) and flour was produced from their peels through a drying process at 60°C for 4 hours and subsequent grinding. Three mixtures were formulated with 5 %, 10 %, and 15 % substitution and baked at two different temperatures: 130 °C and 160 °C. The cookies obtained were subjected to physicochemical analysis (fiber, protein, moisture, fat, ash, and vitamin C) and sensory evaluation by a panel of students using a 5-point hedonic scale. An increase in fiber and antioxidant content was achieved in cookies with a higher percentage of mandarin peel flour, without negatively affecting their acceptability. The treatments met quality parameters, and the use of this flour represents a functional and sustainable alternative in baked goods, promoting the utilization of agricultural byproducts and reducing waste.

**Keywords:** mandarin peel flour, biscuits, dietary fiber, agro-industrial by-products, sensory acceptability.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. ANTECEDENTES .....	16
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	18
1.4. OBJETIVOS .....	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19
1.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS .....	19
1.5.1. Hipótesis alternativa.....	19
1.5.2. Hipótesis nula.....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. MANDARINA .....	20
2.1.1 Definición .....	20
2.1.2 Origen de la Mandarina .....	20
2.1.3 Composición Nutricional.....	20
2.1.4 Mandarina en Ecuador.....	21
2.1.5 Cáscaras de Mandarina.....	22
2.2 HARINA DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS .....	22
2.2.1 Harina de Cáscara de Mandarina.....	22
2.3 HARINA DE TRIGO.....	23
2.3.1 Definición .....	23
2.3.2 Composición Nutricional de la Harina de Trigo .....	23
2.4 HARINA INTEGRAL .....	24
2.4.1 Composición Nutricional de la Harina Integral.....	24
2.4.2 Cálculo de Finos en Harinas y Productos Panificados .....	25

2.4.3	Importancia del Cálculo de Finos, Control de Calidad de Harinas .....	25
2.4.4	Método para Calcular Finos en Harinas .....	25
2.4.5.	Método para Calcular Finos en Productos Panificados .....	26
2.5	GALLETAS .....	27
2.5.1	Definición .....	27
2.5.2	Historia de las Galletas .....	27
2.5.3	Definición de Galletas de acuerdo con la Norma INEN .....	27
2.6	PARÁMETROS DE PANIFICACIÓN .....	28
2.7	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS .....	28
2.7.1	Determinación de Humedad .....	28
2.7.2	Determinación de Proteínas .....	28
2.7.3	Determinación de Fibra .....	29
2.7.4	Determinación de Grasa .....	29
2.7.5	Determinación de Cenizas .....	30
2.7.6	Determinación de Vitamina C .....	30
2.8	ACEPTABILIDAD SENSORIAL .....	30
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>32</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	.....	<b>32</b>
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
3.1.1.	Enfoque de la Investigación .....	32
3.1.3.	Diseño de la Investigación.....	33
3.2.	PROCEDIMIENTO: FASES DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
3.2.1.	Análisis de las características fisicoquímicas de la harina de cáscaras de mandarina como ingrediente para la elaboración de galletas.....	33
3.2.2.	Establecimiento de los parámetros de panificación para la elaboración del producto final.....	35
3.2.3.	Evaluación de las características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del producto obtenido .....	43

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	46
<b>RESULTADOS</b> .....	46
4.1 Resultados estadísticos.....	46
4.1.1 Resultados estadísticos cenizas. ....	46
4.1.2 Resultados estadísticos proteína. ....	48
4.1.3 Resultados estadísticos grasa.....	50
4.1.4 Resultados estadísticos fibra cruda.....	52
4.1.5 Resultados estadísticos ANOVA humedad. ....	53
4.2 RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS .....	53
4.2.1 Resultados fisicoquímicos cenizas .....	53
4.2.2 Resultados fisicoquímicos proteína.....	57
4.2.3 Resultados fisicoquímicos grasa.....	58
4.2.4 Resultados fisicoquímicos fibra cruda.....	60
4.2.5 Resultados de la determinación de humedad y ácido ascórbico-vitamina C.....	61
4.2.6 Resultados fisicoquímicos de galletas con la inclusión de harina de cascara de mandarina. ....	63
4.3 ACEPTABILIDAD SENSORIAL .....	64
<b>CAPÍTULO V</b> .....	67
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	67
5.1 CONCLUSIONES .....	67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	69
<b>ANEXOS</b> .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Composición nutricional de la mandarina.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>Porcentaje de los principales componentes de la Harina de Trigo.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>Composición nutricional de la harina integral.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4</i>	<i>Ubicación de la obtención de la materia prima.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5</i>	<i>Equipos, materiales, insumos y software .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6</i>	<i>Formulación para la elaboración de las galletas.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7</i>	<i>Factores de estudio .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8</i>	<i>Tratamientos de estudio .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 9</i>	<i>Ubicación del experimento.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10</i>	<i>Ubicación de los laboratorios Alfanalítica S.A.S.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 11</i>	<i>Técnicas y métodos necesarios para el análisis fisicoquímico de la harina y galletas de mandarina .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12</i>	<i>La escala hedónica utilizada fue la siguiente .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 13</i>	<i>Resultados estadísticos cenizas.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14</i>	<i>Resultados ANOVA proteína.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 15</i>	<i>Resultados ANOVA grasa .....</i>	<i>50</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	<i>Selección y lavado de las mandarinas .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2</i>	<i>Diagrama de Flujo Proceso Elaboración Galletas con harina de mandarina.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3</i>	<i>Pesado de materias primas .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4</i>	<i>Cremado por 5 minutos.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5</i>	<i>Mezclado 1 .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6</i>	<i>Mezclado 2 .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7</i>	<i>Moldeado de la galleta.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 8</i>	<i>Enfriado de las galletas.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 9</i>	<i>Resultados estadísticos cenizas.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10</i>	<i>Resultados estadísticos proteína.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 11</i>	<i>Resultados ANOVA grasa .....</i>	<i>51</i>

<b>Figura 12</b>	<i>Resultados estadísticos fibra cruda.....</i>	<i>52</i>
<b>Figura 13</b>	<i>Resultados estadísticos ANOVA humedad. ....</i>	<i>53</i>
<b>Figura 14</b>	<i>Medias del contenido de cenizas (%) en galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de cáscara de mandarina y temperaturas de horneado .....</i>	<i>54</i>
<b>Figura 15</b>	<i>Efecto del porcentaje de sustitución de harina de cáscara de mandarina y la temperatura de horneado sobre el contenido promedio de cenizas en galletas.....</i>	<i>56</i>
<b>Figura 16</b>	<i>Medias del contenido de proteína (%) en galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de cáscara de mandarina y temperaturas de horneado. ....</i>	<i>57</i>
<b>Figura 17</b>	<i>Contenido medio de grasa según sustitución y temperatura .....</i>	<i>59</i>
<b>Figura 18</b>	<i>Fibra cruda media según sustitución y temperatura.....</i>	<i>60</i>
<b>Figura 19</b>	<i>Efecto de la temperatura de horneado sobre la humedad de las galletas .....</i>	<i>61</i>
<b>Figura 20</b>	<i>Contenido de vitamina C en galletas de cascará de mandarina.....</i>	<i>62</i>
<b>Figura 21</b>	<i>Comparación de resultados fisicoquímicos de galletas con harina de cáscara de mandarina.....</i>	<i>63</i>
<b>Figura 22</b>	<i>Aceptabilidad sensorial de los atributos evaluados.....</i>	<i>64</i>
<b>Figura 23</b>	<i>Resultados del análisis sensorial de aceptación general.....</i>	<i>66</i>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	<i>Resultados de los análisis de cenizas, proteína, grasa y fibra cruda en las galletas.....</i>	<i>76</i>
<b>Anexo 2</b>	<i>Resultados de los análisis de humedad en las galletas.....</i>	<i>78</i>
<b>Anexo 3</b>	<i>Resultado del análisis de humedad en la harina de cáscaras de mandarina.....</i>	<i>80</i>
<b>Anexo 4</b>	<i>Resultados del análisis de ácido ascórbico (vitamina C) en las galletas.....</i>	<i>81</i>
<b>Anexo 5</b>	<i>Análisis sensorial realizado a panelistas no entrenados.....</i>	<i>82</i>
<b>Anexo 6</b>	<i>Cálculo de la media de los resultados fisonómicos.....</i>	<i>83</i>
<b>Anexo 7</b>	<i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro cenizas.....</i>	<i>89</i>
<b>Anexo 8</b>	<i>Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro proteína.....</i>	<i>91</i>

*Anexo 9 Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro grasa.....93*

*Anexo 10 Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro fibra cruda..... 95*

*Anexo 11 Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro humedad.....97*

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Paz, *et al.* (2021) en su trabajo titulado “Obtención de harina no convencional a partir del exocarpo de la naranja valencia (*Citrus x sinensis*) y bagazo de piña criolla (*Ananas comosus*) para aplicación en la industria pastelera en el departamento de Santander” realizaron un estudio en Santander, Colombia; con el propósito de obtener harina no convencional a partir de cáscaras de naranja y bagazo de piña para su uso en la industria pastelera. Estos resultados confirman la viabilidad de utilizar esta harina en la industria pastelera, ofreciendo una alternativa alimentaria innovadora.

Vinueza, *et al.* (2023); encontró diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. La adición de harina de cáscara de piña (T3) fue el tratamiento más destacado ya que obtuvo una calificación "Muy Bueno" de  $4.78 \pm 0.08$  y demostró ser estadísticamente superior y más efectivo a comparación de los otros tratamientos evaluados.

Leal & Palacios (2016) en su proyecto de investigación titulado: “Caracterización bromatológica y microbiológica de harina elaborada a partir de residuos de mandarina criolla (*Citrus reticulata*) producida en Villa Sucre. Municipio de Arboledas. Norte de Santander”. Tuvo como objetivo elaborar una harina a partir de residuos de mandarina en un horno de secado eléctrico con circulación de aire a 50 °C durante 24 horas mediante 3 procesos de escaldado de 10 minutos cada uno. De dicha experimentación se obtuvo un producto enmarcado en la norma NTC 267 para harina de trigo, por ende, sería apta para su consumo debido a que presentaron un olor agradable y textura uniforme.

Rincón, *et al.* (2005), quienes en su artículo científico titulado: “Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela” buscó analizar la composición química y los compuestos bioactivos presentes en las harinas de cáscaras de las frutas cítricas.

Cavero (2015) se evaluó el porcentaje de fibra en las galletas integrales mediante la aplicación del modelo estadístico ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis para confirmar la significancia de homogeneidad de los datos; se emplearon tres muestras experimentales con tres repeticiones para la elaboración de galletas integrales, las cuales fueron de 5, 10 y 15 % de

harina de cáscara de mandarina y 95, 90 y 85 % de harina de trigo integral. En esta investigación se observó que añadir harina de cáscara de mandarina al 5, 10 y 15 % incrementó la cantidad de fibra en las galletas. Además, se llevó a cabo una evaluación sensorial de los tres tratamientos utilizando un enfoque no estructurado para permitir la normalización de los datos. Se concluyó que al momento de incorporar una pequeña cantidad de harina de cáscara de mandarina permitió un aumento de la fibra dietaria presentándose de esta manera diferencias significativas en las características sensoriales.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El creciente consumo global de galletas y crackers, que alcanzó los 5,6 kilogramos por persona en 2023, plantea un importante problema de salud pública (Orús, 2024). A pesar de que estos productos se han convertido en el snack preferido por la población, su alto contenido calórico y de carbohidratos suscita preocupaciones debido a sus posibles efectos negativos en la salud y el desarrollo de enfermedades como obesidad, presión alta e incluso diabetes. Según lo indicado por Hernández-Monzón, *et al.* (2014) las galletas dulces se elaboran a partir de una mezcla de ingredientes que incluyen harina de trigo, azúcar, grasa hidrogenada o aceite vegetal, huevos, mantequilla, sal y otros elementos; para posteriormente ser sometido a un proceso de moldeado y horneado.

En la actualidad, las personas están cambiando su forma de alimentarse buscando alternativas y snacks más saludables debido a que la salud ha sido un tema de preocupación para muchos. Sin embargo, en lo que respecta a productos panificados el tratar de eliminar completamente el uso de harina de trigo en sus procesos es un verdadero reto, debido a que los costos de producción tienden a ser elevados. Las principales industrias de galletas en el Ecuador se basan exclusivamente en la producción con harina de trigo, sin considerar las posibilidades nutricionales que podría ofrecer el añadir parcialmente otras harinas derivadas de cultivos autóctonos (Párraga, 2023).

Por otro lado, en el mercado de los cítricos el tamaño del fruto es crucial, ya que se establecen estándares de calidad que favorecen especialmente a los tamaños medianos. Sin embargo, la producción de mandarina enfrenta un desafío en este aspecto. Aunque estas frutas son muy apreciadas por su excelente sabor, dulzura y facilidad de pelado, a menudo no logran cumplir con los requisitos de tamaño exigidos por los consumidores debido a problemas físicos (Agustí, y otros, 2020).

Con lo anteriormente indicado, el propósito de esta propuesta investigativa fue otorgar un uso alternativo y sostenible a las cáscaras de mandarina, aprovechando sus propiedades nutricionales y funcionales. Para ello, se planteó su incorporación como ingrediente en la elaboración de galletas fortificadas, con el fin de desarrollar un snack innovador, nutritivo y con valor agregado, promoviendo además la reducción de residuos orgánicos, incentivar la economía circular y el aprovechamiento de subproductos agroindustriales.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Los ecuatorianos tienen una preferencia notable por los alimentos dulces, especialmente cuando se trata de galletas. Esto se evidencia en las ventas, donde el 60 % corresponde a galletas dulces y el 40 % restante a saladas. Esta tradición influye en el desarrollo de nuevos productos y en la entrada de competidores locales y extranjeros en el mercado de galletas dulces en el país (El Universo, 2007).

El interés de evaluar el proceso de panificación sobre las características sensoriales de galletas utilizando harina de cáscaras de mandarina (*citrus reticulata*) surge por la alta demanda de productos alimenticios saludables, considerando que no existe una amplia variedad de productos procesados que se elaboren a partir de harinas no convencionales, las cuales, a su vez, están exentas de gluten y permitan a las personas celiacas consumir productos elaborados a partir de este tipo de harinas.

En la actualidad se busca crear una amplia gama de productos panificados que permitan implementar harinas no convencionales en su preparación debido a que aportan beneficios para quien lo consume destacándose principalmente la mejora de la digestión debido a la presencia de fibra dietética; por ende, el presente trabajo busca emplear cáscaras de mandarina para producir harina que sea apta para la elaboración de galletas saludables, que a su vez reúnan las propiedades nutricionales de la fruta y el producto final presente bajos niveles de gluten y almidón (Díaz, Totosaus, & Pérez, 2016).

Hay que destacar que en diversas investigaciones se han encontrado importantes aportes con respecto a los frutos cítricos, mismos que se pretende emplear en el proceso de elaboración de las galletas a base de harina de mandarina sustituyendo parcialmente la harina de trigo y con ello se evaluó la influencia del horneado en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de este producto previo a su posible implementación en el mercado nacional.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar la sustitución de harina de cáscaras de mandarina (*Citrus Reticulata*) y harina de trigo (*Triticum Durum*) en el proceso de elaboración de galletas.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar las características fisicoquímicas de la harina de cáscaras de mandarina como ingrediente para la elaboración de galletas.
- Establecer los parámetros de panificación para la elaboración del producto final.
- Evaluar las características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del producto obtenido.

## **1.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS**

### **1.5.1. Hipótesis alternativa**

Los parámetros del proceso de panificación y las mezclas utilizadas influyen sobre las características fisicoquímicas de las galletas elaboradas con harina de cáscaras de mandarina.

### **1.5.2. Hipótesis nula**

Los parámetros del proceso de panificación y las mezclas utilizadas no influyen sobre las características fisicoquímicas de las galletas elaboradas con harina de cáscaras de mandarina.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. MANDARINA**

##### **2.1.1 Definición**

La mandarina (*Citrus reticulata*) es un fruto cítrico que se caracteriza por presentar atributos semejantes a la naranja, aunque tiende a ser más pequeña y presenta una forma esférica. Su pulpa se destaca por ser dulce y jugosa, la cual a su vez está dividida en diez o doce segmentos aproximadamente. Es muy valorada en la industria gracias a sus numerosas propiedades culinarias, cosméticas y medicinales (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017).

En función a lo establecido por el autor en la presente investiga, se puede mencionar que la mandarina es una fruta cítrica, pequeña y de cáscara fina, fácil de pelar, perteneciente al género *Citrus*. Su sabor es dulce y ligeramente ácido, y su pulpa se divide en gajos. Es muy rica en vitamina C, fibra y antioxidantes, lo que la convierte en una opción saludable y refrescante.

##### **2.1.2 Origen de la Mandarina**

El origen de la mandarina no está completamente claro, puesto que se cree que puede ser nativa del suroeste de China, aunque algunos investigadores sostienen que proviene de países del sureste asiático, como Laos o Filipinas. Sin embargo, su cultivo se fue expandiendo por el resto del sudeste asiático y, para el siglo X, su cultivo ya era común en Japón. Con el pasar los años, la mandarina llegó a Europa gracias al inglés Abraham Hume, quien se encargó de importar dos variedades de mandarino desde China. Este cítrico ha ido evolucionado a partir de sus antiguos ancestros en el sudeste asiático y, en la actualidad, se pueden encontrar en el mercado global las variedades clementina, híbridas y satsumas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

##### **2.1.3 Composición Nutricional**

Este cítrico se destaca por su alto contenido de vitaminas C, B1, B2 y B6, flavonoides, betacaroteno y aceites esenciales. Además, su consumo aporta potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, fibra y fósforo. Siendo las membranas o los hilos blancos presentes en los gajos del fruto lo que se destacan por sus altas concentraciones de fibra y hesperidina que a su vez

aportan beneficios para la salud, principalmente la mejora de la digestión (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

**Tabla 1**  
*Composición nutricional de la mandarina*

<b>Valor nutricional</b>	
Energía	37 kcal
Carbohidratos	9 g
Fibra	2 g
Potasio	185 mg
Magnesio	11 mg
Calcio	36 mg
Vitamina C	35 mg
Ácido fólico	21 mg

Fuente: Penelo (2019)

Según lo establecido en la tabla 2.1, se entiende que la mandarina es una fruta nutritiva y baja en calorías, lo que la convierte en una opción ideal para una dieta saludable. Aquí te dejo una tabla con la composición nutricional aproximada por cada 100 gramos de mandarina.

#### **2.1.4 Mandarina en Ecuador**

En Ecuador, la mandarina es una fruta muy popular y se cultiva en diversas regiones del país debido a su clima tropical y subtropical, que es ideal para el crecimiento de cítricos. El cultivo de mandarinas en Ecuador ha crecido considerablemente en las últimas décadas, y la fruta se comercializa tanto en mercados locales como en exportaciones.

En el Ecuador, las áreas de producción de mandarina se concentran principalmente en el cantón Pimampiro, específicamente en las parroquias Chugá, Pimampiro y Sigsipamba. A pesar de que no se dispone de datos precisos con respecto a la extensión de los cultivos de dicho fruto, de acuerdo por lo establecido por los agricultores de la zona en entrevistas previas se estima que la superficie plantada con mandarina oscila entre 100 y 150 hectáreas (Gobierno Provincial de Imbabura, 2020).

La variedad más comúnmente cultivada en el área es la de "cáscara fina" o también conocida como mandarina de Patate. Sin embargo, este cítrico enfrenta problemas de cultivo, especialmente debido a que es propenso a infestaciones de varios insectos, principalmente de pulgón y minador.

### **2.1.5 Cáscaras de Mandarina**

Muchas de las frutas que se consumen, no solo ofrecen beneficios en la pulpa o parte interna, sino también en la parte exterior o cáscara la cual es desechada en la mayoría de los casos. Aunque algunas de las prácticas relacionadas con estos beneficios no son muy conocidas y pueden generar cierta resistencia, se debe tomar en cuenta las numerosas propiedades que las cáscaras poseen y los beneficios que se pueden rescatar de ellas.

El consumo de mandarinas se destaca por actuar como una barrera protectora contra el estrés, colesterol alto y problemas con la presión arterial. Muchos de estos beneficios además de estar presentes en la pulpa de la fruta, se obtienen también de su cáscara, puesto que esta contiene la mayor cantidad de antioxidantes totales, los cuales actúan como un potente limpiador del organismo que purifica y regula los fluidos (El Periódico de España , 2023).

## **2.2 HARINA DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

La harina de cáscaras de cítricos es un producto elaborado a partir del secado y molienda de las cáscaras de frutas cítricas como la mandarina, naranja, limón o toronja. Esta harina es rica en fibra dietética, antioxidantes, aceites esenciales, pectina y compuestos bioactivos, y se ha convertido en una opción atractiva para la industria alimentaria, cosmética y agrícola.

La industria alimentaria ha mostrado un interés particular en aprovechar los subproductos que ofrece la industria de los cítricos. Aunque las harinas de frutos cítricos no son comúnmente utilizadas, diversos estudios han analizado sus propiedades y su eficiencia en la producción de productos panificados. Recientemente, se ha enfocado mucha atención en el uso de cáscaras de dichas frutas para la producción de harinas debido a que contribuye a un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y a su vez, ofrece nuevos ingredientes ricos en fibra dietética (Guerra, Baños, Luna, González, & Jiménez, 2020). La harina de cáscaras de cítricos ofrece múltiples beneficios, tanto para la salud humana, como para la industria alimentaria, la agricultura y el medio ambiente.

### **2.2.1 Harina de Cáscara de Mandarina**

La harina de cáscara de mandarina es un subproducto de la industria de la fruta que está ganando popularidad por sus numerosos beneficios nutricionales y su valor como ingrediente funcional en la alimentación, la cosmética y la agricultura.

## 2.3 HARINA DE TRIGO

### 2.3.1 Definición

La harina de trigo es uno de los ingredientes más comunes y utilizados en la cocina y la panadería, obtenida a partir de la molienda de los granos de trigo. Es fundamental en la preparación de una gran variedad de productos, como pan, pasteles, galletas, y otros productos horneados.

La harina se define como un polvo fino obtenido al moler cereales y otros alimentos ricos en almidón. En panadería y repostería, se la emplea principalmente debido a que posee un importante porcentaje de gluten, el cual es una proteína que se encarga de proporcionar estructura a los panes y otros productos horneados. Durante el proceso de molienda de la harina de trigo refinada, se eliminan completamente el salvado (fuente de fibra) y el germen, lo que deriva en la pérdida de las proteínas y lípidos responsables del enranciamiento de la harina. Por ende, se obtiene exclusivamente del endospermo, a diferencia de la harina integral que sí incluye el salvado dentro de su composición (Be Chef, 2022).

### 2.3.2 Composición Nutricional de la Harina de Trigo

Este tipo de harina se destaca principalmente por presentar altas concentraciones de almidón y carbohidratos de acuerdo con la información establecida en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Porcentaje de los principales componentes de la Harina de Trigo*

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Almidón</b>	70-75
<b>Proteínas</b>	10-12
<b>Polisacáridos no del almidón</b>	2-3
<b>Lípidos</b>	2

Fuente: De la Vega (2009)

La harina de trigo tiene una composición nutricional que varía ligeramente dependiendo del tipo de harina (refinada, integral, etc.), pero generalmente contiene carbohidratos, proteínas, grasas y fibra. A continuación, te doy una tabla aproximada de la composición nutricional de la harina de trigo blanca refinada y de la harina integral de trigo por cada 100 gramos.

## 2.4 HARINA INTEGRAL

La harina integral es una harina de trigo que se obtiene a partir del grano entero del trigo, lo que significa que conserva todas las partes del grano: el salvado, el germen y el endospermo. Debido a este proceso de molienda integral, tiene un mayor contenido de nutrientes en comparación con la harina refinada, que solo utiliza el endospermo. Ofrece beneficios nutricionales superiores en comparación con la harina refinada, a pesar de que su contenido calórico no presenta diferencias significativas; 100 gramos de harina blanca contienen 337 calorías, mientras que la misma cantidad de harina integral aporta 309 calorías.

La verdadera diferencia radica en cómo el cuerpo procesa este tipo de derivados, puesto que este tipo de harina se destaca por su alto contenido de fibra, lo que mejora la digestión, disminuye el consumo total de calorías y reduce el índice glucémico.

Además, su sabor más rico y su textura más densa son perfectos para quienes buscan alternativas más completas para una dieta equilibrada. Incorporar harina integral en tu dieta es una excelente forma de mejorar la salud digestiva, controlar el azúcar en sangre y obtener más nutrientes esenciales.

### 2.4.1 Composición Nutricional de la Harina Integral

La harina integral de trigo se obtiene a partir del grano entero de trigo, lo que significa que conserva el salvado, el germen y el endospermo. Esto la hace más rica en nutrientes en comparación con la harina refinada, que ha sido procesada para eliminar el salvado y el germen. Se obtiene tras moler el grano de trigo completo reteniendo las tres partes importantes del mismo, lo que, a su vez asegura la conservación de todos los micronutrientes que se encuentran presentes en su composición como las vitaminas del grupo B, vitamina E, hierro, zinc, magnesio y antioxidantes. Por esta razón, los productos elaborados con grano entero conservan gran parte de las propiedades nutritivas del trigo (Melgar, 2009).

**Tabla 3**

*Composición nutricional de la harina integral*

Cantidad por 100 gramos	
Calorías	340
Grasas totales	2,5 g
Ácidos grasos saturados	0,4 g
Colesterol	0 mg
Sodio	2 mg
Potasio	363 mg
Carbohidratos	72 g
Fibra alimentaria	11 g

---

Azúcares	0,4 g
Proteínas	13 g

---

Fuente: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (2019)

De acuerdo con lo expresado en la Tabla 2.3, la harina integral es una excelente fuente de fibra, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una opción más nutritiva en comparación con la harina refinada. Al ser menos procesada, conserva todos los nutrientes del grano entero, haciendo que los productos que se elaboran con ella sean más saludables y beneficiosos para la salud digestiva y general.

#### **2.4.2 Cálculo de Finos en Harinas y Productos Panificados**

El cálculo de finos en harinas y productos panificados es un proceso importante para evaluar la calidad de la harina y cómo se comportará durante el procesamiento, así como para determinar su contenido en partículas finas. (Escuela de Hostelería y Turismo ESAH, 2023).

#### **2.4.3 Importancia del Cálculo de Finos, Control de Calidad de Harinas**

La calidad de la harina es un factor determinante en la elaboración de productos de panificación, ya que influye directamente en el comportamiento de la masa y en las características finales del producto. En este sentido, el control de calidad de harinas incluye la evaluación de la granulometría, un aspecto clave para asegurar la uniformidad en la molienda y la funcionalidad en los procesos de panificación.

#### **2.4.4 Método para Calcular Finos en Harinas**

El cálculo de finos en harinas es un proceso utilizado para evaluar el contenido de partículas pequeñas en la harina, las cuales pueden afectar el comportamiento de la harina durante la panificación o el procesamiento. Los finos son las partículas más pequeñas que pasan a través de un tamiz o malla durante el proceso de tamizado.

##### **a) Método de Tamizado**

Este es uno de los métodos más simples y comunes para calcular el contenido de finos en las harinas. A través del tamizado, se separan las partículas finas de las más gruesas, lo que permite cuantificar el porcentaje de finos.

##### **Procedimiento de Tamizado:**

- **Preparación de la Muestra:** Se toma una cantidad representativa de harina (generalmente entre 100-200 gramos) para realizar el análisis.

- **Uso de un Tamiz Adecuado:** La muestra de harina se coloca en un tamiz con un tamaño de malla específico (por ejemplo, 60 mallas, 100 mallas, etc.). El tamiz debe ser adecuado para retener las partículas más grandes y permitir que las partículas finas pasen a través de la malla.
- **Tamizado:** Se agita el tamiz durante un tiempo determinado para asegurar que las partículas finas puedan atravesar la malla.

#### **Pesado de los Componentes:**

- **Finos:** El material que ha pasado a través de la malla del tamiz (las partículas finas) se recoge en un recipiente.
- **Residuos:** Las partículas más grandes que no pasaron por el tamiz se quedan en la parte superior del tamiz.

**Cálculo del Porcentaje de Finos:** Se pesa tanto los finos como los residuos y se calcula el porcentaje de finos de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de Finos} = \left( \frac{\text{Peso de los Fino}}{\text{Peso Total de la Muestra}} \right) \times 100 \quad (1)$$

#### **b) Método de Análisis Granulométrico (Distribución de Tamaños de Partículas)**

El análisis granulométrico es uno de los métodos más precisos para determinar la distribución de partículas en una muestra. Se realiza mediante el uso de un analizador de distribución de tamaños de partículas, que puede ser basado en dispersión láser o técnicas de difracción.

#### **Procedimiento:**

- **Preparación de la Muestra:** Se coloca una muestra representativa de la harina en el equipo de análisis.

#### **2.4.5. Método para Calcular Finos en Productos Panificados**

El cálculo de finos en productos panificados tiene como objetivo analizar el contenido de partículas finas presentes en las harinas o masas utilizadas para producir productos como

panes, galletas, pasteles, entre otros. Los finos en los productos panificados tienen un impacto directo en la textura, la estructura de la miga, la absorción de agua y el desarrollo del gluten, lo que afecta tanto la calidad como la uniformidad de los productos (Castillo, 2023).

## **2.5 GALLETAS**

### **2.5.1 Definición**

La palabra "galleta" proviene del francés "galette" lo cual hace referencia a una pequeña masa, que en ocasiones es dulce o salada, elaborada a partir de ingredientes como harina de trigo, huevos, una mezcla de azúcares, grasas vegetales y animales, y en ciertas ocasiones suele combinarse con otros ingredientes como avena, chocolate o nueces. En la actualidad, se pueden presentar en el mercado una gran variedad de galletas que se diferencian tanto en su composición como en su proceso de elaboración (De Lira, 2023).

### **2.5.2 Historia de las Galletas**

A lo largo de la historia las galletas han sido consideradas como uno de los primeros alimentos cocinados registrados, se han ido elaborando desde hace 10,000 años inicialmente por nómadas que empleaban una masa a base de una mezcla de cereales. Además, gracias a la consistencia que presentan, eran fáciles de almacenar y transportar, por ende, era un alimento común para militares, marineros y campesinos. Ya para el siglo III, el chef romano Apicius las denominó "Bis Coctus" lo que se traduce a cocinado dos veces, este momento en la historia se considera de mucha relevancia debido a que de aquí provienen los términos "biscuit" y "bizcocho" que se siguen empleando actualmente para otros productos panificados. Para la Edad Media ya se añadieron otros ingredientes a la masa como huevos y jugo de carne. Los españoles acogieron el término francés "galette" y consumían las galletas cuando transcurrían largos recorridos. En el Renacimiento, se incorporaron sabores nuevos, los cuales se acompañaron principalmente por chocolate. Finalmente, la producción masiva comenzó en los siglos XVIII y XIX, debido a que su elaboración se facilitó gracias a la modernización industrial (Larousse Cocina , 2024).

### **2.5.3 Definición de Galletas de acuerdo con la Norma INEN**

De acuerdo con lo establecido por la norma NTE INEN 2085:2005 "las galletas son productos obtenidos mediante el horneado apropiado de las figuras formadas por el amasado de derivados del trigo u otras farináceas con otros ingredientes aptos para el consumo humano"

Es decir, una galleta es un producto de repostería que resulta de una masa horneada elaborada a partir de harina de trigo (NTE INEN, 2005) .

## **2.6 PARÁMETROS DE PANIFICACIÓN**

En la elaboración de galletas, es indispensable obtener una mezcla homogénea de la grasa con la harina antes de hidratarla, con la finalidad de evitar la formación de gluten y de esta manera obtener una masa menos elástica y más compacta, lo cual permite que la masa no se reduzca tras el laminado. Sin embargo, esto puede afectar la textura y las características organolépticas del producto final. Otro factor indispensable se toma a consideración durante el horneado, puesto que, a temperaturas superiores a 85°C, disminuye la viscoelasticidad de la masa. Además, se debe controlar temperatura y velocidad, de acuerdo con las características que presente el horno utilizado, con la finalidad de evitar que la masa se quemé (Sarmiento, 2017).

## **2.7 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS**

### **2.7.1 Determinación de Humedad**

Todos los alimentos existentes poseen un porcentaje determinado de agua dentro de su composición, la cual puede encontrarse de forma libre o ligada. El agua libre es aquella que se evapora fácilmente, mientras que la ligada es aquella que está unida químicamente a proteínas y moléculas de glúcidos que puede ser adsorbida en superficies coloidales.

Por ende, para medir el contenido de humedad, se utilizan diversos métodos de secado, los cuales permiten extraer el contenido de agua presente en el alimento en específico. Dichos métodos requieren de un cálculo con respecto a la pérdida de peso por calentamiento. Sin embargo, pueden presentar inconvenientes: en ocasiones suele complicarse mucho el poder eliminar la humedad en su totalidad, y a su vez, el alimento puede descomponerse a ciertas temperaturas y tienden a perder otras sustancias volátiles (García & Fernández, Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación, 2012).

### **2.7.2 Determinación de Proteínas**

La determinación de proteínas es un análisis clave en la industria alimentaria, farmacéutica, y en el estudio de alimentos y productos biológicos. Las proteínas son macromoléculas esenciales para el crecimiento, reparación y mantenimiento celular, y su contenido en alimentos es un indicador importante de su valor nutricional.

El contenido proteico de los alimentos se determina de manera indirecta, por lo general se empieza midiendo el porcentaje de nitrógeno presente en la muestra. El método Kjeldahl es uno de los más empleados, y su finalidad es estimar la cantidad de proteína total a partir del contenido de nitrógeno, en base a una proporción específica entre ambos. Este método se divide en tres etapas importantes: digestión, destilación y valoración. Fases que determinarán el porcentaje final de proteína del alimento (García & Fernández, 2012).

### **2.7.3 Determinación de Fibra**

La fibra dietética es un componente esencial en la dieta humana, principalmente para la salud digestiva y el control de ciertos factores metabólicos. La fibra se encuentra en alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras, granos enteros, legumbres y semillas, y se clasifica en dos tipos: fibra soluble e insoluble. La determinación de fibra en alimentos es crucial tanto para la nutrición como para el control de calidad en la industria alimentaria.

Actualmente, se han implementado diversos métodos que se destinan a la medición de fibra en los alimentos, sin embargo, uno de los métodos más utilizados es la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) el cual se caracteriza por ser una técnica eficaz que permite separar, identificar y cuantificar con exactitud los componentes de la fibra en una muestra alimenticia específica (The Food Tech, 2023).

### **2.7.4 Determinación de Grasa**

La determinación de grasa es un análisis fundamental en la industria alimentaria y en el laboratorio de control de calidad, ya que la cantidad de grasa en los alimentos afecta tanto su valor nutricional como sus propiedades sensoriales sabor, textura, y apariencia. La grasa en los alimentos se clasifica principalmente en grasas visibles aceites, mantequilla y grasas invisibles grasa contenida en las estructuras celulares de los alimentos.

La determinación de lípidos puede realizarse de manera cualitativa o cuantitativa. En este sentido, el método de Soxhlet es uno de los más empleados en la industria alimentaria, el cual se trata de un análisis gravimétrico clásico que cuantifica la grasa de forma indirecta. Este método se encarga de medir el peso de la muestra alimenticia tanto al inicio cuando el alimento se encuentra con la grasa presente, como al final, después de eliminar la grasa. La diferencia de peso permitirá estimar el porcentaje de lípidos en los alimentos, basándose principalmente en la pérdida de peso de la sustancia de interés (Viresa, 2021).

### **2.7.5 Determinación de Cenizas**

La determinación de cenizas es un análisis fundamental en el control de calidad de los alimentos, ya que mide la cantidad de material inorgánico presente en la muestra, es decir, los minerales que permanecen después de que la muestra ha sido quemada. Las cenizas no son parte de los componentes orgánicos del alimento, como las proteínas, carbohidratos y grasas, pero sí son un indicador importante de la composición mineral de los alimentos.

Las cenizas son residuos no volátiles que se obtienen al momento de incinerar alimentos, consisten en óxidos metálicos que reflejan el contenido mineral. La cantidad de cenizas presente en el alimento influye directamente en la calidad del producto y se mide en una mufla, empleando crisoles refractarios que por lo general son de porcelana. Por otro lado, la determinación de cenizas estima la cantidad total de minerales presentes en una muestra de alimento en específico y es crucial en los análisis de calidad en la industria alimentaria. Por otro lado, el contenido total de cenizas se expresa en porcentaje, ya sea en base seca o base húmeda, de acuerdo con que se considere o no la humedad del alimento (Bolívar, 2020).

### **2.7.6 Determinación de Vitamina C**

La vitamina C, ácido ascórbico es uno de los antioxidantes más importantes presentes en los alimentos y desempeña un papel fundamental en la protección del organismo frente al daño ocasionado por los radicales libres. Además de su concentración, es importante considerar su biodisponibilidad, ya que esta influye directamente en su efectividad biológica dentro del organismo. La vitamina C es considerada un indicador confiable del potencial antioxidante de la dieta y su consumo adecuado se asocia con un menor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas relacionadas con el daño oxidativo (Carr & Maggini, 2017).

## **2.8 ACEPTABILIDAD SENSORIAL**

La aceptabilidad sensorial se refiere a la respuesta de los consumidores o panelistas frente a los atributos sensoriales de un producto alimentario, tales como su sabor, aroma, textura, color y apariencia. Este análisis es fundamental en el desarrollo de nuevos productos, ya que ayuda a determinar la preferencia del consumidor y la calidad de un producto desde una perspectiva sensorial.

Un análisis sensorial se desarrolla con la finalidad de evaluar alimentos u otros materiales a través de los sentidos, midiendo y cuantificando sus propiedades sensoriales. Siendo una palabra derivada del latín "sensus", la evaluación sensorial emplea disciplinas como

química, matemáticas, psicología y fisiología para poder interpretar resultados. Los panelistas perciben primero las características físicas de producto como el color y la textura, seguido se percibe el sabor y sonido al masticar. El catador o consumidor final enuncia un juicio espontáneo sobre la materia prima, ingredientes o producto en general, expresando la cualidad percibida y su intensidad (Olmos, 2014).

El análisis de la aceptabilidad sensorial es una herramienta fundamental en la industria alimentaria para medir la calidad y la preferencia del consumidor en relación con los atributos sensoriales de los productos. Con métodos como las pruebas hedónicas, de preferencia, descriptivas y discriminativas, los fabricantes pueden ajustar y mejorar la formulación de sus productos para cumplir con las expectativas del mercado. Aunque es un proceso subjetivo, con la metodología adecuada y un panel bien entrenado, el análisis sensorial ofrece información valiosa que puede ayudar a garantizar el éxito del producto en el mercado.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio exploró una alternativa innovadora y sostenible para la elaboración de galletas, mediante la sustitución parcial de la harina de trigo por harina elaborada a partir de cáscaras de mandarina. Se emplearon tres formulaciones distintas, que incorporaron un 5 %, 10 % y 15 % de harina de cáscara, con el objetivo de evaluar el efecto de esta variación en el sabor, la textura y el valor nutricional del producto final.

##### **3.1.1. Enfoque de la Investigación**

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, debido a que se buscó entender cómo la sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de mandarina afecta las propiedades físicas, químicas y sensoriales de las galletas. Para ello, se aplicaron mediciones objetivas y análisis estadísticos que permitieron establecer relaciones de causa y efecto, comprobando hipótesis a través de datos obtenidos en laboratorio. Según Neill & Cortez (2018). Esta definición respalda el enfoque adoptado en el presente estudio, orientado a obtener conclusiones claras y replicables.

##### **3.1.2. Tipo de Investigación**

Este estudio tuvo un carácter exploratorio, ya que en el país no se habían desarrollado previamente investigaciones enfocadas exclusivamente en el uso de harina elaborada a partir de cáscaras de mandarina. Según Haro, *et al.* (2024), un estudio exploratorio se entiende como una investigación inicial que permite identificar patrones, ideas o hipótesis sobre un tema poco abordado o comprendido, y que aún no ha sido claramente definido. En este sentido, la presente investigación abrió camino a nuevas posibilidades para el aprovechamiento de residuos agroindustriales, con el objetivo de comprender su comportamiento y potencial en la elaboración de productos de panificación.

Además, el estudio también fue de tipo descriptivo, ya que se detallaron conceptos y definiciones relacionados con el desarrollo experimental y con los datos obtenidos a través de los análisis fisicoquímicos. De acuerdo con los mismos autores Haro, *et al.* (2024), este tipo de investigación “busca describir características de fenómenos o poblaciones, estableciendo

asociaciones entre variables sin determinar causalidad”. Así, el enfoque descriptivo permitió dar una visión clara y ordenada de los resultados obtenidos durante el proceso investigativo.

### **3.1.3. Diseño de la Investigación**

El diseño experimental de esta investigación consistió en combinar distintos porcentajes de harina de cáscara de mandarina con harina de trigo específicamente 5 %, 10 % y 15 %, aplicando además dos temperaturas de horneado: 130 °C y 160 °C. Estas combinaciones dieron lugar a seis tratamientos diferentes, los cuales fueron evaluados mediante análisis fisicoquímicos, sensoriales y estadísticos. Para la validación de los resultados obtenidos se empleó el análisis de varianza (ANOVA), como herramienta estadística.

Según Bernal (2010), “la investigación experimental se realiza mediante los llamados diseños, que son un conjunto de procedimientos con los cuales se manipulan una o más variables independientes y se mide su efecto sobre una o más variables dependientes” (p. 145). En este estudio, se manipularon tanto la proporción de harina de mandarina como la temperatura de horneado con el propósito de observar su efecto sobre las propiedades finales del producto.

## **3.2. PROCEDIMIENTO: FASES DE LA INVESTIGACIÓN**

En esta sección se describió de forma estructurada el proceso metodológico, el cual se utilizó para la investigación, desde la recolección de la materia prima hasta la formulación del producto final, lo cual permitió garantizar la trazabilidad y reproducibilidad del estudio.

### **3.2.1. Análisis de las características fisicoquímicas de la harina de cáscaras de mandarina como ingrediente para la elaboración de galletas**

Se presentó el origen de la materia prima, las condiciones ambientales del lugar de recolección y el procedimiento utilizado para transformar las cáscaras de mandarina en harina, insumo clave para el desarrollo del producto alimenticio.

#### **3.2.1.1. Materia prima**

Para la obtención de la materia prima (mandarinas), estas fueron recolectadas de un pequeño huerto ubicado en la parroquia de San Pedro de Pimampiro, perteneciente a la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. Esta zona fue escogida debido a que presentaba disponibilidad del producto durante todo el año y contaba con las condiciones apropiadas para el cultivo del fruto, según lo establecido en la Tabla 4.

**Tabla 4***Ubicación de la obtención de la materia prima*

<b>Provincia</b>	<b>Imbabura</b>
Cantón	Ibarra
Parroquia	Pimampiro
Altitud	2163 m.s.n.m.
Humedad relativa promedio	70 % - 80 %
Precipitación	Promedio entre 1000 mm/Año
Temperatura promedio	14 °C - 16 °C

Fuente: (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador., 2022)

De acuerdo con lo establecido por el proveedor, la variedad de mandarina producida es conocida como Clementina. De la fruta se extrajo exclusivamente las cáscaras debido a que permitieron obtener una harina más seca y propicia para el proceso de panificación.

- **Elaboración de harina de mandarina**

Para la obtención de la harina se utilizó un horno de resistencias eléctricas (220 V) construido en acero inoxidable de grado alimenticio, para secado por bandejas de la tienda de especias Condinor EC ubicado en la calle Juan Francisco Cevallos, en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. De acuerdo con lo establecido por el gerente, el secado se realizó a una temperatura de 50 ° C durante 18 horas.

Con respecto a la molienda de la fruta deshidratada se la realizó en una Molinera ubicada entre las calles El Oro y la Av. 13 de abril, en el sector de los Huertos Familiares en la ciudad de Ibarra. Se empleó un molino de piedras y finalmente para obtener una harina fina se la tamizó hasta obtener una granulometría de 1,00 mm.

### **3.2.1.2. Materiales, equipos y software**

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se enumeraron todos los recursos materiales, herramientas y programas informáticos que fueron utilizados durante las distintas fases de la investigación, necesarios tanto para la elaboración del producto como para el análisis de sus propiedades, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 5.

**Tabla 5***Equipos, materiales, insumos y software*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Insumos</b>	<b>Software</b>
Molino de piedras	4 latas de aluminio.	Cáscaras de mandarina.	Microsoft Word.
Horno de resistencias eléctricas	3 recipientes de plástico	Harina integral	Microsoft Excel.

Batidora	2 cuchillos.	Azúcares (blanca y morena).	Microsoft Forms.
Balanza digital	1 tabla de picar.	Huevos.	
Termómetro	3 cucharas.	Mantequilla.	
Temporizador	1 mesa de acero inoxidable	Sal de mesa.	RStudio
		Bicarbonato de sodio.	
		Esencia de vainilla.	

### 3.2.2. Establecimiento de los parámetros de panificación para la elaboración del producto final

Se definieron las proporciones de los ingredientes y las condiciones de horneado para obtener distintas formulaciones de galletas, considerando variaciones en el contenido de harina de mandarina como variable experimental.

#### 3.2.2.1. Formulación de mezclas

**Tabla 6**

*Formulación para la elaboración de las galletas*

Ingrediente	Cantidad (gramos)		
Harina de mandarina	(5 %) 23 g	(10 %) 45 g	(15 %) 68 g
Harina de trigo	(95 %) 428 g	(90 %) 406 g	(85 %) 383 g
Mantequilla	240 g		
Azúcar morena	300 g		
Azúcar blanca	160 g		
Huevos	100 g		
Bicarbonato de sodio	5 g		
Sal de mesa	1 g		
Esencia de vainilla	10 ml		

#### 3.2.2.2. Proceso de elaboración de la harina de cáscaras de mandarina

Se detalló el procedimiento técnico seguido para transformar las cáscaras de mandarina en harina, desde la selección y limpieza hasta el tamizado (Figura 3.1), con el fin de obtener un ingrediente funcional apto para su uso en panificación:

- **Selección y lavado:** Se escogieron mandarinas de descarte comercial, considerando que no se encontraran sobre maduras. Las mandarinas fueron lavadas minuciosamente bajo agua corriente para eliminar suciedad, residuos de pesticidas y otros contaminantes.

## Figura 1

### *Selección y lavado de las mandarinas*



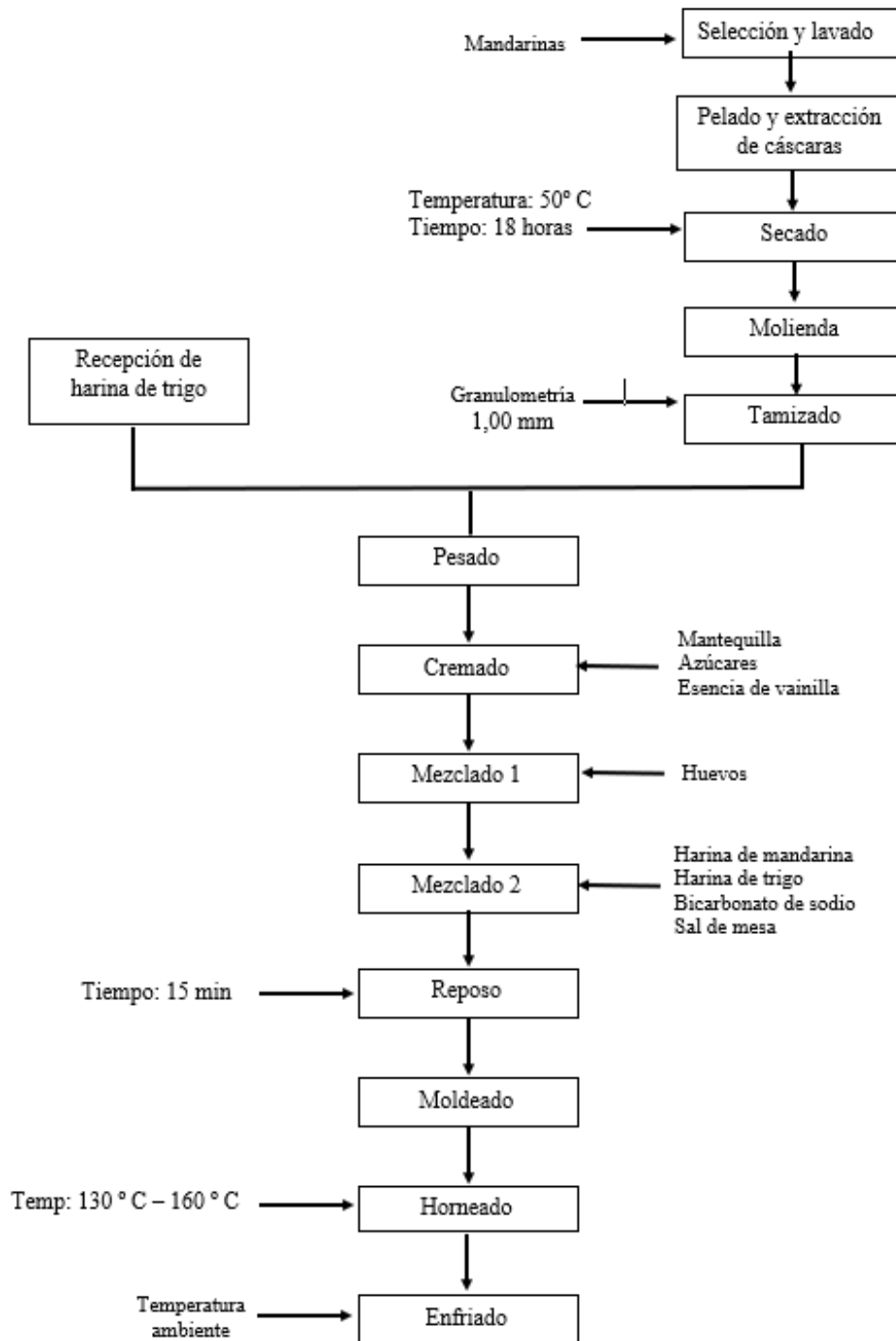
- **Pelado y extracción de cáscaras:** Una vez lavadas correctamente las mandarinas, se procedió a extraer únicamente las cáscaras de la fruta para facilitar la obtención de la harina.
- **Secado:** Los trocitos de cáscara de mandarina se colocaron en bandejas de secado en una sola capa para permitir una evaporación uniforme de la humedad. La temperatura empleada para esta etapa fue de 50 ° C.
- **Molienda:** Una vez que las cáscaras estuvieron completamente secas y crujientes, se trituraron tres veces en un molino de martillos hasta obtener un polvo fino. La molienda se realizó para reducir el tamaño de partícula y obtener una harina homogénea.
- **Tamizado:** La harina de mandarina fue tamizada para eliminar cualquier partícula grande o impureza y obtener una textura más fina y uniforme. Para esta etapa se buscó conseguir una granulometría de 1,00 mm.

### *3.2.2.3. Proceso de elaboración de las galletas con harina de cáscaras de mandarina*

Para esta etapa del proceso, se recibió la harina de mandarina y se adicionó harina integral a la masa para obtener galletas con un alto porcentaje de fibra (Figura 2).

**Figura 2**

*Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Galletas con harina de mandarina*



- **Pesado:** Las materias primas que se emplearon fueron pesadas de acuerdo con los requisitos de la formulación (5 %, 10 % y 15 % de harina de mandarina) y se incorporaron a la batidora.

**Figura 3**  
*Pesado de materias primas*



- **Cremado:** Una vez pesados todos los ingredientes, se colocó la margarina y los azúcares en la batidora, realizándose el proceso de cremado por 5 minutos.

**Figura 4**  
*Cremado por 5 minutos*



- **Mezclado 1:** Seguido del cremado, se añadieron los huevos uno por uno y se continuó mezclando hasta que se incorporaron completamente.

**Figura 5.** Mezclado 1  
*Mezclado 1*



- **Mezclado 2:** Cuando el cremado estuvo listo, se añadieron los ingredientes secos en la batidora, llevándose a cabo el proceso de mezclado durante aproximadamente 5 a 7 minutos.

**Figura 6**  
*Mezclado 2*



- **Reposo:** Una vez que la masa estuvo lista, se dejó reposar durante 15 minutos para permitir el proceso de leudado antes del moldeado.

- **Moldeado:** Cuando la masa reposada estuvo lista, se formaron pequeñas bolitas y se aplanaron manualmente para obtener galletas de aproximadamente 15 gramos.

**Figura 7**  
*Moldeado de la galleta*



- **Horneado:** Las piezas laminadas se colocaron en el horno a una temperatura de 130 °C durante 15 minutos, según lo establecido por Cavero (2015). En este proceso, se desarrollaron los aromas y el sabor característico del producto final, gracias a las reacciones de Maillard, que provocaron un ligero aumento en el volumen de la masa y una reducción del contenido de humedad.
- **Enfriado:** Las galletas se dejaron enfriar a temperatura ambiente sobre una rejilla metálica, logrando así la consistencia y crocancia adecuadas.

**Figura 8**  
*Enfriado de las galletas*



#### 3.2.2.4. Diseño Experimental

A continuación, se presentan los tratamientos y factores considerados en la investigación:

- **Factores de estudio**

**Factor A:** Tres mezclas con sus distintos porcentajes de sustitución (5 %, 10 % y 15 %).

**Factor B:** Dos temperaturas de horneado (130 °C y 160 °C).

**Tabla 7**  
*Factores de estudio*

<b>Factor A</b>		
<b>Mezcla (%)</b>	<b>Harina integral</b>	<b>Harina de mandarina</b>
M1	95	5
M2	90	10
M3	85	15
<b>Factor B</b>		
Temperatura de horneado (°C)	TH1 130	TH2 160

**Tabla 8***Tratamientos de estudio*

<b>Tratamiento</b>	<b>Interacción</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>T1</b>	M1TH1	Mezcla 1 (5 %) y Temperatura de Horneado 1 (130 °C)
<b>T2</b>	M1TH2	Mezcla 1 (5 %) y Temperatura de Horneado 2 (160 °C)
<b>T3</b>	M2TH1	Mezcla 2 (10 %) y Temperatura de Horneado 1 (130 °C)
<b>T4</b>	M2TH2	Mezcla 2 (10 %) y Temperatura de Horneado 2 (160 °C)
<b>T5</b>	M3TH1	Mezcla 3 (15 %) y Temperatura de Horneado 1 (130 °C)
<b>T6</b>	M3TH2	Mezcla 3 (15 %) y Temperatura de Horneado 2 (160 °C)
<b>T7 (testigo)</b>		100% harina de trigo a 130 °C
<b>T8 (testigo)</b>		100% harina de trigo a 160 °C

- **Simbología**

**M1**= Mezcla con harina de mandarina al 5 %.

**M2**= Mezcla con harina de mandarina al 10 %.

**M3**= Mezcla con harina de mandarina al 15 %.

**TH1**= Menor temperatura de horneado.

**TH2**= Mayor temperatura de horneado.

Para la fase experimental, se trabajó en la ciudad de Ibarra, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la parroquia El Sagrario, del cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Las condiciones que determinaron la fase experimental se describieron en la Tabla 9

**Tabla 9***Ubicación del experimento*

<b>Provincia</b>	<b>Imbabura</b>
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Altitud	2215. m.s.n.m.
Humedad relativa promedio	97 %
Precipitación	Promedio entre 550,3 mm/Año
Temperatura promedio	18 °C

Fuente: INAMHI, (2022)

### **3.2.3. Evaluación de las características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del producto obtenido**

Se aplicaron métodos analíticos para medir propiedades fisicoquímicas como fibra, proteína, humedad, cenizas, grasa y determinación de vitamina C. Además, se realizó una prueba sensorial con panelistas para evaluar la aceptación del producto desde el punto de vista del consumidor.

#### ***3.2.3.1. Características fisicoquímicas de las galletas***

Se midieron los siguientes parámetros:

- **Determinación del porcentaje de fibra dietaria en las galletas**

Cavero (2015) sugirió que para esta prueba se utilizara un método enzimático gravimétrico para determinar el porcentaje de fibra dietaria. Para ello, se emplearon las tres muestras experimentales, cada una con tres repeticiones, y un blanco. La autora recomendó el uso del análisis de varianza ANOVA junto con la prueba de Kruskal-Wallis para confirmar la significancia de la homogeneidad de los datos y excluir posibles errores. En esta investigación, el análisis se realizó en el laboratorio Alfanalítica S.A.S., utilizando el equipo FiberTest.

- **Determinación del contenido de grasa en las galletas**

El análisis se desarrolló en el laboratorio Alfanalítica S.A.S. Para obtener los resultados deseados, se empleó el método Soxhelt Gravimétrico.

- **Determinación del contenido de humedad en la harina de mandarina**

Este análisis se realizó en el laboratorio Alfanalítica S.A.S., de acuerdo con lo establecido por Bianco, Capote y Garmendia (2014), utilizando el método de referencia AOAC (32.1.03) y una termobalanza. Para obtener resultados más precisos, se recomendó realizar cinco réplicas.

- **Determinación del contenido de cenizas**

Este análisis se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio Alfanalítica S.A.S. Se utilizó el método AOAC Oficial Method 22.021 mediante una mufla gravimétrica.

- **Determinación del contenido de proteína**

De acuerdo con lo establecido por TV Universidad de Sevilla (2023), para este análisis se empleó el método Kjeldahl, mediante digestión de la muestra de galleta en un medio ácido con Cu (II) como catalizador. Las etapas desarrolladas en este método fueron las siguientes:

- Molienda de la muestra, secado y pesado
- Digestión de la muestra con ácido sulfúrico.
- Destilación.
- Valorización con ácido sulfúrico del amoníaco recogido.
- Cálculo y análisis de resultados.

Dicho análisis se lo realizó en el laboratorio de Alfanalítica S.A.S. ubicados en la Av. Víctor Manuel Peñaherrera, perteneciente al Barrio Santo Domingo, en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, tal como se describe en la Tabla 11

**Tabla 10**  
*Ubicación de los laboratorios Alfanalítica S.A.S*

<b>Provincia</b>	<b>Imbabura</b>
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Altitud	2256. m.s.n.m.
Humedad relativa promedio	73 %
Precipitación	Promedio entre 550,3 mm/Año
Temperatura promedio	18 C

- **Determinación de vitamina C**

De acuerdo con lo establecido por Damian *et al.* (2023, págs. 5-6), para llevar a cabo este análisis se preparó una solución patrón del radical DPPH (0,1 mM), pesando 3,9 mg y aforando hasta 100 ml con etanol al 96°GL. La solución fue llevada a un vórtex durante 1 minuto para lograr una adecuada disolución y se refrigeró hasta su uso.

A partir de los extractos etanólicos de las muestras, se realizaron diluciones hasta alcanzar una concentración de 200 µg/ml. Se tomaron alícuotas de 1 ml de estas diluciones y se adicionaron 3 ml de la solución de DPPH (0.1 mM). La reacción se desarrolló a temperatura ambiente durante 30 minutos en la oscuridad. Posteriormente, se midió la absorbancia a 517

nm en un espectrofotómetro (UV-600), utilizando etanol al 96° como blanco. Se recomendó realizar tres lecturas de absorbancia para cada muestra analizada

**Tabla 11**

*Técnicas y métodos necesarios para el análisis fisicoquímico de la harina y galletas de mandarina*

<b>Factor</b>	<b>Técnica y/o instrumento necesario</b>	<b>Método de ensayo</b>
<b>Grasas</b>	Soxhelt Gravimétrico	AOAC 920.39
<b>Fibra</b>	FiberTec.	AOAC 962.09
<b>Cenizas</b>	Incineración	AOAC 923.03
<b>Proteínas</b>	Kjeldahl	AOAC 984.13
<b>Humedad</b>	Estufa	AOAC 930.15
<b>Vitamina C</b>	Volumetría (titulación redox)	AOAC 967.21

### 3.2.3.2. Análisis sensorial

Para evaluar el grado de aceptación de las tres diferentes muestras de galletas se realizó una prueba de aceptabilidad que se llevó a cabo en el campus de El Olivo de la Universidad Técnica del Norte y en la Unidad Educativa Otavalo. Se empleó una población de 31 estudiantes de la carrera de Agroindustria y 20 estudiantes de tercero de bachillerato de la unidad educativa como panelistas que valoraron las características sensoriales de galletas previamente codificadas numéricamente. A cada estudiante se le solicitó que evalúe los siguientes atributos: Color, Textura, Olor, Sabor y Aceptabilidad global. Para lo cual se diseñó un formulario con ayuda de Microsoft Forms y se empleó una escala estructurada de 5 puntos para llevar a cabo dicha evaluación:

**Tabla 12**

*La escala hedónica utilizada fue la siguiente*

<b>Puntuación</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	me disgusta mucho
<b>2</b>	me disgusta
<b>3</b>	no me gusta ni me disgusta
<b>4</b>	me gusta
<b>5</b>	me gusta mucho

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los resultados ANOVA

A continuación, se muestran todos los resultados de cada uno de los mecanismos utilizados para la elaboración de las galletas, con la finalidad de establecer cuan beneficioso es para el consumo de las personas.

##### 4.1.1 Resultados ANOVA de cenizas.

La siguiente tabla muestra los resultados del análisis estadístico realizado para evaluar el efecto de los factores Sustitución y Temperatura, así como su interacción, sobre la variable de respuesta estudiada. El análisis se efectuó mediante una prueba ANOVA, permitiendo determinar la significancia estadística de cada fuente de variación.

**Tabla 13**

*Resultados estadísticos cenizas*

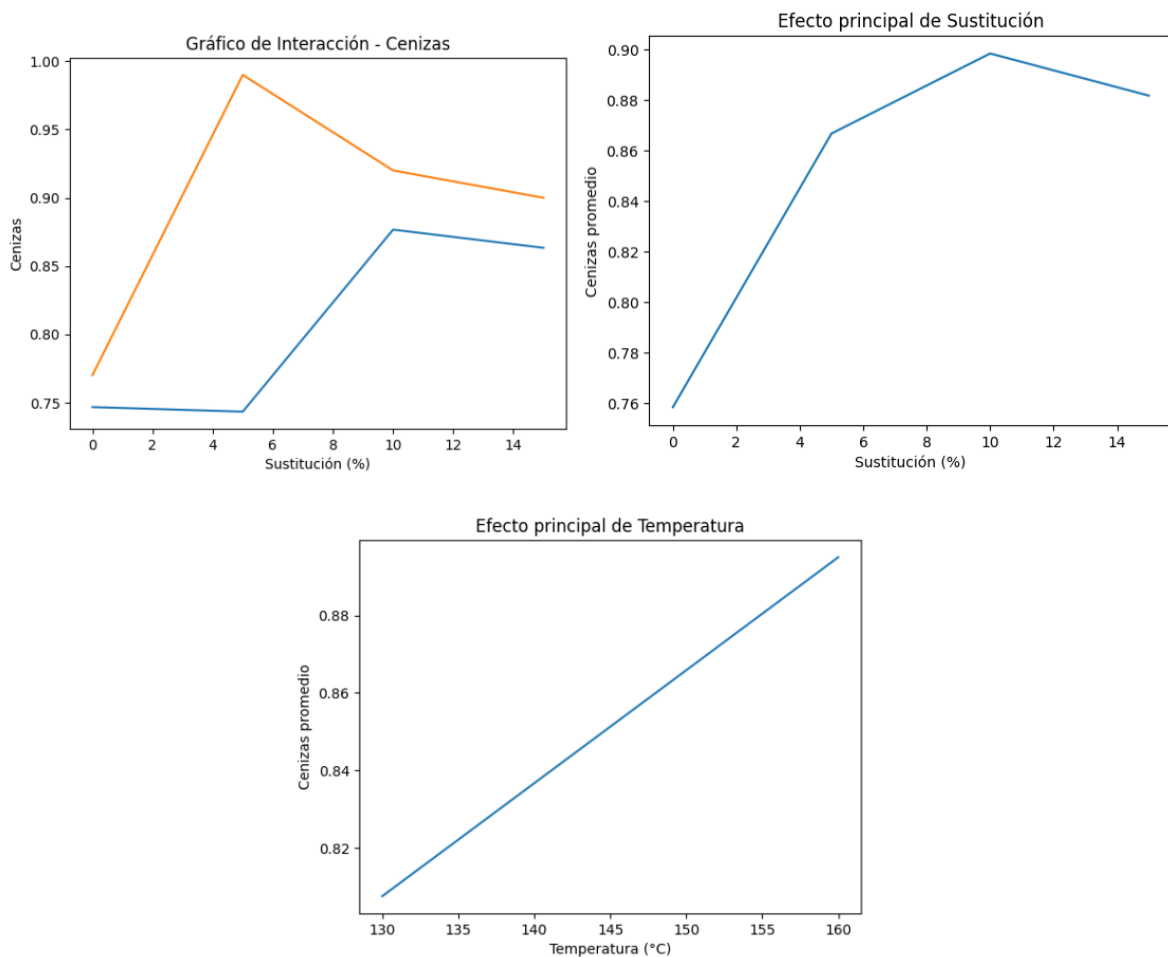
<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Sustitución</b>	75.87	< 0.001
<b>Temperatura</b>	145.07	< 0.001
<b>Interacción</b>	53.66	< 0.001

En lo que respecta a la información mostrada en la tabla 14 en la sustitución existe diferencia altamente significativa entre los niveles de sustitución ( $p < 0.001$ ). El porcentaje de sustitución modifica el contenido de cenizas. En el punto de la temperatura se puede evidenciar que también es altamente significativa ( $p < 0.001$ ), a 160 °C produce mayor contenido de cenizas que 130 °C. Finalmente en la interacción se puede mencionar que es significativa ( $p < 0.001$ ). Esto significa que: El efecto de la sustitución depende de la temperatura aplicada. Por lo tanto: No se deben interpretar los efectos principales por separado, se deben analizar efectos simples cada temperatura por separado.

Los resultados del ANOVA evidencian que Sustitución ( $F = 75.87$ ,  $p < .001$ ), Temperatura ( $F = 145.07$ ,  $p < .001$ ) y su Interacción ( $F = 53.66$ ,  $p < .001$ ) presentan efectos altamente significativos sobre la variable de respuesta, destacándose la temperatura como el factor de mayor influencia relativa. Estos hallazgos coinciden con lo expuesto por Montgomery (2019), quien señala que la temperatura suele ser determinante en procesos experimentales por

su impacto en las propiedades del sistema, y con (Chumo & Rodríguez, 2018), quienes indican que modificaciones en la composición generan variaciones significativas en la respuesta experimental. Asimismo, la interacción significativa confirma, según (Guerra, Baños, Luna, González, & Jiménez, 2020), que los efectos principales deben interpretarse de manera conjunta, ya que el comportamiento del sistema depende de la combinación específica de los factores evaluados.

**Figura 9**  
*Resultados estadísticos cenizas.*



**a) Gráfico de interacción**

Las líneas no son paralelas → Confirmación visual de interacción significativa.

- A 130 °C hay incremento fuerte en 10%.
- A 160 °C el comportamiento es diferente.
- 5% a 160 °C genera el valor más alto.

### b) Efecto principal de Sustitución

- Aumenta desde 0% hasta 10%.
- Disminuye ligeramente en 15%.

Nivel óptimo promedio: 10%

### c) Efecto principal de Temperatura

- 160 °C tiene mayor promedio general de cenizas.

#### 4.1.2 Resultados ANOVA de proteína.

La tabla 15 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el efecto de los factores Sustitución y Temperatura, así como su interacción, sobre el contenido de proteína.

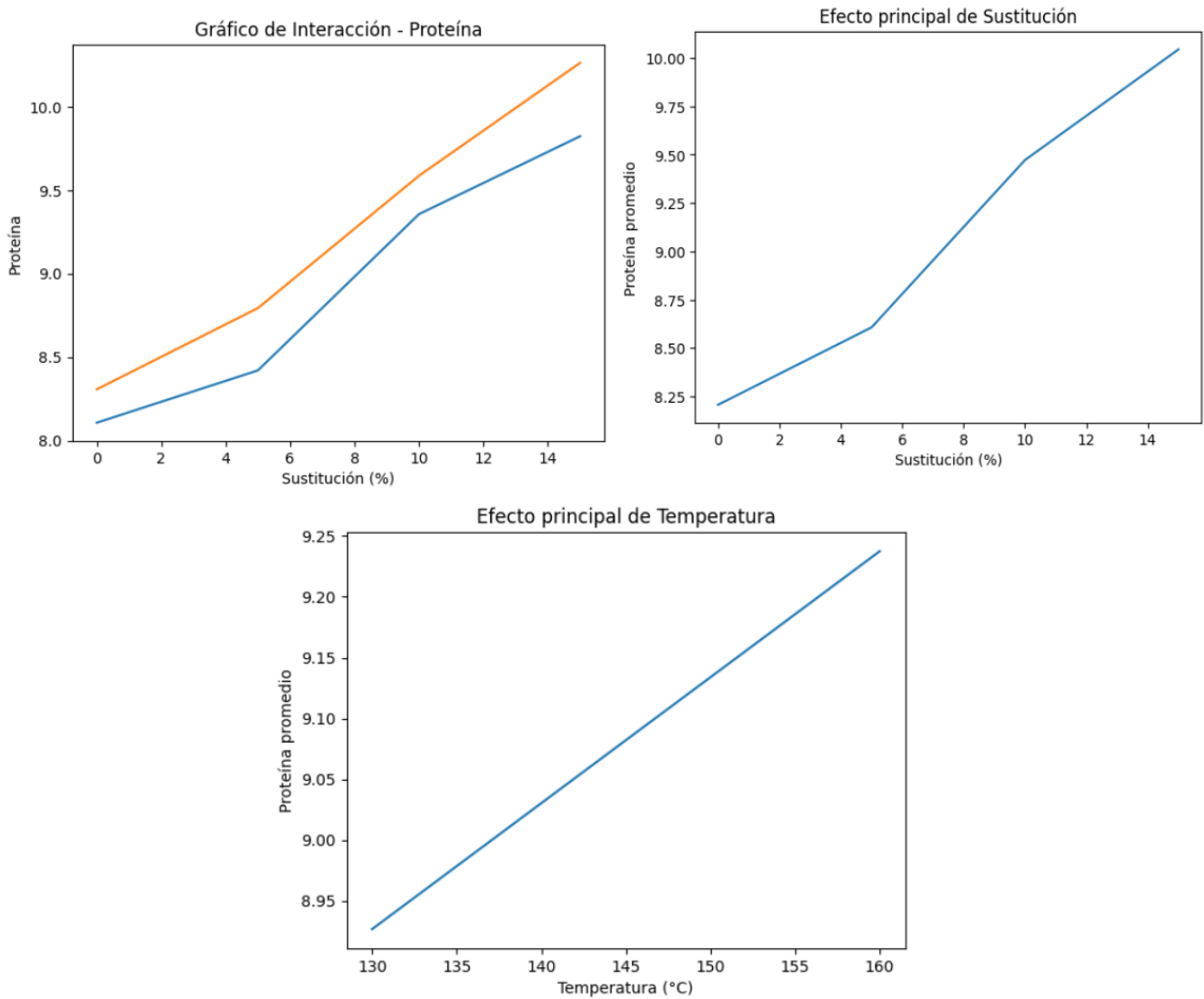
**Tabla 14**

*Resultados ANOVA proteína*

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Sustitución</b>	316.86	< 0.001	Altamente significativa
<b>Temperatura</b>	44.41	< 0.001	Altamente significativa
<b>Interacción</b>	1.51	0.25	No significativa

En la figura 10 los resultados evidencian una diferencia altamente significativa entre los niveles de sustitución, observándose un incremento lineal del contenido de proteína conforme aumenta el porcentaje de reemplazo (0–15%), lo cual concuerda con lo señalado por (Párraga, 2023), quien indica que cuando un factor cuantitativo muestra una tendencia creciente consistente, puede interpretarse como un efecto principal robusto dentro del modelo ANOVA. Asimismo, el efecto significativo de la temperatura, donde 160 °C genera mayor contenido proteico que 130 °C, coincide con estudios en procesos térmicos descritos por (Sarmiento, 2017), quien explica que ciertos tratamientos térmicos pueden concentrar componentes nutricionales por reducción de humedad o modificaciones estructurales. Por otro lado, la ausencia de interacción significativa ( $p = .25$ ) indica que el efecto de la sustitución es consistente en ambas temperaturas, lo que estadísticamente se traduce en líneas paralelas en el gráfico de interacción; según (Chengli, 2019), cuando no existe interacción significativa, los efectos principales pueden interpretarse de manera directa sin necesidad de analizar efectos simples, reforzando la independencia de los factores evaluados en el presente estudio.

**Figura 10**  
*Resultados estadísticos proteína.*



**a) Gráfico de interacción**

- Tendencia ascendente en ambas temperaturas.
- Líneas casi paralelas.
- Confirmación visual de que no hay interacción.

**b) Efecto principal de Sustitución**

Incremento progresivo: 0% < 5% < 10% < 15%

Nivel óptimo: 15%

### c) Efecto principal de Temperatura

160 °C > 130 °C Esto quiere decir que el incremento moderado pero significativo.

#### 4.1.3 Resultados ANOVA grasa.

La siguiente tabla presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el efecto de los factores Sustitución y Temperatura, así como su interacción, sobre el contenido de grasa.

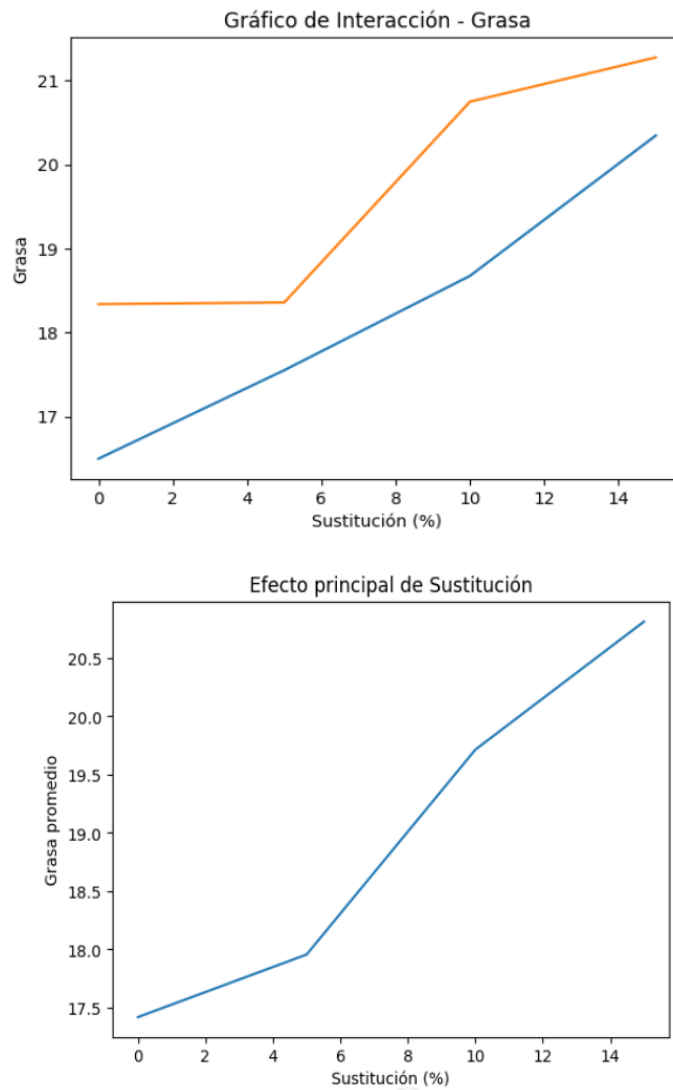
**Tabla 15**

*Resultados ANOVA grasa*

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Sustitución</b>	248.93	< 0.001	Altamente significativa
<b>Temperatura</b>	202.07	< 0.001	Altamente significativa
<b>Interacción</b>	10.29	0.0005	Significativa

Los resultados de la Tabla 16 junto con la figura 11, evidencian una diferencia altamente significativa entre los niveles de sustitución, observándose una marcada tendencia creciente del contenido de grasa conforme aumenta el porcentaje de reemplazo, lo cual coincide con lo planteado por (García, 2020), quien señala que valores elevados del estadístico *F* reflejan efectos consistentes y estructuralmente fuertes dentro del modelo experimental. Asimismo, la temperatura presenta un efecto altamente significativo, registrándose mayor contenido de grasa a 160 °C que a 130 °C, fenómeno que puede asociarse a cambios fisicoquímicos inducidos por el tratamiento térmico, como concentración por pérdida de humedad o modificaciones en la matriz del alimento, tal como explica (Cavero, 2015) en estudios de procesamiento térmico. A diferencia de otros casos donde los factores actúan de manera independiente, la interacción significativa ( $p < .001$ ) indica que el efecto del porcentaje de sustitución depende de la temperatura aplicada; según (Cali, 2016), cuando existe interacción significativa, los efectos principales no deben interpretarse aisladamente, ya que la respuesta del sistema varía en función de la combinación específica de los factores experimentales, lo que sugiere un comportamiento dependiente y dinámico entre sustitución y temperatura en el contenido de grasa.

**Figura 11**  
Resultados ANOVA grasa



**a) Gráfico de interacción**

- Ambas temperaturas muestran tendencia creciente.
- La diferencia entre 130°C y 160°C aumenta en niveles altos.
- A 10% y 15% la separación es mayor.

Esto confirma interacción significativa.

**b) Efecto principal de Sustitución**

Incremento progresivo: 0% < 5% < 10% < 15%

Nivel máximo: **15%**

### c) Efecto principal de Temperatura

160 °C > 130 °C en todos los niveles.

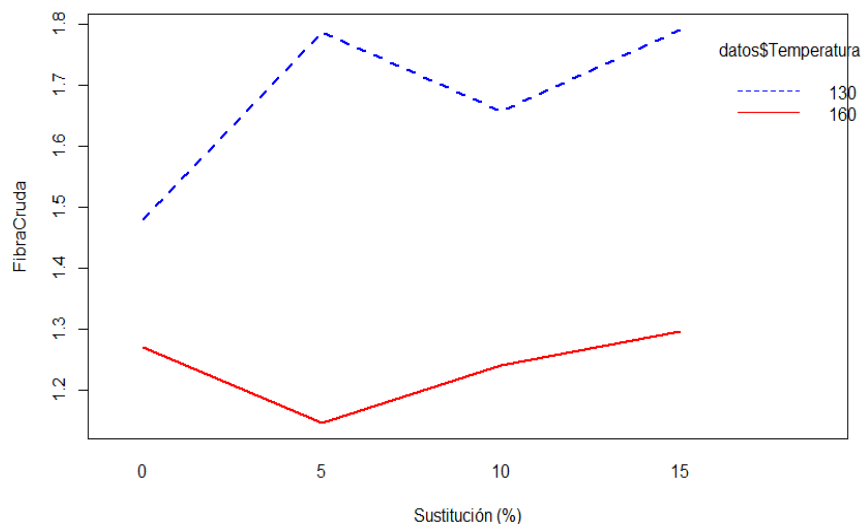
De acuerdo con la figura 11, el análisis de varianza bifactorial evidenció que la sustitución y la temperatura influyen significativamente en el contenido de grasa ( $p < 0.001$ ). Además, se detectó interacción significativa entre ambos factores, indicando que el efecto del porcentaje de sustitución varía según la temperatura aplicada. El mayor contenido de grasa se obtuvo al 15% de sustitución y 160 °C.

#### 4.1.4 Resultados ANOVA fibra cruda.

En este apartado se presentan los resultados estadísticos obtenidos para el contenido de fibra cruda, como parte del análisis comparativo entre los tratamientos evaluados.

#### Figura 12

*Resultados ANOVA fibra cruda*



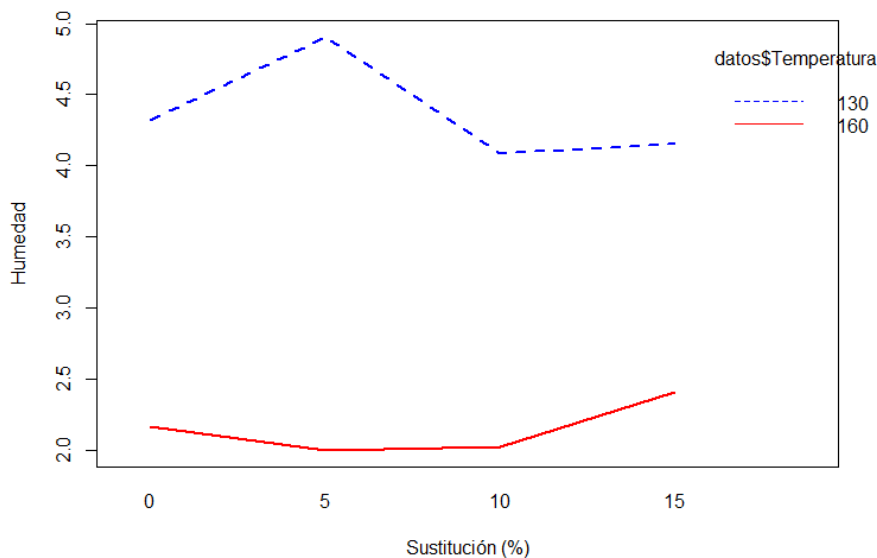
El análisis de varianza bifactorial de la figura 12 mostró efectos significativos de la temperatura y la sustitución sobre el contenido de fibra cruda. Asimismo, se detectó una interacción significativa entre ambos factores, indicando que el efecto del porcentaje de sustitución depende del nivel de temperatura aplicado. Los mayores valores de fibra se obtuvieron a 130 °C.

#### 4.1.5 Resultados estadísticos ANOVA humedad.

En esta sección se muestran los resultados estadísticos correspondientes al parámetro humedad, derivados del análisis realizado a los tratamientos experimentales.

**Figura 13**

*Resultados ANOVA humedad.*



##### a) Interacción Sustitución × Temperatura

Esto indica: El efecto del porcentaje de sustitución depende de la temperatura aplicada, existe interacción entre los factores.

De acuerdo con la figura 13 el análisis de varianza bifactorial mostró efectos significativos de la temperatura y del porcentaje de sustitución sobre el contenido de humedad ( $p < 0.05$ ). Asimismo, se detectó una interacción significativa entre ambos factores, indicando que el efecto de la sustitución depende del nivel de temperatura aplicado. Los mayores valores de humedad se registraron a 130 °C, mientras que a 160 °C se observó una reducción considerable en todos los niveles de sustitución.

## 4.2 RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

### 4.2.1 Resultados fisicoquímicos cenizas

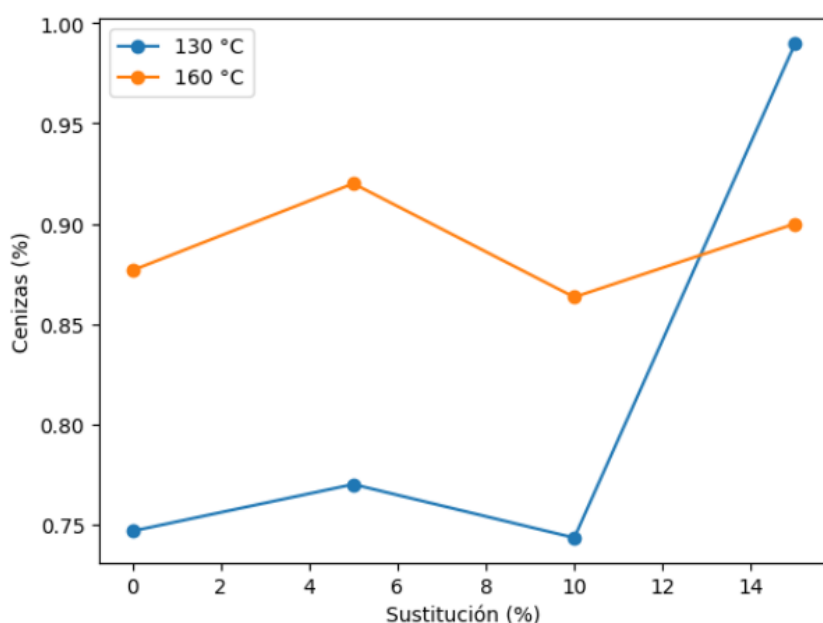
La investigación evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo con cáscara de mandarina (0 %, 5 %, 10 %, 15 %), bajo dos temperaturas de horneado (130 °C y 160 °C),

midiendo el contenido de cenizas indicador del contenido mineral o de compuestos no orgánicos en las galletas.

Se pudieron observar que mientras se aumenta la sustitución de cáscara de mandarina, tienden a incrementar contenido de cenizas, especialmente a 15 %, para 130 °C: los valores medios de ceniza pasan de ~0,75 % (control) hasta ~0,99–1,00 % con 15 % sustitución.

#### Figura 14

*Medias del contenido de cenizas (%) en galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de cáscara de mandarina y temperaturas de horneado*



#### a) Cenizas como indicador nutricional

El contenido de cenizas está relacionado con el contenido de minerales totales que quedan después de quemar la materia orgánica. Un aumento en cenizas indica:

- Mayor presencia de minerales (Ca, K, Mg, P) provenientes de la cáscara de mandarina.
- Mayor aporte de compuestos no digeribles o resistentes (fibra mineral asociada).
- Cambios estructurales en la masa debido a sustitución de almidón por fibra.

García (2020) en su estudio incorporó harina de cáscara de maracuyá (passion fruit peel) en galletas en niveles hasta 30 %. Se observó que las formulaciones con mayor sustitución tuvieron mayores contenidos de ceniza y fibra en comparación con el control, representando enriquecimiento nutricional sin afectar negativamente atributos sensoriales significativos. En galletas enriquecidas con harina de cáscara de mango se observó que el contenido de cenizas

aumentó significativamente en las galletas enriquecidas respecto al control, los atributos sensoriales olor, textura, aceptabilidad no se vieron negativamente afectados y esto respalda la observación de incremento de ceniza con mayor sustitución.

Otros trabajos que sustituyeron harina de trigo parcial con harinas de cáscara de frutas naranja, piña, también reportan diferencias en parámetros bromatológicos incluyendo cenizas y fibra, que dependen del porcentaje de sustitución (Chávez, 2018).

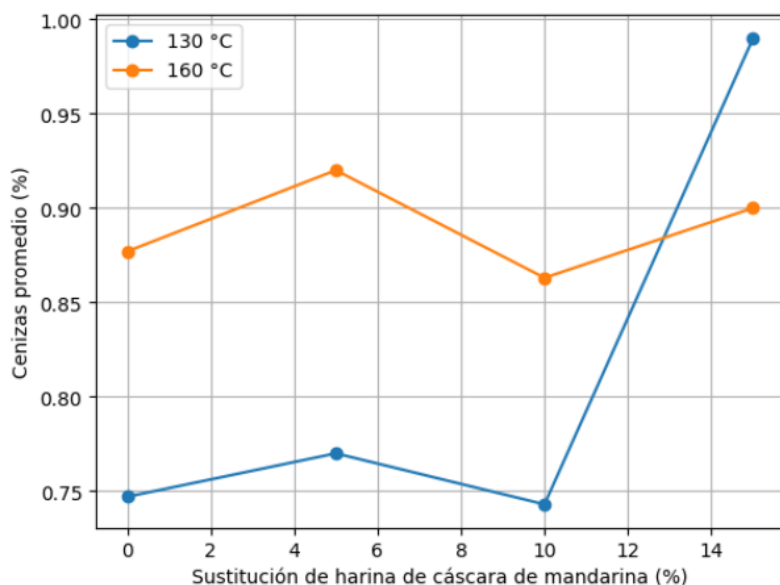
En función a la comparación de las variables de temperatura y sustitución, es importante mencionar que a menor T (130 °C): se evidenciaron que los aumentos del contenido de ceniza con sustitución fueron más pronunciados, mientras que a mayor T (160 °C): las diferencias entre niveles tienden a atenuarse o ser menos marcadas. Esto se debe, a que una mayor temperatura favorece reacciones térmicas que alteran la composición mineral percibida o reduce el contenido hidrosoluble de algunas cenizas, afectando la retención de minerales (Bianco, Capote, & Garmendia, 2014).

Los resultados de la figura 14 coinciden con tendencias observadas en otras investigaciones sobre sustitución de harina por harinas de cáscara de fruta/subproductos, donde aumenta ceniza y fibra a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución. A su vez la aceptabilidad final de las galletas enriquecidas generalmente depende del tipo de cáscara, porcentaje usado y procesamiento, estudios reportan que hasta niveles moderados (10–30 %) se puede enriquecer nutricionalmente sin comprometer sensorialmente el producto (García, 2020).

En función a ello, se puede mencionar en lo que respecta a las tendencias nutrimentales, el incremento de cenizas con sustitución indica mayor aporte mineral, las temperaturas más altas (160 °C) tienden a reducir diferencias nutricionales entre sustituciones, posiblemente por reacciones térmicas (Chengli, 2019).

### Figura 15

*Efecto del porcentaje de sustitución de harina de cáscara de mandarina y la temperatura de horneado sobre el contenido promedio de cenizas en galletas.*



En la figura 15 se puede evidenciar que: el 15 % de sustitución muestra los valores más altos de cenizas, a 130 °C, el aumento es más evidente que a 160 °C., los valores tienden a estabilizarse. Es importante mencionar que la sustitución tuvo efecto significativo sobre las cenizas, la temperatura tuvo efecto significativo, finalmente se puede decir que existe interacción significativa, es decir, la temperatura modifica el efecto de la sustitución.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por autores como (Garcia, 2020) que han utilizado subproductos de frutas en productos de panificación. Investigaciones con harina de cáscara de maracuyá, mango y naranja han demostrado incrementos significativos en el contenido de cenizas debido a su mayor concentración de minerales como calcio, potasio y magnesio, en comparación con la harina de trigo refinada, la cual posee bajo contenido mineral.

En el presente estudio, las formulaciones con 15 % de sustitución presentaron valores promedio cercanos a 1,00 % de cenizas a 130 °C, superando notablemente al tratamiento testigo (0,747 %). Este incremento puede atribuirse a la composición mineral natural de la cáscara de mandarina, la cual contiene elementos inorgánicos asociados a la estructura celular vegetal.

Asimismo, se observó que la temperatura de horneado influyó significativamente en el contenido de cenizas ( $p < 0,001$ ).

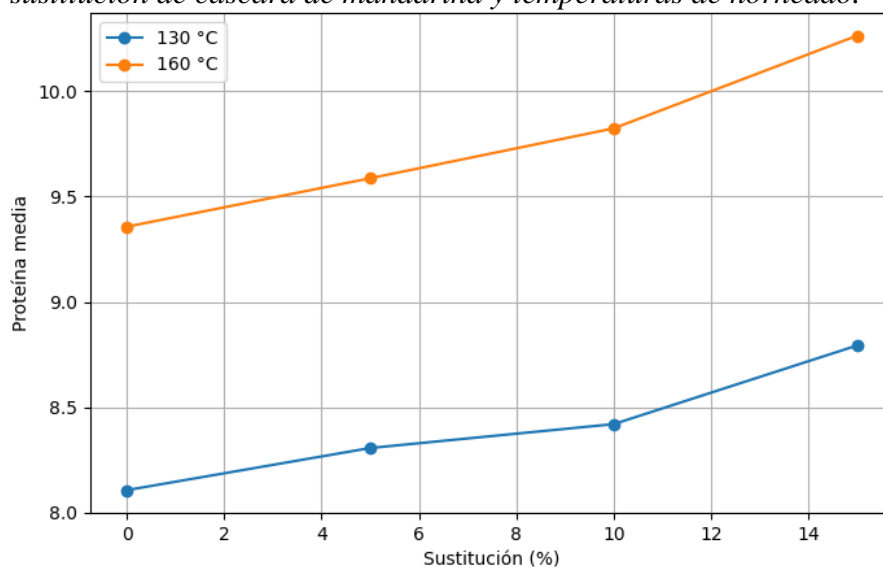
#### 4.2.2 Resultados fisicoquímicos proteína

Se obtuvo como efecto de la sustitución, que, a mayor porcentaje de sustitución de harina de trigo por cáscara de mandarina, mayor es el contenido de proteína en las galletas, tanto a 130 °C como a 160 °C como se muestra en la figura 16, en la cual se puede evidenciar, que existe un incremento progresivo de proteína conforme aumenta la sustitución. A 160 °C, todos los valores de proteína son más altos que a 130 °C, esto no significa que se genere más proteína, sino que ocurre una concentración por pérdida de humedad y otros compuestos volátiles durante el horneado (Shyu, 2014).

La harina de trigo refinada presenta un contenido proteico relativamente constante, pero durante el proceso de refinación se eliminan fracciones ricas en fibra, minerales y proteínas asociadas a la pared celular. Las cáscaras de cítricos, incluyendo la mandarina, contienen: proteínas estructurales, aminoácidos libres, enzimas residuales, proteínas asociadas a fibra dietética, esto explica por qué su incorporación eleva el contenido proteico total del producto (Huijuan, 2018).

**Figura 16**

*Medias del contenido de proteína (%) en galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de cáscara de mandarina y temperaturas de horneado.*



Nota. Los valores corresponden a la media de tres repeticiones por tratamiento

Pérez et al. (2023) reportaron que al sustituir harina de trigo por harina de cáscara de mango en niveles del 5 al 20 %, el contenido de proteína aumentó progresivamente. El incremento se atribuyó a la mayor concentración de proteínas estructurales y al efecto de

concentración durante el horneado. La presente investigación muestra exactamente el mismo patrón: mayor sustitución, mayor proteína.

De igual manera la investigación llevada a cabo con Ajila et al. (2010) indica que los residuos de frutas contienen proteínas unidas a polisacáridos estructurales que no se eliminan durante el procesamiento, por lo que su incorporación en matrices de harina refinada mejora el perfil nutricional del producto, estos resultados coinciden con la presente investigación donde el 15 % de sustitución presenta los valores más altos de proteína.

Sudha et al. (2021) mencionan que las formulaciones con subproductos de frutas mostraron incrementos no solo en fibra, sino también en proteína total, debido a la presencia de proteínas asociadas a la pared celular vegetal, esto respalda la tendencia creciente de proteína con mayor sustitución. De igual manera Fellows (2009) menciona que el aumento aparente de proteína en productos horneados a mayor temperatura se debe principalmente a la concentración de sólidos como resultado de la pérdida de humedad, esto explica por qué los tratamientos a 160 °C muestran valores más altos que a 130 °C.

Este patrón concuerda con lo reportado por Pérez et al. (2023), quienes observaron incrementos significativos de proteína en galletas enriquecidas con harina de cáscara de mango, atribuyendo este efecto a la presencia de proteínas estructurales y al efecto de concentración generado durante el horneado. De manera similar, Ajila et al. (2010) mencionan que los subproductos de frutas contienen fracciones proteicas asociadas a la matriz fibrosa, las cuales no son eliminadas durante el procesamiento y contribuyen al valor nutricional del producto.

Esto resalta la importancia de optimizar ambas variables para obtener un producto con mejor perfil nutricional sin comprometer las propiedades tecnológicas y sensoriales.

#### **4.2.3 Resultados fisicoquímicos grasa**

A partir de los datos de la figura 17, se observa una tendencia clara en el contenido de grasa, influenciada tanto por el porcentaje de sustitución como por la temperatura de horneado. El contenido de grasa aumenta con la sustitución de harina de trigo por cáscara de mandarina, los tratamientos a 160 °C presentan valores más altos que los de 130 °C, el mayor contenido de grasa se observó en el tratamiento de 15 % de sustitución a 160 °C (21,28 %), la variabilidad entre repeticiones es baja, lo que indica buena reproducibilidad experimental.

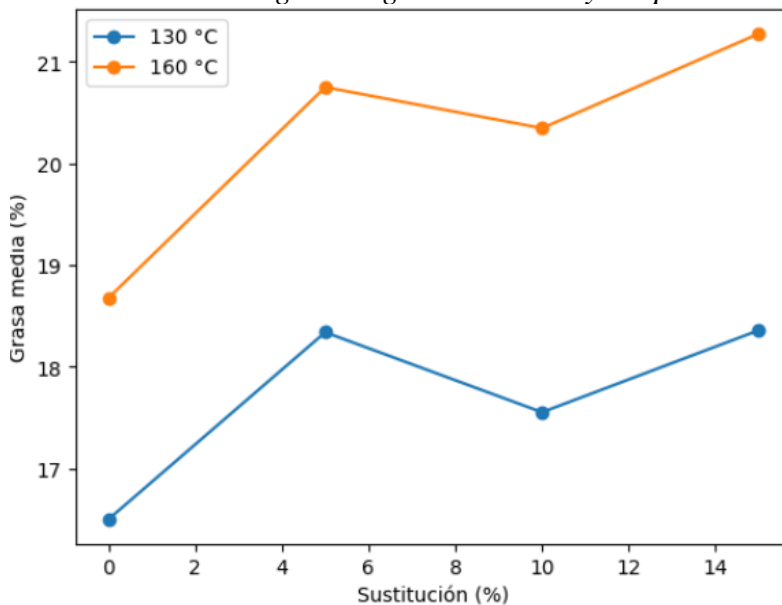
Aunque la cáscara de mandarina no es una fuente grasa, su incorporación modifica la estructura de la matriz de la galleta, lo cual puede influir en: La retención de lípidos, la

absorción de grasa durante el mezclado, la distribución de grasa en la matriz y la pérdida de humedad durante el horneado (Kausar, 2024).

Las fibras presentes en las cáscaras cítricas pectinas, hemicelulosas, celulosas poseen alta capacidad de retención de lípidos, lo que explica el aumento aparente del contenido graso en el producto final. Además, se puede mencionar que, a mayor temperatura, se produce una mayor pérdida de agua, lo que genera un efecto de concentración de sólidos, elevando el porcentaje relativo de grasa (Xueli, 2014).

**Figura 17**

*Contenido medio de grasa según sustitución y temperatura*



Asimismo, Fernández (2023) indica que los subproductos cítricos modifican la estructura de la masa, promoviendo una mayor interacción entre grasa y polisacáridos, lo que resulta en una mayor estabilidad lipídica y, por ende, un mayor contenido final.

El efecto de la temperatura fue también determinante. Los tratamientos a 160 °C presentaron valores más altos de grasa en comparación con los de 130 °C, lo cual puede atribuirse a la mayor pérdida de humedad y a la concentración relativa de sólidos. Fellows (2009) y Manley (2011) explican que este fenómeno es común en productos horneados y no implica una síntesis de grasa, sino un efecto de concentración. La interacción entre sustitución y temperatura demuestra que ambos factores actúan de manera conjunta sobre la composición final del producto, siendo el tratamiento con 15 % de sustitución a 160 °C el que presentó el mayor valor de grasa.

#### 4.2.4 Resultados fisicoquímicos fibra cruda

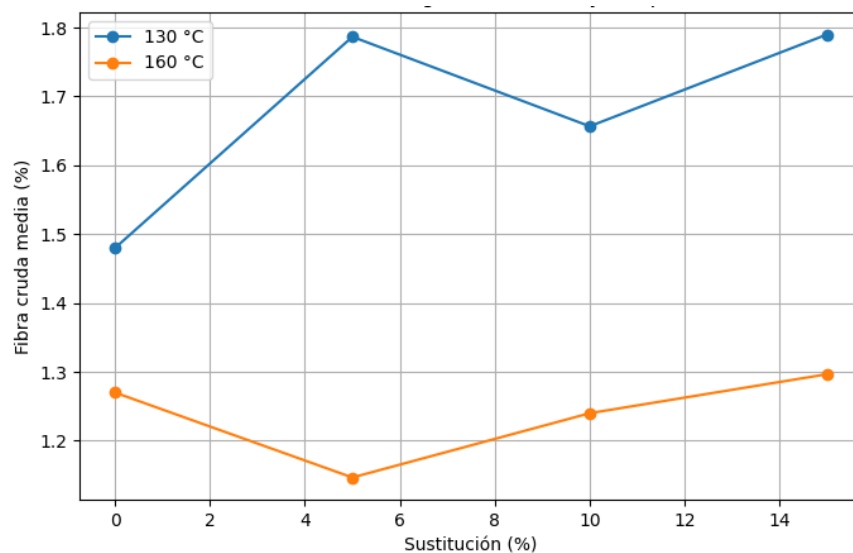
La fibra cruda es uno de los componentes más relevantes al evaluar el uso de subproductos vegetales, ya que las cáscaras de frutas son reconocidas por su alto contenido de fibra dietética, principalmente celulosa, hemicelulosa y pectinas (Ayala, 2011).

La Figura 18 muestra una tendencia clara: la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de mandarina incrementa el contenido de fibra cruda en las galletas, aunque este efecto depende de la temperatura de horneado. A 130 °C, la sustitución genera un incremento evidente de la fibra cruda respecto al testigo, a 160 °C, los valores son menores en general, lo que sugiere un posible efecto de degradación térmica de algunos componentes fibrosos, el mayor contenido de fibra cruda se observa en los tratamientos con 5 % y 15 % a 130 °C, finalmente a temperaturas más altas, la fibra tiende a disminuir, probablemente por solubilización de pectinas y modificaciones estructurales (Chumo & Rodríguez, 2018).

La cáscara de mandarina es rica en: celulosa, hemicelulosa, pectinas y lignina, estos compuestos son los responsables del incremento de fibra cruda cuando se incorporan a matrices basadas en harina refinada, como la harina de trigo, la cual posee bajo contenido de fibra debido al proceso de refinación. Sin embargo, la fibra es sensible a tratamientos térmicos prolongados y temperaturas elevadas, lo que puede provocar: despolimerización, solubilización y pérdida de estructura, esto explica los valores menores observados a 160 °C (Elleuch, 2011).

**Figura 18**

*Fibra cruda media según sustitución y temperatura*



#### 4.2.5 Resultados de la determinación de humedad y ácido ascórbico-vitamina C

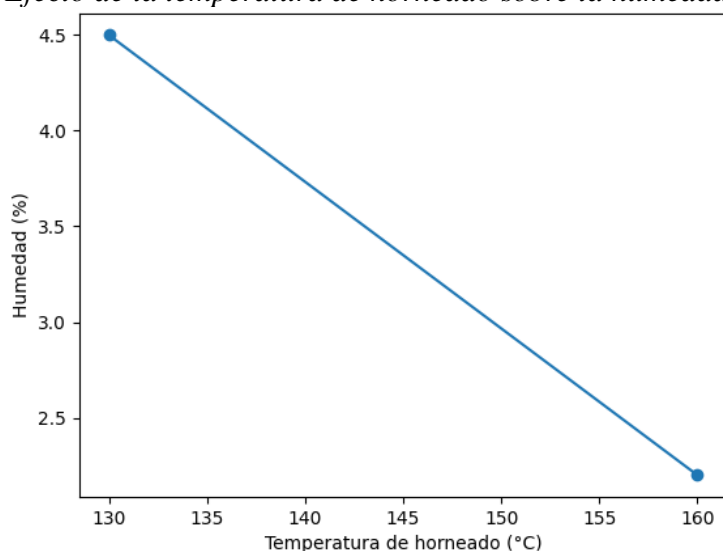
El presente análisis se basa en los informes de laboratorio N.º 88, 89, 90 y 91 del año 2025 emitidos por Alfanalítica S.A.S., correspondientes a la determinación de humedad (AOAC 930.15) y ácido ascórbico vitamina C (AOAC 967.21) en galletas elaboradas con harina de cáscara de mandarina y en la harina como materia prima.

Las muestras evaluadas incluyen: Galletas con harina de cáscara de mandarina horneadas a 130 °C por 15 min (Informe 88-2025), galletas con harina de cáscara de mandarina horneadas a 160 °C por 15 min (Informe 89-2025), la harina de cáscara de mandarina (Informe 90-2025), el contenido de vitamina C en galletas con harina de cáscara de mandarina (Informe 91-2025).

##### a) Análisis del contenido de humedad

#### Figura 19

*Efecto de la temperatura de horneado sobre la humedad de las galletas*



Los resultados de humedad de la figura 19 muestran valores aproximados de: Galletas a 130 °C: entre 4,1 % y 4,9 %, galletas a 160 °C: entre 2,0 % y 2,45 % y la harina de cáscara de mandarina: 12,02 %.

Estos datos evidencian una disminución significativa del contenido de humedad al aumentar la temperatura de horneado, lo cual es consistente con los principios de transferencia de calor y evaporación del agua durante los procesos térmicos.

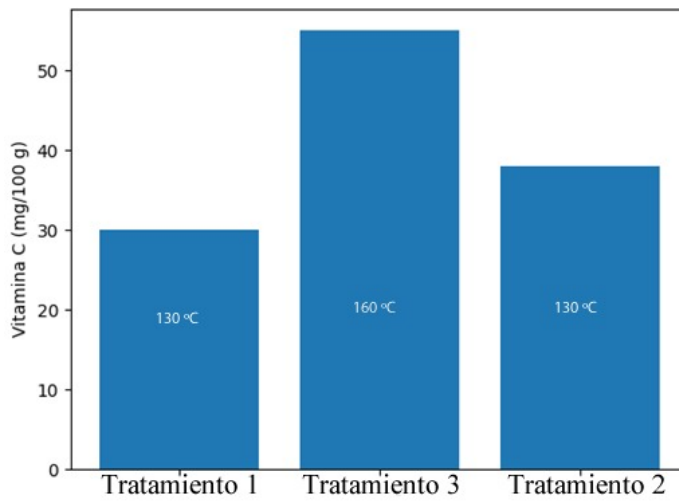
Diversos estudios coinciden en que el incremento de la temperatura de horneado reduce el contenido de humedad en productos tipo galleta, mejorando su estabilidad microbiológica y

vida útil. Según Fellows (2017) indica que productos horneados con humedad inferior al 5 % presentan menor riesgo de deterioro microbiano. Manley (2011) reporta valores típicos de humedad en galletas entre 2–5 %, similares a los observados en los informes 88 y 89.

## b) Análisis del contenido de vitamina C

**Figura 20**

*Contenido de vitamina C en galletas de cascará de mandarina*



En la figura 20 se evidencia el contenido de ácido ascórbico reportado para las galletas con harina de cáscara de mandarina fue de: 30 a 55 mg/100 g, dependiendo del tratamiento, estos valores reflejan que, pese al tratamiento térmico, las galletas conservan una fracción relevante de vitamina C proveniente de la cáscara de mandarina.

USDA (2023) señala que la cáscara de cítricos contiene concentraciones apreciables de vitamina C, aunque menores que la pulpa fresca. Es importante mencionar que Igual et al. (2010) demostraron que los procesos térmicos reducen la vitamina C entre 30–60 %, dependiendo de la temperatura y el tiempo, finalmente Khan et al. (2015) reportaron que productos horneados enriquecidos con subproductos de cítricos mantienen niveles funcionales de vitamina C, incluso tras horneado.

En este contexto, los valores observados en el informe 91-2025 son coherentes con lo descrito por la literatura, confirmando que la harina de cáscara de mandarina puede considerarse un ingrediente funcional, aportando compuestos bioactivos aun después del horneado.

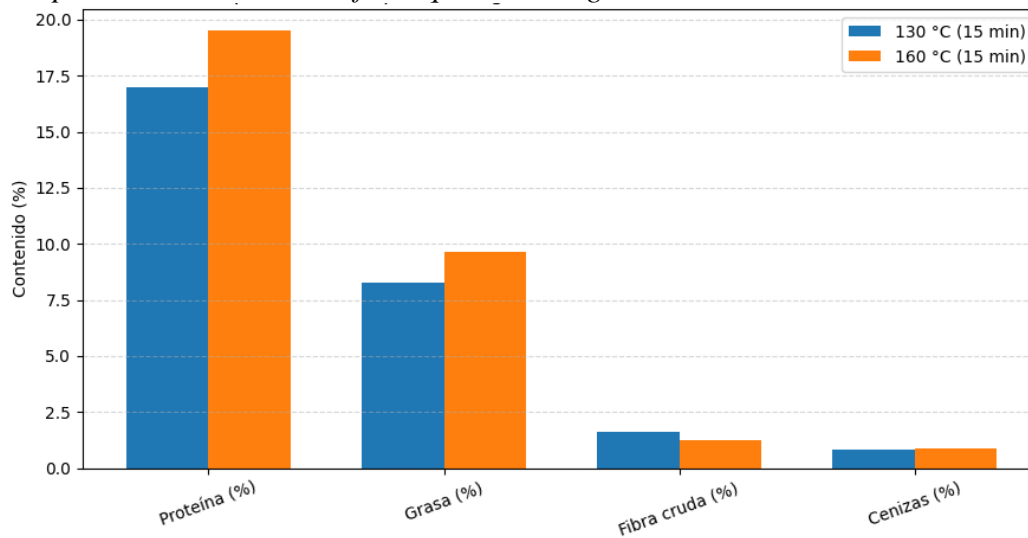
#### 4.2.6 Resultados fisicoquímicos de galletas con la inclusión de harina de cascara de mandarina.

Los informes de laboratorio N.º 80-2025 y 81-2025, emitidos por Alfanalítica S.A.S., presentan resultados de proteína, grasa, fibra cruda y cenizas, determinados mediante métodos oficiales AOAC. Las muestras corresponden a galletas con inclusión de harina de cáscara de mandarina, evaluadas bajo dos tratamientos térmicos distintos.

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de las galletas elaboradas con harina de cáscara de mandarina, sometidas a dos tratamientos térmicos (130 °C y 160 °C durante 15 minutos), se resumen en la Figura 21. Los valores corresponden al promedio de las réplicas analizadas en laboratorio mediante métodos oficiales AOAC.

**Figura 21**

*Comparación de resultados fisicoquímicos de galletas con harina de cáscara de mandarina*



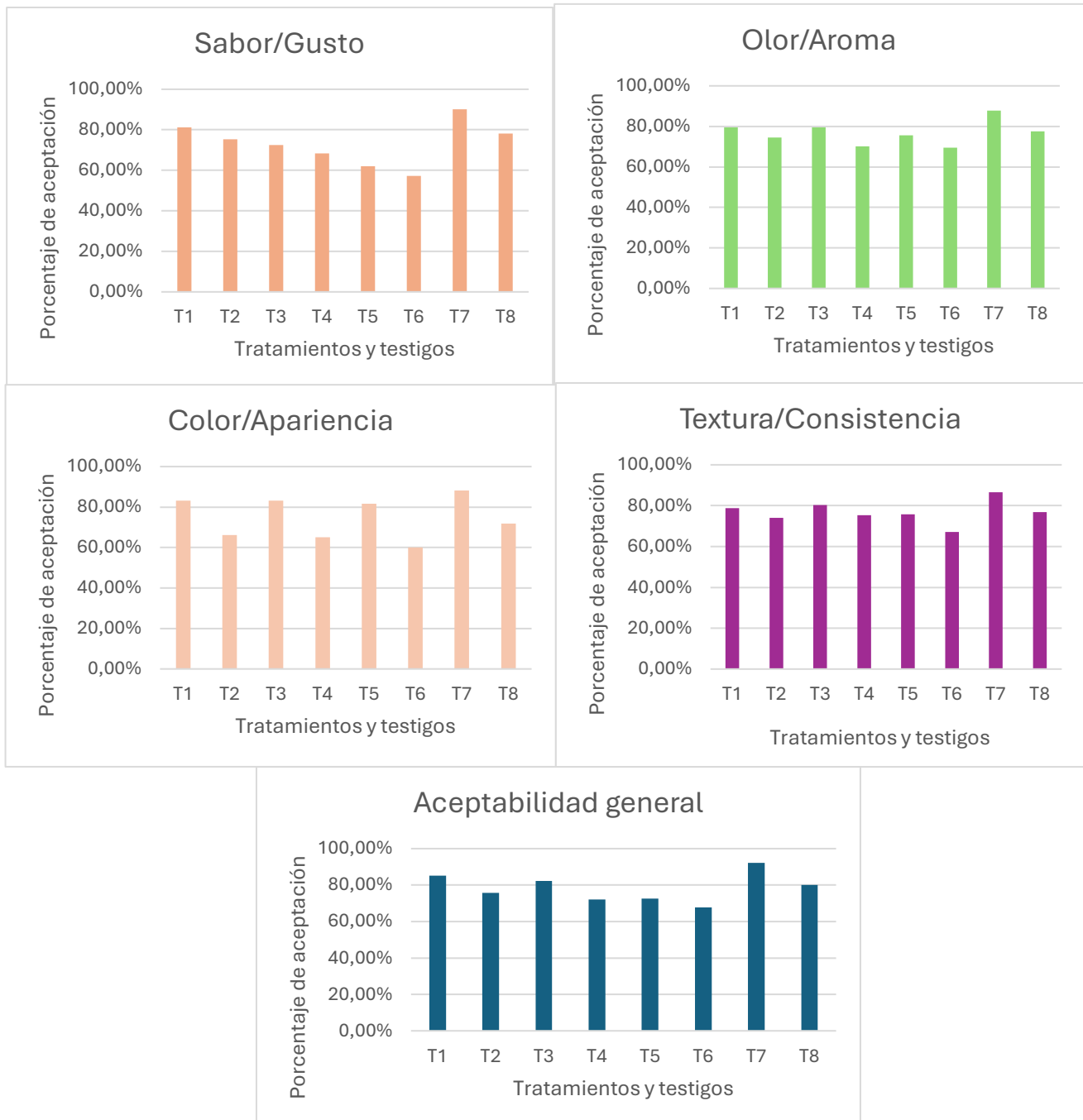
Los resultados evidencian que el tratamiento térmico influye principalmente en la concentración relativa de los nutrientes, sin alterar de forma significativa su naturaleza química. En lo que respecta a la proteína el mayor contenido proteico observado en las galletas horneadas a 160 °C puede atribuirse a una mayor pérdida de humedad durante el proceso de horneado, lo que incrementa la concentración relativa de sólidos. En este estudio, la presencia de fibra cítrica pudo facilitar este fenómeno.

La fibra cruda mostró valores elevados en ambos tratamientos, confirmando el aporte significativo de la harina de cáscara de mandarina. La leve disminución observada a 160 °C podría estar relacionada con la degradación parcial de componentes fibrosos solubles, efecto también reportado por Sudha et al. (2007) en productos de panificación enriquecidos con fibra.

### 4.3 ACEPTABILIDAD SENSORIAL

La aceptabilidad sensorial se la manejo por: sabor, olor, textura y color a continuación se muestran los resultados obtenidos:

**Figura 22**  
*Aceptabilidad sensorial de los atributos evaluados*



La Figura 22 muestra de manera clara cómo fueron percibidos sensorialmente los tratamientos (T1–T8) en los atributos sabor/gusto, olor/aroma, color/apariencia y textura/consistencia. A partir de los resultados, se pueden observar diferencias que permiten identificar cuáles formulaciones generaron mayor agrado en los evaluadores.

En el atributo sabor/gusto, el Tratamiento 7 (T7) obtuvo la puntuación más alta, lo que refleja una mayor preferencia en comparación con los demás tratamientos. Le siguen T1 y T8 con valores también favorables. En cambio, T6 presentó la calificación más baja, evidenciando una menor aceptación en este aspecto.

En relación con el olor/aroma, T7 volvió a destacar al alcanzar el mayor puntaje, mientras que T5 registró el valor más bajo. Los tratamientos T1 y T3 mantuvieron puntuaciones similares y relativamente altas, lo que indica que fueron percibidos de manera positiva en términos aromáticos.

Para el atributo color/apariencia, T7 se posicionó nuevamente como el mejor evaluado, seguido por T1 y T3. Por el contrario, T6 y T4 obtuvieron las calificaciones más bajas, lo que sugiere que su apariencia resultó menos atractiva para los panelistas.

En cuanto a la textura/consistencia, T7 alcanzó el valor más alto, confirmando su buen desempeño también en este parámetro. T3 y T1 presentaron resultados intermedios-altos, mientras que T6 volvió a situarse entre los tratamientos con menor aceptación.

En relación con la aceptabilidad general, se observa que T7 obtuvo la mayor puntuación global, seguido de T1 y T8, confirmando su consistencia en todos los atributos evaluados. En contraste, T6 presentó la menor aceptabilidad general, coherente con su desempeño en los parámetros individuales.

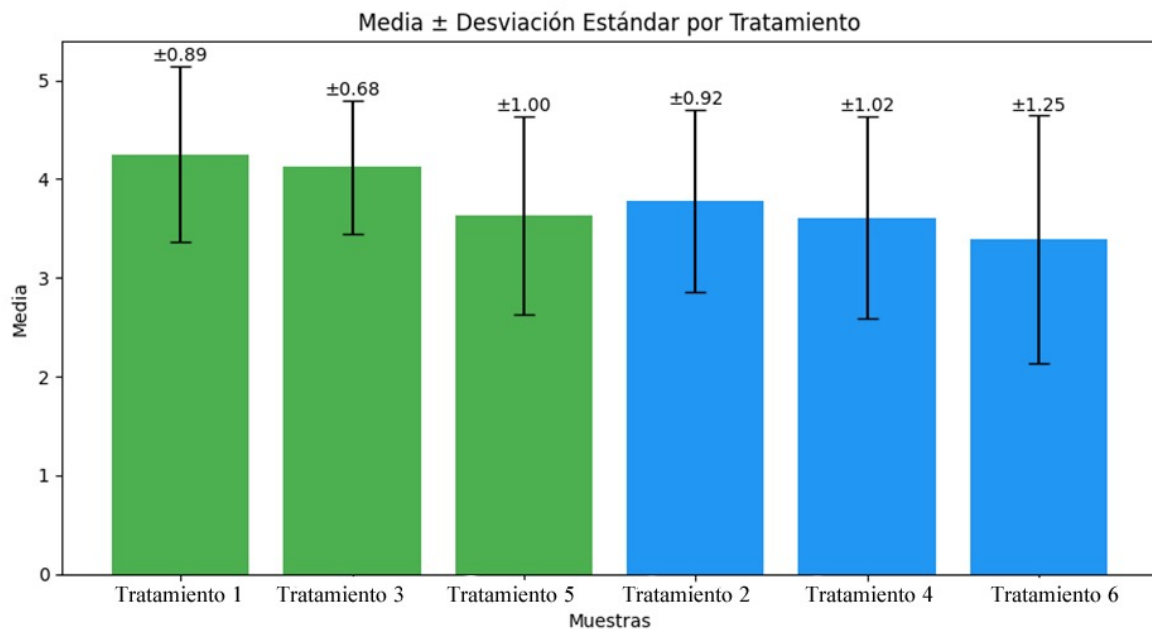
En términos generales, los resultados indican que el Tratamiento 7 logró la mayor aceptación sensorial integral, destacándose como la alternativa con mejor desempeño global. Por el contrario, el Tratamiento 6 evidenció las puntuaciones más bajas en la mayoría de los atributos, lo que sugiere una menor influencia positiva en la percepción sensorial del producto. Estos hallazgos permiten inferir que T7 optimiza de manera consistente las características organolépticas evaluadas.

Por otro lado, el análisis sensorial de las galletas elaboradas con harina integral y diferentes proporciones de cáscara de mandarina se realizó mediante una escala hedónica de cinco puntos, con el fin de evaluar la aceptabilidad general de cada formulación. Los resultados

obtenidos corresponden a la evaluación de 51 jueces no entrenados, quienes calificaron seis formulaciones válidas. Los valores promedio y la desviación estándar de cada muestra se presentan en la Figura 23.

**Figura 23**

*Resultados del análisis sensorial de aceptación general*



Los resultados evidencian diferencias claras en la aceptabilidad general entre las formulaciones evaluadas. La muestra tratamiento 1 presentó la mayor puntuación promedio (4,25), ubicándose dentro de la categoría “me agrada”, lo que indica una alta aceptación por parte de los evaluadores.

Las formulaciones con altas concentraciones de cáscara presentaron una disminución en la aceptabilidad, por lo que se recomienda optimizar la proporción de este ingrediente para equilibrar los beneficios funcionales con la aceptación sensorial del producto.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Una vez analizado todos los resultados, se pudo evidenciar que la incorporación de harina de cáscara de mandarina presentó un alto contenido de fibra y vitamina C, considerados compuestos funcionales en la panificación; las características fisicoquímicas y el perfil nutricional del producto final, convierten a esta harina en una materia prima viable para la sustituir de forma parcial la harina de trigo, generando un producto final factible para su consumo.

Se establece que la temperatura de 160 °C favorece a que el producto final presente un mayor contenido de proteína y grasa, mientras que a una temperatura menor (130 °C) permite conservar la fibra cruda, siendo fundamental, el control térmico para optimizar la calidad nutricional de las galletas.

Los resultados del análisis sensorial indicaron que las formulaciones con niveles bajos y medios de sustitución (5 % y 10%) presentaron mayor aceptabilidad general, manteniendo características sensoriales similares al producto control. Esto sugiere la existencia de un nivel óptimo de incorporación que permite mejorar el perfil nutricional sin comprometer la preferencia del consumidor.

Considerando el balance entre calidad nutricional, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial, la formulación con 10 % de sustitución representa la alternativa más adecuada para la elaboración del producto, al ofrecer una mejora significativa en el contenido de fibra sin afectar negativamente a percepción sensorial.

El aprovechamiento de la cáscara de mandarina como ingrediente alternativo en matrices alimentarias sólidas constituye una estrategia eficaz de valorización de residuos agroindustriales, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y alineándose con los principios de economía circular y desarrollo de alimentos funcionales. De esta manera, se acepta la hipótesis alternativa planteada en esta investigación.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que futuras formulaciones industriales utilicen niveles de sustitución entre 5 % y 10 %, dado que estos porcentajes optimizan el balance entre valor nutricional, calidad tecnológica y aceptación sensorial.

Se sugiere realizar estudios más profundos sobre la biodisponibilidad de la fibra y la vitamina C presentes en la harina de cáscara de mandarina, con el fin de confirmar sus beneficios funcionales en el organismo.

Es recomendable evaluar el impacto de la harina de cáscara de mandarina en la vida útil, estabilidad oxidativa y microbiológica de las galletas durante el almacenamiento considerando diferentes condiciones ambientales.

Se propone investigar la aplicación de tratamientos tecnológicos alternativos (microencapsulación, fermentación o pretratamientos enzimáticos) que permitan mejorar las propiedades sensoriales y funcionales de la harina de cáscara de mandarina.

Finalmente, se recomienda promover la integración de subproductos cítricos en la industria alimentaria como una alternativa para el desarrollo de alimentos funcionales sostenibles, contribuyendo a la reducción de residuos, al aprovechamiento de recursos locales y a la innovación en productos de panificación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M., Mesejo, C., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., Zaragoza, S., & Primo-Millo, E. (2020). El tamaño del fruto en los cítricos. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*, 57.
- Ajila. (2010). Polvo de cáscara de mango: una fuente potencial de antioxidantes y fibra dietética en preparaciones de macarrones. *Ciencia de los alimentos innovadora y tecnologías emergentes*, 219-224. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.004>
- Ayala. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 1866-1874. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>
- Be Chef. (2022). *La harina de trigo*. Obtenido de Be Chef - Escuela de Pastelería: <https://bechefpastryschool.com/curiosidades/la-harina-de-trigo/>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (Tercera ed.). (O. Fernández Palma, Ed.) Colombia: PEARSON EDUCATION.
- Bianco, H., Capote, T., & Garmendia, C. (2014). Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 45(2), 50-63. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772014000200004&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004&lng=es).
- Bolívar, G. (2020). *Determinación de cenizas: métodos y ejemplos*. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/determinacion-de-cenizas/>
- Cali, M. (2016). *ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE GALLETAS A BASE DE HARINA DE TRIGO (Triticum aestivum) CON SEMILLA DE CHÍA (Salvia hispánica)*. (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Bioquímica y Farmacia. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5038>
- Castillo, G. (2023). *Determinación de capacidad antioxidante en alimentos*. Obtenido de TSI Life Science: <https://www.tecnosolucionescr.net/blog/786-determinacion-de-capacidad-antioxidante-en-alimentos#:~:text=La%20determinaci%C3%B3n%20de%20la%20capacidad%20antioxidante%20en%20alimentos%20se%20puede,i%C3%B3n%20f%C3%A9rrico%20a%20f%C3%A9rrico>.

- Cavero, M. (2015). *Efecto de la proporción de harina de cáscara de mandarina (Citrus aurantioidea) W. Murcott y harina de trigo integral (Triticum spp) en el porcentaje de fibra dietaria y características sensoriales de galletas integrales*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Agroindustrial, Universidad César Vallejo, Trujillo-Perú.
- Cavero, M. (2015). *Efecto de la proporción de harina de cáscara de mandarina (Citrus aurantioidea) W. Murcott y harina de trigo integral (Triticum spp) en el porcentaje de fibra dietaria y características sensoriales de galletas integrales*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Agroindustrial, Universidad César Vallejo, Trujillo-Perú.
- Chávez. (2018). *Influencia del hogar de las harinas de las frutas y verduras y perfil de la textura y calidad nutricional de una galleta*. Obtenido de [https://agris.fao.org/search/ar/records/669e7a5800eb85b7d72b8b36?utm\\_source=chatgpt.com](https://agris.fao.org/search/ar/records/669e7a5800eb85b7d72b8b36?utm_source=chatgpt.com)
- Chengli. (2019). Effects of Drying Methods and Ash Contents on Heat-Induced Gelation of Porcine Plasma Protein Powder. *Foods*, 140-150. doi:10.3390/foods8040140
- Chumo, N., & Rodríguez, J. (2018). *Influencia del hogar de las harinas de las frutas y verduras y perfil de la textura y calidad nutricional de una galleta*. Obtenido de [https://agris.fao.org/search/ar/records/669e7a5800eb85b7d72b8b36?utm\\_source=chatgpt.com](https://agris.fao.org/search/ar/records/669e7a5800eb85b7d72b8b36?utm_source=chatgpt.com)
- Damian, J. F., Villanueva, E. F., Salmerón, B. G., Ramos, G. G., & Sotomayor, N. A. (2023). Determinación de la capacidad antioxidante en galletas enriquecidas con extracto y harina jengibre (*Zingiber officinale*). *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 228–238. Obtenido de <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.240>
- De Lira, J. (2023). *¿Qué significa la palabra galleta? En otros países no es un alimento*. Obtenido de Radio Fórmula.mx: <https://www.radioformula.com.mx/estilo-de-vida/2023/2/2/que-significa-la-palabra-galleta-en-otros-paises-no-es-un-alimento-748024.html>
- Díaz, J., Totosaús, A., & Pérez, M. (2016). Efecto de la harina de cáscaras de tuna y piña sobre las características fisicoquímicas y texturales de salchichas cocidas inoculadas con bacterias ácido lácticas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 851-856.

- El Periódico de España. (2023). *Beneficios de las cáscaras de mandarina: así puedes preparar una bebida con ellas*. Obtenido de El Periódico de España:  
<https://www.epe.es/es/ocio/gastronomia/20231211/infusion-saludable-cascaras-mandarina-dv-95689035>
- El Universo. (2007). La galleta dulce cautiva más al paladar nacional. *El Universo*. Obtenido de  
<https://www.eluniverso.com/2007/08/20/0001/9/DCF43089F3D14A90B992DF41EF7BC988.html/>
- Elleuch. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 411-421. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077
- Escuela de Hostelería y Turismo ESAH. (2023). *El índice o porcentaje panadero*. Obtenido de Escuela de Hostelería y Turismo ESAH:  
<https://www.estudiahosteleria.com/blog/pasteleria-reposteria/indice-o-porcentaje-panadero#:~:text=En%20el%20porcentaje%20de%20panadero,%2C%20agua%2C%20sal%20y%20levadura.>
- FAO. (2011). *Guide to food quality and safety*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de <https://www.fao.org/home/en/>
- Fellows. (2017). Food processing technology: Principles and practice (4th ed.). Woodhead Publishing, 156-178. doi: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-07003-0>
- Fernández. (2023). *Mejora de la vida útil de panes mediante la incorporación de fibra cítrica*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/63551/TFM-L677.pdf;jsessionid=BE5F6CA5EE1010004C544E26CCD3989B?sequence=1>
- García. (2020). Production optimization of passion fruit peel flour and its incorporation into dietary food. *Food Sci Tevhnol Int.*, 132-139. doi:10.1177/1082013219870011
- García, E., & Fernández, I. (2012). *Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación*. Universitat Politècnica de València , Departamento de Tecnología de Alimentos. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/16339>
- García, E., & Fernández, I. (2012). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte*. Universitat Politècnica de València , Departamento de Tecnología de Alimentos. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/16338>

- Gobierno Provincial de Imbabura. (2020). *Estrategias de Fortalecimiento de las Cadenas de Valor priorizadas (mínimo 9 cadenas de valor). Cadena de Valor de Frutales (Mango, Mandarina, Granadilla, Guanábana)*.
- Guerra. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario. *European Scientific*, 80-96. doi:10.19044/esj.2020.v16n6p12
- Guerra, E., Baños, M., Luna, A., González, N., & Jiménez, R. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario. *European Scientific Journal, ESJ*, 16(6), 1857 – 7881. Obtenido de <https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/12724>
- Haro, A. F., Chisag, E. R., Ruiz, J. P., & Caicedo, J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones: Types and classification of investigations. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(2), 956 – 966. Obtenido de <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>
- Huijuan. (2018). Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. *Food Research International*, 24-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.068>
- Igual, M., García, E., Camacho, M., & Martínez, N. (2010). Effect of thermal treatment on vitamin C content in fruit products. *Journal of Food Engineering*, 18-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.09.015>
- Kaur. (2025). Upcycling Citrus Waste into Functional Cookies: Sensory Acceptability, Shelf-Life Evaluation, and Consumer Perspectives. *Food Technology & Management*, 40-65. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/391913282\\_Upcycling\\_Citrus\\_Waste\\_into\\_Functional\\_Cookies\\_Sensory\\_Acceptability\\_Shelf-Life\\_Evaluation\\_and\\_Consumer\\_Perspectives](https://www.researchgate.net/publication/391913282_Upcycling_Citrus_Waste_into_Functional_Cookies_Sensory_Acceptability_Shelf-Life_Evaluation_and_Consumer_Perspectives)
- Kausar. (2024). Development and quality evaluation of cookies enriched with various levels of grapefruit pomace powder. *Discov Food* 4,65, 65. doi: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00148-x>
- Khan, M., Abert, M., Fabiano, A., Dangles, O., & Chemat, F. (2015). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from citrus peels. *Ultrasonics Sonochemistry*, 312-320. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.06.010>
- Larousse Cocina. (2024). *Historia de las galletas ¿cómo eran y cómo son?* Obtenido de Larousse Cocina: <https://laroussecocina.mx/blog/historia-de-las-galletas-como-eran-y-como-son/>

- Leal, M., & Palacios, M. (2016). *Caracterización bromatológica y microbiológica a de harina elaborada a partir de residuos de mandarina criolla (citrus reticulata) producida Villa Sucre. municipio de Arboledas. Norte de Santander*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/2905>
- Manley. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies (4th ed.)*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9781845697709/manleys-technology-of-biscuits-crackers-and-cookies>
- Martínez. (2012). Oxidative stability of bread enriched with flaxseed and soybean flour. *ood Science and Technology*, 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.019>
- Melgar, G. (2009). *Diferencias entre harina integral y otras harinas*. Obtenido de El poder del consumidor: <https://elpoderdelconsumidor.org/2009/02/diferencias-entre-harina-integral-y-otras-harinas/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador. (2022). *Climatología y características ambientales de la región interandina*. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador. Quito, Ecuador.
- Navarro, C. (2021). *¿Por qué la harina integral de trigo es más recomendable?* Obtenido de CUERPOMENTE: [https://www.cuerpomente.com/alimentacion/harina-integral-trigo\\_8325](https://www.cuerpomente.com/alimentacion/harina-integral-trigo_8325)
- Neill, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala (UTMACH).
- NTE INEN. (2005). Galletas. Requisitos (Norma núm. 2085).
- Olmos, J. (2014). *Análisis Sensorial*. (M. Carretero, Ed.) Puebla: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Obtenido de <https://investigacion.upaep.mx/micrositios/ansens.html>
- Orús, A. (22 de enero de 2024). *Consumo per cápita de snacks a nivel mundial en 2023, por segmento (en kilogramos)*. Obtenido de Statista: <https://es.statista.com/estadisticas/1350295/consumo-per-capita-de-snacks-a-nivel-mundial-por-segmento/#:~:text=Consumo%20per%20c%20A1pita%20de%20snacks%20a%20n nivel%20mundial%20por%20segmento%202023&text=En%202023%2C%20se%20consumieron%20a,m%20C3%A1s%20pop>

- Osei. (2024). Nutritional composition and sensory acceptability of ready-to-eat (RTE) breakfast food developed from root and tuber crops. *CyTA - Journal of Food*, 60-71. doi: <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2329135>
- Párraga, A. (2023). *Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de fréjol de palo y fréjol castilla*. Tesis previa al grado académico de Ingeniera Agroindustrial, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Esmeraldas, Esmeraldas . Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/items/c4d2716d-8cac-46b1-898b-096a455bbca8>
- Paz, H., Ramírez, L., Pacheco, M., Carreño, L., Montesino, S., Palencia, C., . . . Mantilla, D. (2021). Obtención de harina no convencional a partir del exocarpo de la naranja valencia. *Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo VII*, 201-2018. doi:10.37572/EdArt\_18122151418
- Pérez. (2023). Valor nutricional y propiedades sensoriales de galletas enriquecidas con harina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L., variedad Keit). *Nutrición clínica*, 43. doi: <https://doi.org/10.12873/431zarza>.
- Pinero, M. (2023). *8 propiedades de la cáscara de mandarina*. Obtenido de Mejor con Salud: <https://mejorconsalud.as.com/propiedades-cascara-mandarina/>
- Rincón, A., Vásquez, A., & Padilla, F. (2005). *Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (citrus sinensis), mandarina (citrus reticulata) y toronja (citrus paradisi) cultivadas en Venezuela*. Obtenido de Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 55(3), 305-310.: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222005000300013](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013)
- Sarmiento, A. (2017). *Estudio de los efectos acoplados en la formulación y condiciones de horneado sobre la reología y texturometría de las galletas tipo cracker*. Trabajo de Pregrado, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Química. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/1d08d5e5-5e15-4e81-9782-aebb3741ca52>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017). *La mandarina, un cítrico con muchos beneficios*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural - Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-mandarina-un-citrico-con-muchos-beneficios>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Mandarina: cítrico que comienza en otoño*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural - Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mandarina-citrico-que-comienza->



# ANEXOS

## Anexo 1

Resultados de los análisis de cenizas, proteína, grasa y fibra cruda en las galletas



Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos:  
Aguas, Alimentos y Afines

Informe N°:	80 -2025
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
Análisis solicitado por:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
Atención:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
RUC/Ci:	1050403284
Dirección:	Ibarra
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	0961802554
email:	<a href="mailto:sthefy72@gmail.com">sthefy72@gmail.com</a>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Galletas con harina de Cáscara de mandarina T 130 °C, t=15 min	
Tipo de muestra:	Sólidas
Fecha de recepción:	05 de noviembre de 2025
Cantidad:	100 g c/u
Tipo de conservación:	Ambiente
Tipo de envase:	Fundas de polietileno
Tipo de muestreo:	No aplica
Número de muestras:	4
Fecha de elaboración:	No aplica
Lote:	No aplica
Fecha de caducidad:	No aplica
Persona quien muestrea:	Propietario
<b>DATOS DE LABORATORIO</b>	
Fecha de análisis:	05 de noviembre de 2025
Fecha de entrega informe:	12 de diciembre de 2025
Código Interno	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado Analítico						Método
		Testigo			M1T1			
		1	2	3	1	2	3	
Cenizas	%	0,75	0,76	0,73	0,76	0,78	0,77	AOAC 923.03
Proteína	%	8,12	8,24	7,96	8,22	8,40	8,30	AOAC 984.13
Grasa	%	16,85	16,25	16,40	18,34	18,26	18,42	AOAC 920.39
Fibra Cruda	%	1,54	1,44	1,46	1,79	1,77	1,80	AOAC 962.09

Parámetro Analizado	Unidad	M2T1			M3T1			Método
		1	2	3	1	2	3	
		Cenizas	%	0,75	0,74	0,74	0,99	
Proteína	%	8,51	8,40	8,35	8,78	8,70	8,90	AOAC 984.13
Grasa	%	17,52	17,86	17,28	18,33	18,50	18,25	AOAC 920.39
Fibra Cruda	%	1,67	1,70	1,60	1,79	1,81	1,77	AOAC 962.09

### Observaciones

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas.  
El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar a los resultados.  
Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio.  
Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 días a partir de la entrega del informe.

Responsable:  


Dra. Verónica Espinoza Torres  
Gerente General

Alfanalítica S.A.S.  
RUC: 1091796298001  
Dirección: Manuel Peñaherrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra, Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115,  
e-mail: [alfanalitica@outlook.com](mailto:alfanalitica@outlook.com), [alfanalitica.ibarra@gmail.com](mailto:alfanalitica.ibarra@gmail.com)



Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos:  
Aguas, Alimentos y Afines

Informe N°: 81 -2025

DATOS DEL CLIENTE

Análisis solicitado por:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
Atención:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
RUC/Ci:	1050403284
Dirección:	Ibarra
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	0961802554
email:	sthefy72@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Galletas con harina de Cáscara de mandarina T 160 °C, t=15 min

Tipo de muestra:	Sólidas	Número de muestras:	4
Fecha de recepción:	21 de noviembre de 2025	Fecha de elaboración:	No aplica
Cantidad:	100 g c/u	Lote:	No aplica
Tipo de conservación:	Ambiente	Fecha de caducidad:	No aplica
Tipo de envase:	Fundas de polietileno	Persona quien muestrea:	Propietario
Tipo de muestreo:	No aplica		

DATOS DE LABORATORIO

Fecha de análisis:	21 de noviembre de 2025
Fecha de entrega informe:	12 de diciembre de 2025
Código Interno	No aplica

Resultado Analítico

Parámetro Analizado	Unidad	Testigo			M1T2			Método
		1	2	3	1	2	3	
Cenizas	%	0,90	0,88	0,85	0,89	0,93	0,94	AOAC 923.03
Proteína	%	9,37	9,51	9,19	9,49	9,69	9,58	AOAC 984.13
Grasa	%	19,07	18,40	18,56	20,76	20,64	20,85	AOAC 920.39
Fibra Cruda	%	1,22	1,34	1,25	1,18	1,19	1,07	AOAC 962.09

Parámetro Analizado	Unidad	M2T2			M3T2			Método
		1	2	3	1	2	3	
Cenizas	%	0,88	0,84	0,87	0,89	0,92	0,89	AOAC 923.03
Proteína	%	9,93	9,80	9,74	10,25	10,15	10,39	AOAC 984.13
Grasa	%	20,31	20,70	20,03	21,24	21,44	21,15	AOAC 920.39
Fibra Cruda	%	1,24	1,26	1,22	1,29	1,31	1,29	AOAC 962.09

Observaciones

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas.

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio.

Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 días a partir de la entrega del informe.



Responsable:

*Verónica Espinoza Torres*

Dra. Verónica Espinoza Torres

Gerente General

Alfanalítica S.A.S.

RUC: 1091796298001

Dirección: Manuel Peñaherrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra, Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115,

e-mail: [alfanalitica@outlook.com](mailto:alfanalitica@outlook.com), [alfanalitica.ibarra@gmail.com](mailto:alfanalitica.ibarra@gmail.com)

## Anexo 2

### Resultados de los análisis de humedad en las galletas



Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos:  
Aguas, Alimentos y Afines

Informe N°: 88 -2025

#### DATOS DEL CLIENTE

Análisis solicitado por:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
Atención:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
RUC/CI:	1050403284
Dirección:	Ibarra
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	0961802554
email:	<a href="mailto:sthefy72@gmail.com">sthefy72@gmail.com</a>

#### DATOS DE LA MUESTRA

Galletas con harina de Cáscara de mandarina T 130 °C, t=15 min	
Tipo de muestra:	Sólidas
Fecha de recepción:	23 de diciembre de 2025
Cantidad:	100 g
Tipo de conservación:	Ambiente
Tipo de envase:	Fundas de polietileno
Tipo de muestreo:	No aplica
Número de muestras:	4
Fecha de elaboración:	No aplica
Lote:	No aplica
Fecha de caducidad:	No aplica
Persona quien muestrea:	Propietario

#### DATOS DE LABORATORIO

Fecha de análisis:	23 de diciembre de 2025
Fecha de entrega informe:	30 de diciembre de 2025
Código Interno	No aplica

#### Resultado Analítico

Parámetro Analizado	Unidad	Testigo			M1T1			Método
		1	2	3	1	2	3	
Humedad	%	4,36	4,30	4,31	4,9	4,85	4,96	AOAC 930.15

Parámetro Analizado	Unidad	M2T1			M3T1			Método
		1	2	3	1	2	3	
Humedad	%	4,1	4,15	4,00	4,12	4,20	4,14	AOAC 930.15

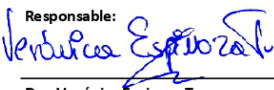
#### Observaciones

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio

Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 días a partir de la entrega del informe

Responsable:  


Dra. Verónica Espinoza Torres  
Gerente General



Alfanalítica S.A.S.

RUC: 1091796298001

Dirección: Manuel Peñaherrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra, Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115,

e-mail: [alfanalitica@outlook.com](mailto:alfanalitica@outlook.com), [alfanalitica.ibarra@gmail.com](mailto:alfanalitica.ibarra@gmail.com)

Informe N°: 89 -2025

**DATOS DEL CLIENTE**

Análisis solicitado por:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
Atención:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
RUC/Ci:	1050403284
Dirección:	Ibarra
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	0961802554
email:	sthefy72@gmail.com

**DATOS DE LA MUESTRA**

Galletas con harina de Cáscara de mandarina T 160 °C, t=15 min

Tipo de muestra:	Sólidas	Número de muestras:	4
Fecha de recepción:	23 de diciembre de 2025	Fecha de elaboración:	No aplica
Cantidad:	100 g	Lote:	No aplica
Tipo de conservación:	Ambiente	Fecha de caducidad:	No aplica
Tipo de envase:	Fundas de polietileno	Persona quien muestrea:	Propietario
Tipo de muestreo:	No aplica		

**DATOS DE LABORATORIO**

Fecha de análisis:	23 de diciembre de 2025
Fecha de entrega informe:	30 de diciembre de 2025
Código Interno	No aplica

**Resultado Analítico**

Parámetro Analizado	Unidad	Testigo			M1T2			Método
		1	2	3	1	2	3	
Humedad	%	2,27	2,24	2,00	2,0	1,98	2,03	AOAC 930.15

Parámetro Analizado	Unidad	M2T2			M3T2			Método
		1	2	3	1	2	3	
Humedad	%	2,01	1,96	2,10	2,37	2,40	2,45	AOAC 930.15

**Observaciones**

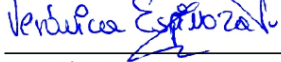
Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio

Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 días a partir de la entrega del informe

Responsable:



Dra. Verónica Espinoza Torres  
Gerente General



Alfanalítica S.A.S.

RUC: 1091796298001

Dirección: Manuel Peñaherrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra, Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115,  
e-mail: [alfanalitica@outlook.com](mailto:alfanalitica@outlook.com), [alfanalitica.ibarra@gmail.com](mailto:alfanalitica.ibarra@gmail.com)

### Anexo 3

### Resultado del análisis de humedad en la harina de cáscaras de mandarina



Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos:  
Aguas, Alimentos y Afines

Informe N°:	90 -2025
-------------	----------

#### DATOS DEL CLIENTE

Análisis solicitado por:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
Atención:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
RUC/CI:	1050403284
Dirección:	Ibarra
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	0961802554
email:	<a href="mailto:sthefy72@gmail.com">sthefy72@gmail.com</a>

#### DATOS DE LA MUESTRA

Harina de Cáscara de mandarina			
Tipo de muestra:	Sólida	Número de muestras:	1
Fecha de recepción:	23 de diciembre de 2025	Fecha de elaboración:	No aplica
Cantidad:	10 g	Lote:	No aplica
Tipo de conservación:	Ambiente	Fecha de caducidad:	No aplica
Tipo de envase:	Fundas de polietileno	Persona quien muestra:	Propietario
Tipo de muestreo:	No aplica		

#### DATOS DE LABORATORIO

Fecha de análisis:	23 de diciembre de 2025
Fecha de entrega informe:	30 de diciembre de 2025
Código Interno	No aplica

#### Resultado Analítico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Método
Humedad	%	12,02	AOAC 930.15

#### Observaciones

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio

Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 días a partir de la entrega del informe

Responsable:



Dra. Verónica Espinoza Torres  
Gerente General

Alfanalítica S.A.S.

RUC: 1091796298001

Dirección: Manuel Peñaherrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra, Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115,

e-mail: [alfanalitica@outlook.com](mailto:alfanalitica@outlook.com), [alfanalitica.ibarra@gmail.com](mailto:alfanalitica.ibarra@gmail.com)

## Anexo 4

### Resultados del análisis de ácido ascórbico (vitamina C) en las galletas



Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos:  
Aguas, Alimentos y Afines

Informe N°: 91 -2025

#### DATOS DEL CLIENTE

Análisis solicitado por:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
Atención:	Srta. Ruby Estefanía Guzmán
RUC/Ci:	1050403284
Dirección:	Ibarra
Ciudad/Provincia:	Ibarra/Imbabura
Teléfono:	0961802554
email:	<a href="mailto:sthefy72@gmail.com">sthefy72@gmail.com</a>

#### DATOS DE LA MUESTRA

Galletas con harina de Cáscara de mandarina			
Tipo de muestra:	Sólidas	Número de muestras:	4
Fecha de recepción:	23 de diciembre de 2025	Fecha de elaboración:	No aplica
Cantidad:	100 g	Lote:	No aplica
Tipo de conservación:	Ambiente	Fecha de caducidad:	No aplica
Tipo de envase:	Fundas de polietileno	Persona quien muestrea:	Propietario
Tipo de muestreo:	No aplica		

#### DATOS DE LABORATORIO

Fecha de análisis:	23 de diciembre de 2025
Fecha de entrega informe:	30 de diciembre de 2025
Código Interno	No aplica

#### Resultado Analítico

Parámetro Analizado	Unidad	M1T1	M2T1	M1T2	Método
Ácido Ascórbico (Vit. C)	mg/100 g	30	55	38	AOAC 967.21

#### Observaciones

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

El laboratorio no se responsabiliza del uso que el cliente pueda dar al presente informe.

Los informes se almacenarán por un periodo de dos años a partir del ingreso de la muestra al laboratorio

Tiempo de almacenamiento de las muestras: 5 días a partir de la entrega del informe.

Responsable:

Dra. Verónica Espinoza Torres

Gerente General



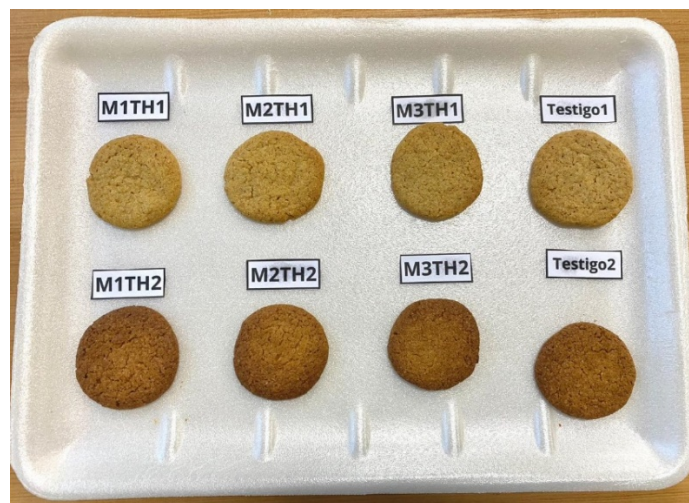
Alfanalítica S.A.S.

RUC: 1091796298001

Dirección: Manuel Peñaherrera 4-106 y Rafael Troya – Parque Boyacá. – Ibarra, Teléfonos: 0983064170, 0989753573, 0983382115,  
e-mail: [alfanalitica@outlook.com](mailto:alfanalitica@outlook.com), [alfanalitica.ibarra@gmail.com](mailto:alfanalitica.ibarra@gmail.com)

## Anexo 5

### Análisis sensorial realizado a panelistas no entrenados



## Anexo 6

Cálculo de la media de los resultados fisonómicos

### a) Medias de Cenizas por Sustitución y Temperatura

Sustitución	Temperatura	Tipo	Media de Cenizas
0	130	Testigo	0,75
5	130	Factorial	0,77
10	130	Factorial	0,74
15	130	Factorial	0,99
0	160	Testigo	0,88
5	160	Factorial	0,92
10	160	Factorial	0,86
15	160	Factorial	0,90

### b) Medias de Proteína por Sustitución y Temperatura

Sustitución	Temperatura	Tipo	Media de Proteína
0	130	Testigo	8,11
5	130	Factorial	8,31
10	130	Factorial	8,42
15	130	Factorial	8,79
0	160	Testigo	9,36
5	160	Factorial	9,59
10	160	Factorial	9,82
15	160	Factorial	10,26

### c) Medias de Grasa por Sustitución y Temperatura

Sustitución	Temperatura	Tipo	Media de Grasa
0	130	Testigo	16,50
5	130	Factorial	18,34
10	130	Factorial	17,55
15	130	Factorial	18,36
0	160	Testigo	18,68
5	160	Factorial	20,75
10	160	Factorial	20,35
15	160	Factorial	21,28

**d) Medias de Fibra Cruda por Sustitución y Temperatura**

Sustitución	Temperatura	Tipo	Media de Fibra cruda
0	130	Testigo	1,48
5	130	Factorial	1,79
10	130	Factorial	1,66
15	130	Factorial	1,79
0	160	Testigo	1,27
5	160	Factorial	1,15
10	160	Factorial	1,24
15	160	Factorial	1,30

**e) Resultados de la media de humedad**

Efecto de la temperatura de horneado sobre la humedad de las galletas

Temperatura de horneado (°C)	Humedad (%)
130	4,50
160	2,20

Contenido de vitamina C en galletas de cascará de mandarina

Tratamiento	Vitamina C (mg/100 g)
M1T1	30
M2T1	55
M1T2	38

**f) Resultados de la media de galletas con harina de cascara mandarina**

Comparación de resultados fisicoquímicos de galletas con harina de cáscara de mandarina

Parámetro	130 °C (15 min)	160 °C (15 min)	Tendencia observada
Proteína (%)	Valores medios entre 16–18	Valores medios entre 18–21	Incremento a mayor temperatura
Grasa (%)	8–8,5	9–10,3	Ligero incremento
Fibra cruda (%)	1,4–1,8	1,2–1,3	Leve disminución
Cenizas (%)	0,7–1,0	0,85–0,95	Estabilidad con ligera alza

*g) Resultados fisicoquímicos cenizas*

<b>Sustitución</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tipo</b>	<b>Repetición</b>	<b>Cenizas</b>
<b>0</b>	130	Testigo	1	0,75
<b>0</b>	130	Testigo	2	0,76
<b>0</b>	130	Testigo	3	0,73
<b>5</b>	130	Factorial	1	0,76
<b>5</b>	130	Factorial	2	0,78
<b>5</b>	130	Factorial	3	0,77
<b>10</b>	130	Factorial	1	0,75
<b>10</b>	130	Factorial	2	0,74
<b>10</b>	130	Factorial	3	0,74
<b>15</b>	130	Factorial	1	0,99
<b>15</b>	130	Factorial	2	0,98
<b>15</b>	130	Factorial	3	1,00
<b>0</b>	160	Testigo	1	0,90
<b>0</b>	160	Testigo	2	0,88
<b>0</b>	160	Testigo	3	0,85
<b>5</b>	160	Factorial	1	0,89
<b>5</b>	160	Factorial	2	0,93
<b>5</b>	160	Factorial	3	0,94
<b>10</b>	160	Factorial	1	0,88
<b>10</b>	160	Factorial	2	0,84
<b>10</b>	160	Factorial	3	0,87
<b>15</b>	160	Factorial	1	0,89
<b>15</b>	160	Factorial	2	0,92
<b>15</b>	160	Factorial	3	0,89

*h) Promedios de cenizas por tratamiento*

<b>Sustitución (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Cenizas promedio (%)</b>
<b>0</b>	130	0,747
<b>5</b>	130	0,770
<b>10</b>	130	0,743
<b>15</b>	130	0,990
<b>0</b>	160	0,877
<b>5</b>	160	0,920
<b>10</b>	160	0,863
<b>15</b>	160	0,900

*i) Resultados fisicoquímicos proteína*

<b>Sustitución</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tipo</b>	<b>Repetición</b>	<b>Proteína</b>
0	130	Testigo	1	8,12
0	130	Testigo	2	8,24
0	130	Testigo	3	7,96
5	130	Factorial	1	8,22
5	130	Factorial	2	8,40
5	130	Factorial	3	8,30
10	130	Factorial	1	8,51
10	130	Factorial	2	8,40
10	130	Factorial	3	8,35
15	130	Factorial	1	8,78
15	130	Factorial	2	8,70
15	130	Factorial	3	8,90
0	160	Testigo	1	9,37
0	160	Testigo	2	9,51
0	160	Testigo	3	9,19
5	160	Factorial	1	9,49
5	160	Factorial	2	9,69
5	160	Factorial	3	9,58
10	160	Factorial	1	9,93
10	160	Factorial	2	9,80
10	160	Factorial	3	9,74
15	160	Factorial	1	10,25
15	160	Factorial	2	10,15
15	160	Factorial	3	10,39

*j) Resultados fisicoquímicos grasa*

<b>Sustitución</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tipo</b>	<b>Repetición</b>	<b>Grasa</b>
0	130	Testigo	1	16,85
0	130	Testigo	2	16,25
0	130	Testigo	3	16,40
5	130	Factorial	1	18,34
5	130	Factorial	2	18,26
5	130	Factorial	3	18,42
10	130	Factorial	1	17,52
10	130	Factorial	2	17,86
10	130	Factorial	3	17,28
15	130	Factorial	1	18,33
15	130	Factorial	2	18,50
15	130	Factorial	3	18,25
0	160	Testigo	1	19,07
0	160	Testigo	2	18,40

<b>0</b>	160	Testigo	3	18,56
<b>5</b>	160	Factorial	1	20,76
<b>5</b>	160	Factorial	2	20,64
<b>5</b>	160	Factorial	3	20,85
<b>10</b>	160	Factorial	1	20,31
<b>10</b>	160	Factorial	2	20,70
<b>10</b>	160	Factorial	3	20,03
<b>15</b>	160	Factorial	1	21,24
<b>15</b>	160	Factorial	2	21,44
<b>15</b>	160	Factorial	3	21,15

*k) Resultados fisicoquímicos fibra cruda*

<b>Sustitución</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tipo</b>	<b>Repetición</b>	<b>Fibra cruda</b>
<b>0</b>	130	Testigo	1	1,54
<b>0</b>	130	Testigo	2	1,44
<b>0</b>	130	Testigo	3	1,46
<b>5</b>	130	Factorial	1	1,79
<b>5</b>	130	Factorial	2	1,77
<b>5</b>	130	Factorial	3	1,80
<b>10</b>	130	Factorial	1	1,67
<b>10</b>	130	Factorial	2	1,70
<b>10</b>	130	Factorial	3	1,60
<b>15</b>	130	Factorial	1	1,79
<b>15</b>	130	Factorial	2	1,81
<b>15</b>	130	Factorial	3	1,77
<b>0</b>	160	Testigo	1	1,22
<b>0</b>	160	Testigo	2	1,34
<b>0</b>	160	Testigo	3	1,25
<b>5</b>	160	Factorial	1	1,18
<b>5</b>	160	Factorial	2	1,19
<b>5</b>	160	Factorial	3	1,07
<b>10</b>	160	Factorial	1	1,24
<b>10</b>	160	Factorial	2	1,26
<b>10</b>	160	Factorial	3	1,22
<b>15</b>	160	Factorial	1	1,29
<b>15</b>	160	Factorial	2	1,31
<b>15</b>	160	Factorial	3	1,29

### Comparación de resultados fisicoquímicos de galletas con harina de cáscara de mandarina

Parámetro	130 °C (15 min)	160 °C (15 min)	Tendencia observada
Proteína (%)	Valores medios entre 16–18	Valores medios entre 18–21	Incremento a mayor temperatura
Grasa (%)	8–8,5	9–10,3	Ligero incremento
Fibra cruda (%)	1,4–1,8	1,2–1,3	Leve disminución
Cenizas (%)	0,7–1,0	0,85–0,95	Estabilidad con ligera alza

### Resultados del análisis sensorial de aceptabilidad general

Muestra	Formulación	Media	Desviación estándar
<b>M1TH1</b>	Harina integral + baja proporción de cáscara	4,25	0,89
<b>M2TH1</b>	Harina integral + proporción media	4,12	0,68
<b>M3TH1</b>	Harina integral + alta proporción	3,63	1,00
<b>M1TH2</b>	Harina integral + baja proporción (tratamiento 2)	3,78	0,92
<b>M2TH2</b>	Harina integral + proporción media (tratamiento 2)	3,61	1,02
<b>M3TH2</b>	Harina integral + alta proporción (tratamiento 2)	3,39	1,25

## Anexo 7

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro cenizas

```
Console Terminal x Background Jobs x
R v R 4.3.2 · ~/
> Sustitucion <- factor(rep(c(0,5,10,15), each=3, times=2))
> Temperatura <- factor(rep(c(130,160), each=12))
> Cenizas <- c(0.75,0.76,0.73,
+             0.76,0.78,0.77,
+             0.75,0.74,0.74,
+             0.99,0.98,1.00,
+             0.90,0.88,0.85,
+             0.89,0.93,0.94,
+             0.88,0.84,0.87,
+             0.89,0.92,0.89)
>
> datos <- data.frame(Sustitucion, Temperatura, Cenizas)
>
> # ANOVA bifactorial con interacción
> modelo <- aov(Cenizas ~ Sustitucion * Temperatura, data=datos)
>
> summary(modelo)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Sustitucion    3  0.07615  0.02538   80.15 7.45e-10 ***
Temperatura    1  0.03604  0.03604  113.80 1.11e-08 ***
Sustitucion:Temperatura 3  0.05681  0.01894   59.80 6.49e-09 ***
Residuals    16  0.00507  0.00032
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> TukeyHSD(modelo)
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Cenizas ~ Sustitucion * Temperatura, data = datos)

$Sustitucion
      diff          lwr          upr      p adj
5-0    0.033333333  0.003939149  0.06272752  0.0236103
10-0   -0.008333333 -0.037727518  0.02106085  0.8483137
15-0    0.133333333  0.103939149  0.16272752  0.0000000
10-5   -0.041666667 -0.071060851 -0.01227248  0.0045751
15-5    0.100000000  0.070605816  0.12939418  0.0000002
15-10   0.141666667  0.112272482  0.17106085  0.0000000

$Temperatura
      diff          lwr          upr      p adj
160-130 0.0775  0.06209925  0.09290075      0
```

```

`$`sustitucion:Temperatura`
      diff      lwr      upr      p adj
5:130-0:130  0.023333333 -0.02697055  0.073637217  0.7408562
10:130-0:130 -0.003333333 -0.05363722  0.046970550  0.9999973
15:130-0:130  0.243333333  0.19302945  0.293637217  0.0000000
0:160-0:130  0.130000000  0.07969612  0.180303883  0.0000029
5:160-0:130  0.173333333  0.12302945  0.223637217  0.0000001
10:160-0:130  0.116666667  0.06636278  0.166970550  0.0000118
15:160-0:130  0.153333333  0.10302945  0.203637217  0.0000003
10:130-5:130 -0.026666667 -0.07697055  0.023637217  0.6077710
15:130-5:130  0.220000000  0.16969612  0.270303883  0.0000000
0:160-5:130  0.106666667  0.05636278  0.156970550  0.0000364
5:160-5:130  0.150000000  0.09969612  0.200303883  0.0000004
10:160-5:130  0.093333333  0.04302945  0.143637217  0.0001791
15:160-5:130  0.130000000  0.07969612  0.180303883  0.0000029
15:130-10:130  0.246666667  0.19636278  0.296970550  0.0000000
0:160-10:130  0.133333333  0.08302945  0.183637217  0.0000020
5:160-10:130  0.176666667  0.12636278  0.226970550  0.0000000
10:160-10:130  0.120000000  0.06969612  0.170303883  0.0000082
15:160-10:130  0.156666667  0.10636278  0.206970550  0.0000002
0:160-15:130 -0.113333333 -0.16363722 -0.063029450  0.0000171
5:160-15:130 -0.070000000 -0.12030388 -0.019696117  0.0036382
10:160-15:130 -0.126666667 -0.17697055 -0.076362783  0.0000040
15:160-15:130 -0.090000000 -0.14030388 -0.039696117  0.0002710
5:160-0:160  0.043333333 -0.00697055  0.093637217  0.1193115
10:160-0:160 -0.013333333 -0.06363722  0.036970550  0.9796977
15:160-0:160  0.023333333 -0.02697055  0.073637217  0.7408562
10:160-5:160 -0.056666667 -0.10697055 -0.006362783  0.0217012
15:160-5:160 -0.020000000 -0.07030388  0.030303883  0.8550411
15:160-10:160  0.036666667 -0.01363722  0.086970550  0.2531396

```

```
> model.tables(modelo, type="means")
```

```
Tables of means
```

```
Grand mean
```

```
0.85125
```

```
Sustitucion
```

```
Sustitucion
```

```
      0      5      10      15
0.8117 0.8450 0.8033 0.9450
```

```
Temperatura
```

```
Temperatura
```

```
      130      160
0.8125 0.8900
```

```
Sustitucion:Temperatura
```

```
      Temperatura
```

```
Sustitucion 130 160
      0 0.7467 0.8767
      5 0.7700 0.9200
     10 0.7433 0.8633
     15 0.9900 0.9000
```




```

> interaction.plot(datos$Sustitucion,
+                  datos$Temperatura,
+                  datos$Cenizas,
+                  col=c("blue","red"),
+                  lwd=2,
+                  ylab="Cenizas",
+                  xlab="Sustitución (%)")
> #FIN
> |

```

## Anexo 8

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro proteína

```
R 4.3.2 . ~/   
```

```
> # ANOVA Proteínas
> # Crear los datos
> Sustitucion <- factor(rep(c(0,5,10,15), each=3, times=2))
> Temperatura <- factor(rep(c(130,160), each=12))
>
> Proteina <- c(8.12,8.24,7.96,
+             8.22,8.40,8.30,
+             8.51,8.40,8.35,
+             8.78,8.70,8.90,
+             9.37,9.51,9.19,
+             9.49,9.69,9.58,
+             9.93,9.80,9.74,
+             10.25,10.15,10.39)
>
> datos <- data.frame(Sustitucion, Temperatura, Proteina)
> modelo <- aov(Proteina ~ Sustitucion * Temperatura, data=datos)
>
> summary(modelo)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Sustitucion	3	2.051	0.684	52.372	1.70e-08	***
Temperatura	1	10.949	10.949	838.698	2.99e-15	***
Sustitucion:Temperatura	3	0.048	0.016	1.231	0.331	
Residuals	16	0.209	0.013			

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> TukeyHSD(modelo)
  Tukey multiple comparisons of means
  95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Proteina ~ Sustitucion * Temperatura, data = datos)
$Sustitucion
      diff      lwr      upr    p adj
5-0  0.2150000  0.02627266  0.4037273  0.0229213
10-0  0.3900000  0.20127266  0.5787273  0.0001168
15-0  0.7966667  0.60793933  0.9853940  0.0000000
10-5  0.1750000 -0.01372734  0.3637273  0.0740800
15-5  0.5816667  0.39293933  0.7703940  0.0000008
15-10 0.4066667  0.21793933  0.5953940  0.0000729

$Temperatura
      diff      lwr      upr    p adj
160-130 1.350833  1.251952  1.449715      0
```

```

$`Sustitucion:Temperatura`
      diff      lwr      upr      p adj
5:130-0:130  0.2000000 -0.122979467  0.5229795  0.4300233
10:130-0:130  0.3133333 -0.009646134  0.6363128  0.0606129
15:130-0:130  0.6866667  0.363687199  1.0096461  0.0000352
0:160-0:130  1.2500000  0.927020533  1.5729795  0.0000000
5:160-0:130  1.4800000  1.157020533  1.8029795  0.0000000
10:160-0:130  1.7166667  1.393687199  2.0396461  0.0000000
15:160-0:130  2.1566667  1.833687199  2.4796461  0.0000000
10:130-5:130  0.1133333 -0.209646134  0.4363128  0.9158758
15:130-5:130  0.4866667  0.163687199  0.8096461  0.0016851
0:160-5:130  1.0500000  0.727020533  1.3729795  0.0000001
5:160-5:130  1.2800000  0.957020533  1.6029795  0.0000000
10:160-5:130  1.5166667  1.193687199  1.8396461  0.0000000
15:160-5:130  1.9566667  1.633687199  2.2796461  0.0000000
15:130-10:130  0.3733333  0.050353866  0.6963128  0.0178182
0:160-10:130  0.9366667  0.613687199  1.2596461  0.0000006
5:160-10:130  1.1666667  0.843687199  1.4896461  0.0000000
10:160-10:130  1.4033333  1.080353866  1.7263128  0.0000000
15:160-10:130  1.8433333  1.520353866  2.1663128  0.0000000
0:160-15:130  0.5633333  0.240353866  0.8863128  0.0003601
5:160-15:130  0.7933333  0.470353866  1.1163128  0.0000056
10:160-15:130  1.0300000  0.707020533  1.3529795  0.0000002
15:160-15:130  1.4700000  1.147020533  1.7929795  0.0000000
5:160-0:160  0.2300000 -0.092979467  0.5529795  0.2762618
10:160-0:160  0.4666667  0.143687199  0.7896461  0.0025448
15:160-0:160  0.9066667  0.583687199  1.2296461  0.0000009
10:160-5:160  0.2366667 -0.086312801  0.5596461  0.2480339
15:160-5:160  0.6766667  0.353687199  0.9996461  0.0000422
15:160-10:160  0.4400000  0.117020533  0.7629795  0.0044286

```

```

> model.tables(modelo, type="means")
Tables of means
Grand mean

9.082083

  Sustitucion
Sustitucion
  0      5     10     15
8.732  8.947  9.122  9.528

  Temperatura
Temperatura
  130    160
8.407  9.758

  Sustitucion:Temperatura
      Temperatura
sustitucion 130    160
      0    8.107  9.357
      5    8.307  9.587
     10    8.420  9.823
     15    8.793 10.263
> interaction.plot(datos$Sustitucion,
+                  datos$Temperatura,
+                  datos$Proteina,
+                  col=c("blue","red"),
+                  lwd=2,
+                  ylab="Proteína",
+                  xlab="Sustitución (%)")
> #FIN
> |

```

## Anexo 9

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro grasa

```
Console Terminal x Background Jobs x
R - R 4.3.2 - ~/
> # ANOVA Grasa
> # Crear los datos
> Sustitucion <- factor(rep(c(0,5,10,15), each=3, times=2))
> Temperatura <- factor(rep(c(130,160), each=12))
>
> Grasa <- c(16.85,16.25,16.40,
+          18.34,18.26,18.42,
+          17.52,17.86,17.28,
+          18.33,18.50,18.25,
+          19.07,18.40,18.56,
+          20.76,20.64,20.85,
+          20.31,20.70,20.03,
+          21.24,21.44,21.15)
>
> datos <- data.frame(Sustitucion, Temperatura, Grasa)
> modelo <- aov(Grasa ~ Sustitucion * Temperatura, data=datos)
>
> summary(modelo)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Sustitucion    3  17.76    5.92  99.915 1.42e-10 ***
Temperatura    1  39.76   39.76 671.116 1.72e-14 ***
Sustitucion:Temperatura 3    0.53    0.18   2.957  0.0639 .
Residuals    16    0.95    0.06
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> TukeyHSD(modelo)
  Tukey multiple comparisons of means
  95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Grasa ~ Sustitucion * Temperatura, data = datos)

$Sustitucion
      diff       lwr       upr     p adj
5-0     1.956667  1.5546224  2.3587109 0.0000000
10-0    1.361667  0.9596224  1.7637109 0.0000002
15-0    2.2300000  1.8279557  2.6320443 0.0000000
10-5   -0.5950000 -0.9970443 -0.1929557 0.0031811
15-5    0.2733333 -0.1287109  0.6753776 0.2491725
15-10   0.8683333  0.4662891  1.2703776 0.0000710

$Temperatura
      diff       lwr       upr     p adj
160-130 2.574167  2.36352  2.784813     0
```

```
$`Sustitucion:Temperatura`
```

	diff	lwr	upr	p adj
5:130-0:130	1.8400000	1.1519595	2.52804045	0.0000018
10:130-0:130	1.0533333	0.3652929	1.74137378	0.0014365
15:130-0:130	1.8600000	1.1719595	2.54804045	0.0000016
0:160-0:130	2.1766667	1.4886262	2.86470712	0.0000002
5:160-0:130	4.2500000	3.5619595	4.93804045	0.0000000
10:160-0:130	3.8466667	3.1586262	4.53470712	0.0000000
15:160-0:130	4.7766667	4.0886262	5.46470712	0.0000000
10:130-5:130	-0.7866667	-1.4747071	-0.09862622	0.0193848
15:130-5:130	0.0200000	-0.6680405	0.70804045	1.0000000
0:160-5:130	0.3366667	-0.3513738	1.02470712	0.6909542
5:160-5:130	2.4100000	1.7219595	3.09804045	0.0000000
10:160-5:130	2.0066667	1.3186262	2.69470712	0.0000006
15:160-5:130	2.9366667	2.2486262	3.62470712	0.0000000
15:130-10:130	0.8066667	0.1186262	1.49470712	0.0159473
0:160-10:130	1.1233333	0.4352929	1.81137378	0.0007375
5:160-10:130	3.1966667	2.5086262	3.88470712	0.0000000
10:160-10:130	2.7933333	2.1052929	3.48137378	0.0000000
15:160-10:130	3.7233333	3.0352929	4.41137378	0.0000000
0:160-15:130	0.3166667	-0.3713738	1.00470712	0.7477133
5:160-15:130	2.3900000	1.7019595	3.07804045	0.0000000
10:160-15:130	1.9866667	1.2986262	2.67470712	0.0000006
15:160-15:130	2.9166667	2.2286262	3.60470712	0.0000000
5:160-0:160	2.0733333	1.3852929	2.76137378	0.0000003
10:160-0:160	1.6700000	0.9819595	2.35804045	0.0000065
15:160-0:160	2.6000000	1.9119595	3.28804045	0.0000000
10:160-5:160	-0.4033333	-1.0913738	0.28470712	0.4937108
15:160-5:160	0.5266667	-0.1613738	1.21470712	0.2078429
15:160-10:160	0.9300000	0.2419595	1.61804045	0.0047580

```
> model.tables(modelo, type="means")
```

```
Tables of means
```

```
Grand mean
```

```
18.97542
```

```
Sustitucion
```

```
Sustitucion
```

```
0 5 10 15
17.588 19.545 18.950 19.818
```

```
Temperatura
```

```
Temperatura
```

```
130 160
17.688 20.263
```

```
Sustitucion:Temperatura
```

```
Temperatura
```

```
Sustitucion 130 160
0 16.500 18.677
5 18.340 20.750
10 17.553 20.347
15 18.360 21.277
```


```
> interaction.plot(datos$Sustitucion,
+                 datos$Temperatura,
+                 datos$Grasa,
+                 col=c("blue","red"),
+                 lwd=2,
+                 ylab="Grasa",
+                 xlab="Sustitución (%)")
```

```
> #FIN
```

```
> |
```

## Anexo 10

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro fibra cruda

```
R 4.3.2 . ~/ 
> # ANOVA Fibra Cruda
> # Crear los datos
> Sustitucion <- factor(rep(c(0,5,10,15), each=3, times=2))
> Temperatura <- factor(rep(c(130,160), each=12))
>
> FibraCruda <- c(1.54,1.44,1.46,
+               1.79,1.77,1.80,
+               1.67,1.70,1.60,
+               1.79,1.81,1.77,
+               1.22,1.34,1.25,
+               1.18,1.19,1.07,
+               1.24,1.26,1.22,
+               1.29,1.31,1.29)
>
> datos <- data.frame(Sustitucion, Temperatura, FibraCruda)
>
> modelo <- aov(FibraCruda ~ Sustitucion * Temperatura, data=datos)
>
> summary(modelo)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Sustitucion    3  0.0860   0.0287   15.36 5.70e-05 ***
Temperatura    1  1.1616   1.1616  622.29 3.10e-14 ***
Sustitucion:Temperatura 3  0.1444   0.0481   25.79 2.28e-06 ***
Residuals    16  0.0299   0.0019
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> TukeyHSD(modelo)
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = FibraCruda ~ Sustitucion * Temperatura, data = datos)

$Sustitucion
      diff          lwr          upr      p adj
5-0    0.09166667  0.020300294  0.16303304  0.0099269
10-0   0.07333333  0.001966960  0.14469971  0.0429532
15-0   0.16833333  0.096966960  0.23969971  0.0000253
10-5  -0.01833333 -0.089699706  0.05303304  0.8816054
15-5   0.07666667  0.005300294  0.14803304  0.0331021
15-10  0.09500000  0.023633627  0.16636637  0.0075661

$Temperatura
      diff          lwr          upr      p adj
160-130 -0.44 -0.4773916 -0.4026084      0
```

```

$`Sustitucion:Temperatura`
      diff      lwr      upr      p adj
5:130-0:130  0.306666667  0.18453347  0.428799863  0.0000042
10:130-0:130 0.176666667  0.05453347  0.298799863  0.0025173
15:130-0:130 0.310000000  0.18786680  0.432133196  0.0000036
0:160-0:130 -0.210000000 -0.33213320 -0.087866804  0.0004216
5:160-0:130 -0.333333333 -0.45546653 -0.211200137  0.0000014
10:160-0:130 -0.240000000 -0.36213320 -0.117866804  0.0000915
15:160-0:130 -0.183333333 -0.30546653 -0.061200137  0.0017501
10:130-5:130 -0.130000000 -0.25213320 -0.007866804  0.0327932
15:130-5:130  0.003333333 -0.11879986  0.125466530  1.0000000
0:160-5:130 -0.516666667 -0.63879986 -0.394533470  0.0000000
5:160-5:130 -0.640000000 -0.76213320 -0.517866804  0.0000000
10:160-5:130 -0.546666667 -0.66879986 -0.424533470  0.0000000
15:160-5:130 -0.490000000 -0.61213320 -0.367866804  0.0000000
15:130-10:130 0.133333333  0.01120014  0.255466530  0.0273665
0:160-10:130 -0.386666667 -0.50879986 -0.264533470  0.0000002
5:160-10:130 -0.510000000 -0.63213320 -0.387866804  0.0000000
10:160-10:130 -0.416666667 -0.53879986 -0.294533470  0.0000001
15:160-10:130 -0.360000000 -0.48213320 -0.237866804  0.0000005
0:160-15:130 -0.520000000 -0.64213320 -0.397866804  0.0000000
5:160-15:130 -0.643333333 -0.76546653 -0.521200137  0.0000000
10:160-15:130 -0.550000000 -0.67213320 -0.427866804  0.0000000
15:160-15:130 -0.493333333 -0.61546653 -0.371200137  0.0000000
5:160-0:160 -0.123333333 -0.24546653 -0.001200137  0.0469095
10:160-0:160 -0.030000000 -0.15213320  0.092133196  0.9867208
15:160-0:160  0.026666667 -0.09546653  0.148799863  0.9932937
10:160-5:160  0.093333333 -0.02879986  0.215466530  0.2092975
15:160-5:160  0.150000000  0.02786680  0.272133196  0.0109519
15:160-10:160 0.056666667 -0.06546653  0.178799863  0.7406139

```

```
> model.tables(modelo, type="means")
```

```
Tables of means
```

```
Grand mean
```

```
1.458333
```

```
Sustitucion
```

```
Sustitucion
```

```
      0      5      10      15
```

```
1.3750 1.4667 1.4483 1.5433
```

```
Temperatura
```

```
Temperatura
```

```
      130      160
```

```
1.6783 1.2383
```

```
Sustitucion:Temperatura
```

```
      Temperatura
```

```
Sustitucion 130      160
```

```
      0  1.4800 1.2700
```

```
      5  1.7867 1.1467
```

```
     10  1.6567 1.2400
```

```
     15  1.7900 1.2967
```

```

> interaction.plot(datos$Sustitucion,
+                 datos$Temperatura,
+                 datos$FibraCruda,
+                 col=c("blue", "red"),
+                 lwd=2,
+                 ylab="Fibra cruda",
+                 xlab="Sustitución (%)")


```

```
> #FIN
```

```
> |
```

## Anexo 11

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) en RStudio para el parámetro humedad

```
R 4.3.2 . ~/ 
> # ANOVA Humedad
> # Crear los datos
> Sustitucion <- factor(rep(c(0,5,10,15), each=3, times=2))
> Temperatura <- factor(rep(c(130,160), each=12))
>
> Humedad <- c(4.36,4.30,4.31,
+             4.90,4.85,4.96,
+             4.10,4.15,4.00,
+             4.12,4.20,4.14,
+             2.27,2.24,2.00,
+             2.00,1.98,2.03,
+             2.01,1.96,2.10,
+             2.37,2.40,2.45)
>
> datos <- data.frame(Sustitucion, Temperatura, Humedad)
> modelo <- aov(Humedad ~ Sustitucion * Temperatura, data=datos)
>
> summary(modelo)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Sustitucion    3  0.484    0.161   31.60 5.89e-07 ***
Temperatura    1 29.437   29.437 5767.32 < 2e-16 ***
Sustitucion:Temperatura 3  1.075    0.358   70.18 2.00e-09 ***
Residuals     16  0.082    0.005
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> TukeyHSD(modelo)
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Humedad ~ Sustitucion * Temperatura, data = datos)

$Sustitucion
      diff          lwr          upr      p adj
5-0      0.2066667  0.08865562  0.32467771 0.0006678
10-0     -0.1933333 -0.31134438 -0.07532229 0.0012729
15-0      0.0333333 -0.08467771  0.15134438 0.8496892
10-5     -0.4000000 -0.51801105 -0.28198895 0.0000002
15-5     -0.1733333 -0.29134438 -0.05532229 0.0033942
15-10     0.2266667  0.10865562  0.34467771 0.0002586

$Temperatura
      diff          lwr          upr      p adj
160-130  -2.215 -2.276831 -2.153169      0
```

```
$`Sustitucion:Temperatura`
      diff      lwr      upr      p adj
5:130-0:130  0.5800000  0.37804121  0.78195879  0.0000007
10:130-0:130 -0.2400000 -0.44195879 -0.03804121  0.0143240
15:130-0:130 -0.1700000 -0.37195879  0.03195879  0.1342057
0:160-0:130  -2.1533333 -2.35529212 -1.95137454  0.0000000
5:160-0:130  -2.3200000 -2.52195879 -2.11804121  0.0000000
10:160-0:130 -2.3000000 -2.50195879 -2.09804121  0.0000000
15:160-0:130 -1.9166667 -2.11862546 -1.71470788  0.0000000
10:130-5:130 -0.8200000 -1.02195879 -0.61804121  0.0000000
15:130-5:130 -0.7500000 -0.95195879 -0.54804121  0.0000000
0:160-5:130  -2.7333333 -2.93529212 -2.53137454  0.0000000
5:160-5:130  -2.9000000 -3.10195879 -2.69804121  0.0000000
10:160-5:130 -2.8800000 -3.08195879 -2.67804121  0.0000000
15:160-5:130 -2.4966667 -2.69862546 -2.29470788  0.0000000
15:130-10:130  0.0700000 -0.13195879  0.27195879  0.9205291
0:160-10:130 -1.9133333 -2.11529212 -1.71137454  0.0000000
5:160-10:130 -2.0800000 -2.28195879 -1.87804121  0.0000000
10:160-10:130 -2.0600000 -2.26195879 -1.85804121  0.0000000
15:160-10:130 -1.6766667 -1.87862546 -1.47470788  0.0000000
0:160-15:130 -1.9833333 -2.18529212 -1.78137454  0.0000000
5:160-15:130 -2.1500000 -2.35195879 -1.94804121  0.0000000
10:160-15:130 -2.1300000 -2.33195879 -1.92804121  0.0000000
15:160-15:130 -1.7466667 -1.94862546 -1.54470788  0.0000000
5:160-0:160  -0.1666667 -0.36862546  0.03529212  0.1479153
10:160-0:160 -0.1466667 -0.34862546  0.05529212  0.2567361
15:160-0:160  0.2366667  0.03470788  0.43862546  0.0160070
10:160-5:160  0.0200000 -0.18195879  0.22195879  0.9999586
15:160-5:160  0.4033333  0.20137454  0.60529212  0.0000755
15:160-10:160  0.3833333  0.18137454  0.58529212  0.0001376
```

```
> model.tables(modelo, type="means")
```

```
Tables of means
```

```
Grand mean
```

```
3.258333
```

```
Sustitucion
```

```
Sustitucion
  0    5   10   15
3.247 3.453 3.053 3.280
```

```
Temperatura
```

```
Temperatura
 130  160
4.366 2.151
```

```
Sustitucion:Temperatura
```

```
Temperatura
Sustitucion 130  160
      0  4.323  2.170
      5  4.903  2.003
     10  4.083  2.023
     15  4.153  2.407
```

```
> interaction.plot(datos$Sustitucion,
+                  datos$Temperatura,
+                  datos$Humedad,
+                  col=c("blue","red"),
+                  lwd=2,
+                  ylab="Humedad",
+                  xlab="Sustitución (%)")
```

```
>
```

```
> #FIN
```

```
> |
```