



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS**  
**INDUSTRIALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



---



**“EVALUACIÓN DE TALLARINES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL  
DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)  
EN LA CALIDAD DE COCCIÓN, CONTENIDO DE  
MICRONUTRIENTES Y ANÁLISIS SENSORIAL”**

**Rosa Mayta Masco**  
**Pedro Pariapaza Ccari**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Asesor: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez**  
**Co-Asesor: M.Sc. Adalith Jhony Arisaca Parillo**



**JULIACA - PERÚ**

**2024**







**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS**  
**INDUSTRIALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE TALLARINES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL  
DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)  
EN LA CALIDAD DE COCCIÓN, CONTENIDO DE  
MICRONUTRIENTES Y ANÁLISIS SENSORIAL”**

**Rosa Mayta Masco**  
**Pedro Pariapaza Ccari**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Asesor: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez**  
**Co-Asesor: M.Sc. Adalith Jhony Arisaca Parillo**



**JULIACA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS  
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE TALLARINES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL  
DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)  
EN LA CALIDAD DE COCCIÓN, CONTENIDO DE  
MICRONUTRIENTES Y ANÁLISIS SENSORIAL”**

Rosa Mayta Masco

Pedro Pariapaza Ccari

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

Co-Asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

Mayta, R. & Pariapaza, P. (2023). *Evaluación de tallarines con sustitución parcial de harina de quinua (Chenopodium quinoa willd.) en la calidad de cocción, contenido de micronutrientes y aceptabilidad sensorial*. [Tesis de pregrado en Ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca

**AUTOR:** Rosa Mayta Masco  
Pedro Pariapaza Ccari

**TÍTULO:** Evaluación de tallarines con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la calidad de cocción, contenido de micronutrientes y aceptabilidad sensorial

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2024

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (108 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela profesional de Ingeniería en Industrias alimentarias —  
Universidad Nacional de Juliaca

**CÓDIGO:** 03-000038-03/M32

**NOTA:** Incluye bibliografía

**ASESOR:** D. Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

**CO-ASESOR:** M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo

**PALABRAS CLAVE:** Tallarines enriquecidos, salcedo INIA, INIA 420 negra collana, calcio, hierro y litio.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**

**“EVALUACIÓN DE TALLARINES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL  
DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)  
EN LA CALIDAD DE COCCIÓN, CONTENIDO DE  
MICRONUTRIENTES Y ANÁLISIS SENSORIAL”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentada por:**

**ROSA MAYTA MASCO**

**PEDRO PARIAPAZA CCARI**

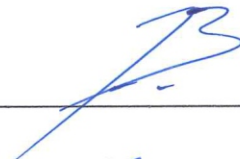
**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

**Dr. Julio Machaca Yana**  
**PRESIDENTE DE JURADO**

**Dr. Julio Rumualdo Gallegos Ramos**  
**JURADO (Secretario)**

**M.Sc. Roger Gómez Mamani**  
**JURADO (Vocal)**

**D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez**  
**ASESOR(A) DE TESIS**

  
**2° MIEMBRO**

  
**3° MIEMBRO**

  
**M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo**  
**CO-ASESOR DE TESIS**

**Rosa Mayta Masco Pedro Pariap Rosa Mayta Masc...**



**EVALUACIÓN DE TALLARINES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL  
DE HARINA DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.)**

Universidad Nacional de Juliaca

**Detalles del documento**

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:475513014

129 Páginas

Fecha de entrega

22 jul 2025, 2:38 p.m. GMT-5

31.334 Palabras

177.994 Caracteres

Fecha de descarga

22 jul 2025, 2:42 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

BORRADOR\_DE\_TESIS\_-\_Mayta\_Pariapaza\_Final.pdf

Tamaño de archivo

3.9 MB




## 10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
56 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedicamos con humildad y gratitud a Dios, la fuente infinita de sabiduría y guía en nuestro camino. A nuestros padres, cuyo amor incondicional y sacrificio nos enseñaron que la educación es el camino hacia un futuro mejor, les rendimos homenaje con este logro, como un reconocimiento a su esfuerzo constante. A nuestros hermanos, quienes siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos apoyo y ánimo en las situaciones más difíciles. También a nuestra familia, amigos y seres queridos, cuyo afecto y motivación han sido una fuente constante de fortaleza y determinación. Esta tesis es nuestra manera de expresar gratitud por el impacto que han tenido en nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTO**

Con profundo aprecio y gratitud, expresamos nuestro más sincero reconocimiento a nuestros padres, pilares fundamentales en este proceso, cuyo amor incondicional, sacrificio constante y confianza en nuestras capacidades han sido la fuerza motriz que nos permitió afrontar y superar cada desafío académico.

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Juliaca, por habernos proporcionado las herramientas formativas, el conocimiento científico y el entorno académico propicio que contribuyeron de manera significativa a nuestro desarrollo integral, tanto en el ámbito profesional como personal, durante el transcurso de estos cinco años de formación universitaria.

Extendemos nuestro sincero reconocimiento a nuestros asesores, cuyos valiosos aportes, orientación constante resultaron esenciales para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Asimismo, manifestamos nuestro agradecimiento a los miembros del jurado, por haber destinado parte de su valioso tiempo a la revisión crítica de este trabajo de investigación. Sus observaciones y sugerencias académicas aportaron significativamente al enriquecimiento del presente estudio.

De igual modo, agradecemos a nuestros compañeros y amigos, cuyo respaldo solidario y acompañamiento constante enriquecieron esta etapa, convirtiéndola en una experiencia inolvidable y significativa.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1.	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	1
1.1.1	Pregunta general.....	1
1.1.2	Pregunta específica .....	1
1.2.	OBJETIVOS.....	2
1.2.1.	Objetivo General .....	2
1.2.2.	Objetivos específicos.....	2
1.3.	Justificación.....	2

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES.....	5
2.2.	QUINUA.....	8
2.2.1.	Generalidades .....	8
2.2.2.	Taxonomía.....	10
2.2.3.	Variedades.....	10
2.2.4.	Proteínas de la quinua .....	13
2.2.5.	Minerales de la quinua .....	13

2.2.5.1.	Calcio .....	14
2.2.5.2.	Hierro .....	15
2.2.5.3.	Litio .....	16
2.2.6.	Recomendaciones nutricionales de minerales .....	17
2.2.1.	Quinua INIA 420 - Negra Collana .....	17
2.2.2.	Quinua Salcedo INIA .....	19
2.3.	TRIGO.....	19
2.4.	HARINAS .....	21
2.4.1.	Harina de Quinua .....	21
2.4.2.	Contribución de la harina de quinua en la industria alimentaria.....	23
2.4.3.	Harina de Trigo .....	24
2.4.3.1.	Factores de calidad de la harina de trigo .....	21
2.4.3.2.	Proteínas de la harina de trigo .....	21
2.5.	PASTAS ALIMENTICIAS O FIDEOS.....	23
2.5.1.	Generalidades .....	24
2.5.2.	Clasificación de las pastas alimenticias.....	27
2.5.3.	Características de calidad de las pastas .....	32
2.5.4.	Valor nutricional de la pasta - Composición fisicoquímico de pasta .....	32
2.5.5.	Contenido de minerales de las pastas .....	33
2.5.6.	Evaluación de las pastas alimenticias .....	33
2.5.6.1.	Evaluación Sensorial .....	33
2.5.6.2.	Evaluación fisicoquímica .....	34
2.5.6.3.	Análisis microbiológico.....	34
2.5.7.	Propiedades y calidad de cocción de la pasta.....	35
2.5.8.	Perfil de textura .....	39

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
3.1.1.	Hipótesis general .....	43

3.1.2.	Hipótesis específica .....	43
3.2.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	44
3.3.	MATERIALES.....	44
3.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	46
3.4.1.	Diagrama de flujo para elaboración de tallarines.....	41
3.4.2.	Descripción del diagrama de flujo para la obtención de la pasta.....	41
3.5.	Metodología experimental por objetivos.....	54
3.5.1.	Identificación de variables.....	44
3.5.2.	Diseño Experimental .....	44
3.5.3.	Diseño estadístico.....	47
3.5.4.	Método de análisis.....	48
3.6.	Parámetros del Análisis de textura .....	50
3.6.1.	Parámetros del Texturómetro .....	50
3.6.2.	Procedimiento para el análisis de textura .....	51
3.7.	METODOLOGÍA del Análisis Proximal.....	52
3.7.1.	General .....	52

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Caracterización Proximal de las materias primas.....	53
4.2.	Determinación de micronutrientes de las materias primas.....	56
4.3.	Evaluación sensorial de los tallarines.....	58
4.4.	Determinación de la calidad de cocción de los tallarines.....	62
4.5.	Análisis de Perfil de Textura de la pasta cocida.....	65
4.6.	Caracterización Físicoquímica de los tallarines .....	68
4.6.1.	Caracterización Proximal de los tallarines .....	68

4.6.2.	Determinación del contenido de micronutrientes .....	70
4.7.	ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS .....	73
4.7.1.	Determinación de acidez titulable .....	73
4.7.2.	Análisis microbiológicos de los tallarines .....	74

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones .....	76
5.2.	Recomendaciones .....	77
ANEXOS	.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variedades predominantes de quinua en el Perú .....	9
Tabla 2: Composición de macronutrientes en quinua, cereales y leguminosas. (g/100g de peso seco) .....	9
Tabla 3: Contenido de Minerales en la Quinua .....	11
Tabla 4: Recomendaciones nutricionales de calcio, hierro y litio.....	14
Tabla 5: Composición química de la quinua (INIA 420 - Negra Collana).....	15
Tabla 6: Perfil de Macronutrientes en granos de Quinua (g/100 g p. s.).....	16
Tabla 7: Caracterización proximal de harina de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	19
Tabla 8: Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua y trigo.....	19
Tabla 9: Características fisicoquímicas de la harina de quinua y trigo .....	20
Tabla 10: Comparación de la composición proximal de harina de trigo con otras harinas.....	21
Tabla 11: Composición de aminoácidos en la albumina (clara) y la yema .....	24
Tabla 12: Evaluación de la composición nutricional de pastas alimenticias.....	25
Tabla 13: Contenido nutricional de pastas elaboradas a base de harina de trigo .....	26
Tabla 14: Calidad nutricional de pasta enriquecida con aislado de proteína de quinua en diferentes niveles de inclusión. ....	26
Tabla 15: Clasificación de las pastas alimenticias según la NTP 206.010 (2016) .....	27
Tabla 16: Composición químico y energética de fideos secos.....	28
Tabla 17: contenido de minerales de las pastas con sustitución de harinas (maíz, yuca y frijol).....	28
Tabla 18: Requisitos Fisicoquímicos de las pastas.....	29
Tabla 19: Caracterización microbiológicos para pastas o fideos frescos. ....	30
Tabla 20: Requisitos microbiológicos para la inocuidad de pastas secas.....	30
Tabla 21. Parámetros de calidad en la cocción de pastas alimenticias.....	31
Tabla 22: Parámetros texturales mediante análisis del perfil de textura TPA .....	35
Tabla 23: Tratamientos y Codificación. ....	44
Tabla 24: Composición proximal de las materias primas (%).....	53
Tabla 25: Contenido de calcio, hierro y litio de las materias primas .....	59
Tabla 26: Calidad de cocción de los tallarines .....	64
Tabla 27: Perfil de Textura de la pasta cocida.....	67

Tabla 28: Composición proximal de los tratamientos (%).....	71
Tabla 29: Contenido de calcio, hierro y litio de los tratamientos.....	73
Tabla 30: Determinación de Acidez titulable de los tratamientos y control.....	74
Tabla 31: Agentes microbianos en UFC/g determinados para los tallarines .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura o corte longitudinal medial de semilla de quinua .....	7
Figura 2: Estructura general de los $\alpha$ -aminoácidos .....	10
Figura 3: Estructura de aminoácidos aromáticos de la quinua (fenilalanina y tirosina) .....	11
Figura 4: Sección longitudinal y transversal de un grano de trigo .....	17
Figura 5: estructura de aminoácidos esenciales .....	18
Figura 6: Molécula de la Gliadina C <sub>20</sub> H <sub>41</sub> N <sub>7</sub> O <sub>9</sub> .....	22
Figura 7: Estructura molecular de la Amilosa .....	23
Figura 8: Estructura molecular de la Amilopectina .....	23
Figura 9: Estructura de la goma xantana .....	37
Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los tallarines .....	42
Figura 11: Diagrama de Operaciones para la elaboración de Tallarines con sustitución parcial de Harina de quinua Salcedo INIA - Harina de quinua Negra Collana.....	43
Figura 12: Diagrama experimental para la elaboración de tallarines con sustitución parcial de harina de quinua.....	48
Figura 13: Composición proximal de las materias primas.....	54
Figura 14: Grafico de Contorno de Calcio (Ca), Hierro (Fe), litio (Li) .....	57
Figura 15: Contenido de calcio, hierro y litio de las materias primas.....	59
Figura 16: Gráfico de Biplot de los atributos de olor, color, textura, sabor, apariencia general y color de los tratamientos.....	60
Figura 17: Puntuaciones medias del test sensorial de los tratamientos .....	61
Figura 18: Comparación de parámetros de cocción en tallarines (Valores por estudio) .....	66
Figura 19: Perfil de textura de tallarines cocidos por tratamiento.....	68
Figura 20: Composición proximal de los tratamientos % .....	71
Figura 21: Concentraciones de calcio, hierro y litio en los tratamientos .....	73

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Determinación de humedad (NTP 205.037) .....	90
Anexo 2: Determinación de cenizas (NTP 205.038) .....	90
Anexo 3: Determinación de lípidos (AOAC 920.85) .....	91
Anexo 4: Determinación de fibra cruda (AOAC 920.86) .....	91
Anexo 5: Determinación de proteína (AOAC 2001.11) .....	92
Anexo 6: Elaboración de los fideos: Trefilado y laminado de la pasta .....	93
Anexo 7: Secado de los tallarines .....	93
Anexo 8: Análisis de calidad de cocción y textura de los tallarines .....	94
Anexo 9: Evaluación sensorial de los tallarines .....	94
Anexo 10: Análisis de varianza de micronutrientes en materia prima- calcio .....	95
Anexo 11: Análisis de varianza de micronutrientes en materia prima - hierro .....	96
Anexo 12: Análisis de varianza de micronutrientes en materia prima - litio .....	97
Anexo 13: Análisis de Tukey de micronutrientes en materia prima – calcio .....	99
Anexo 14: Análisis de Tukey de micronutrientes en materia prima – hierro .....	100
Anexo 15: Análisis de Tukey de micronutrientes en materia prima - litio .....	100
Anexo 16: Análisis de Componentes Principales del sensorial de los tratamientos .....	102
Anexo 17: Análisis de varianza del sensorial de los tratamientos .....	103
Anexo 18: Ficha de evaluación sensorial .....	104
Anexo 19: Balance de materia – elaboración de tallarín .....	105
Anexo 20: Balance de energía – elaboración de tallarín .....	106

## RESUMEN

La pasta constituye una fuente significativa de carbohidratos complejos, aunque su valor nutricional puede verse modificado según los ingredientes empleados en su preparación. Por otro lado, la quinua destaca por su excepcional perfil nutricional, caracterizado por un equilibrio adecuado de macronutrientes y una notable concentración de micronutrientes. El propósito de la presente investigación fue evaluar los tallarines con sustitución parcial de harina de quinua Salcedo INIA y harina de quinua INIA 420-Negra Collana, mediante la evaluación sensorial, calidad de cocción, perfil de textura, contenido de micronutrientes (calcio, hierro, litio) y caracterización proximal. Se diseñaron 6 formulaciones experimentales de tallarines, diferenciadas por el nivel de sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua. Las muestras T1 (31.65%), T2 (9.93%) y T3 (18.71%) incorporaron harina de quinua INIA 420 – Negra Collana, mientras que T4 (30.09%), T5 (9.90%) y T6 (21.58%) emplearon harina de quinua Salcedo INIA. Como referencia, se utilizó una muestra control elaborada con harina de trigo (100%). La harina de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana presentó un contenido proteico superior de (15.99%), Calcio (751.9 mg/kg) y Li (0.17 mg/kg). En la evaluación sensorial, los tratamientos T6 (21.58%) y T3 (18.71%) obtuvieron una aceptación comparable al tratamiento control, se observó que el aumento de proteína reduce la aceptación sensorial por el oscurecimiento del color. En el perfil de textura, una mayor proporción de quinua incrementó la dureza, sin afectar la cohesividad ni la elasticidad, T4 presentó la mayor masticabilidad, relacionada con su dureza. La gomosidad se correlacionó positivamente con la dureza, siendo más alta en T4 (30.09%) y más baja en T3(18.71%). Las formulaciones enriquecidas mejoraron significativamente el contenido de calcio, hierro y litio, superando estudios previos en tallarines sin gluten. Este trabajo evidencia el potencial de la quinua para desarrollar productos nutritivos con valor comercial.

**Palabras clave:** Tallarines enriquecidos, salcedo INIA, INIA 420 negra collana, calcio, hierro y litio.

## ABSTRACT

Pasta is a staple food primarily valued for its complex carbohydrate content; nonetheless, its nutritional quality can be altered depending on the raw materials used in formulation. Quinoa, in particular, is recognized for its outstanding nutrient profile, offering a balanced composition of macronutrients and a significant presence of essential trace elements. This research focused on assessing noodle formulations in which wheat flour was partially substituted with quinoa flour from two specific varieties: Salcedo INIA and INIA 420–Negra Collana. The study considered sensory characteristics, cooking properties, texture parameters, micronutrient concentrations (calcium, iron, lithium), and proximate composition. Six formulations were prepared, each with varying levels of quinoa flour inclusion. Treatments T1 (31.65%), T2 (9.93%), and T3 (18.71%) used flour from the INIA 420–Negra Collana variety, while T4 (30.09%), T5 (9.90%), and T6 (21.58%) incorporated Salcedo INIA quinoa flour. A 100% wheat flour noodle served as the control. Among the tested flours, INIA 420–Negra Collana exhibited the highest protein content (15.99%), along with elevated calcium (751.9 mg/kg) and lithium (0.17 mg/kg) levels. Sensory testing indicated that treatments T6 and T3 achieved consumer acceptance similar to that of the control. However, higher protein levels were linked to darker coloration, which negatively influenced sensory perception. Texture profile results showed that higher quinoa inclusion increased hardness without substantially altering cohesiveness or elasticity. Notably, T4 demonstrated the greatest chewiness due to its high hardness value. Additionally, gumminess was positively associated with hardness, being most pronounced in T4 and lowest in T3. Enrichment with quinoa flour significantly enhanced the content of calcium, iron, and lithium, outperforming previous reports on gluten-free pasta products. These results highlight quinoa's viability as a strategic ingredient in the development of nutritionally improved noodles with potential for commercial scalability.

**Keywords:** Enriched noodles, Salcedo INIA, INIA 420 Negra Collana, calcium, iron, and lithium.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha intensificado el interés por el desarrollo de alimentos que promuevan una mejor nutrición, garanticen la seguridad alimentaria, mantengan altos estándares de calidad y favorezcan la sostenibilidad ambiental. Entre estos productos, la pasta se destaca como un alimento de consumo masivo a nivel mundial, disponible en múltiples presentaciones como espaguetis, fideos y tallarines (Berat-Demir, 2020).

El tallarín posee un gran potencial como vehículo para la incorporación de proteínas, minerales y otros nutrientes, lo que permitiría convertirlo en un alimento funcional si se añaden componentes saludables a su formulación. (Borneo & Aguirre, 2008). Una estrategia efectiva para enriquecer su valor nutricional es la inclusión de granos andinos, los cuales son ricos en proteínas completas, presenta un perfil aminoacídico completo, destacando niveles adecuados de lisina y triptófano, aminoácidos esenciales que generalmente constituyen factores limitantes en las proteínas de los cereales convencionales (Repo-Carrasco *et al.*, 2010)

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en adelante denominada simplemente quinua, es un cultivo ancestral originario de los Andes, reconocido por su elevado valor nutricional, su capacidad antioxidante y su alto contenido de micronutrientes esenciales como hierro, calcio y potasio. Además, contiene oligoelementos como el litio, el cual ha sido asociado con propiedades neuromoduladoras y efectos tranquilizantes (Rodríguez *et al.*, 2023; Alonso, 2012). Asimismo, la quinua representa una valiosa fuente de proteínas de alta calidad, fibra dietética y minerales esenciales. Su naturaleza libre de gluten y su adaptabilidad en diversos procesos tecnológicos la convierten en un ingrediente funcional atractivo en la formulación de productos alimentarios. En este contexto, se ha incentivado el desarrollo de nuevos productos a base de harina de quinua con el propósito de ampliar sus aplicaciones y promover su consumo a nivel nacional e internacional (FAO, 2013). No obstante, la inclusión de nuevos ingredientes en las formulaciones de pasta representa un desafío, ya que puede alterar sus propiedades físicas, químicas y texturales, lo que a su vez afecta sus características organolépticas y aceptación sensorial (Bianchi *et al.*, 2021).

En este contexto, elaborar pastas que combinen un alto valor nutricional con buenas propiedades tecnológicas y sensoriales es un reto importante para la industria alimentaria. Entre las características tecnológicas más valoradas por los consumidores en productos de pasta destacan los parámetros de cocción, tales como el tiempo óptimo de cocción, la capacidad de absorción de agua y el incremento en volumen (Bchir, 2014). Durante este proceso, es deseable que la pasta libere una cantidad mínima de sólidos solubles al medio de cocción, conserve una textura firme o al dente y no adquiera una consistencia excesivamente pegajosa (Petitot, 2009). Para evaluar la textura de forma precisa al variar ingredientes, es fundamental estandarizar el tiempo de cocción, ya que, de lo contrario, las diferencias observadas podrían deberse más al tiempo de cocción que a los ingredientes en sí (Rakhash *et al.*, 2014).

Las variaciones observadas en las propiedades de cocción entre los diferentes tratamientos pueden atribuirse a la interacción de polisacáridos, principalmente almidones, y proteínas como la glutenina y la gliadina presentes en la sémola. Estos componentes afectan de manera significativa el comportamiento viscoamilográfico de la masa, modificando su capacidad de absorción y solubilidad en un medio acuoso. (Belton, 1999). La sustitución parcial de harina de trigo por ingredientes con bajo contenido de proteínas formadoras de gluten interfiere en la formación adecuada de la red glutínica (Wieser, 2007), lo que conlleva alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del sistema almidón, proteína, agua, afectando directamente la textura, cohesión y comportamiento durante la cocción (Vasiliu & Navas, 2009).

Aunque la quinua ha sido reconocida por su alto valor nutricional, los estudios orientados a su incorporación en matrices alimentarias como pastas, panificados o productos extruidos siguen siendo escasos en la literatura especializada (Chen *et al.*, 2023). En este marco, la presente investigación tiene como objetivo formular tallarines funcionales a partir de mezclas integradas por harina de trigo y dos variedades específicas de quinua andina: Salcedo INIA y INIA 420–Negra Collana, cuyas propiedades tecnológicas aún no han sido ampliamente estudiadas. Esta propuesta busca enriquecer el valor nutricional del producto final, con especial énfasis en la mejora del contenido de micronutrientes esenciales como calcio, hierro y litio

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE PROBLEMA**

La creciente demanda de productos alimentarios más nutritivos y funcionales ha impulsado a la industria a desarrollar formulaciones que mantengan sus propiedades físicas y sensoriales. Micronutrientes como el hierro, calcio y litio han adquirido relevancia por su rol en funciones corporales esenciales: el hierro participa en el transporte de oxígeno y el metabolismo energético a través de la hemoglobina y los citocromos (Linus Pauling Institute, s. f.), el calcio es crucial para la formación ósea, la contracción muscular, la transmisión nerviosa y la coagulación sanguínea (Wikipedia, s. f.), y el litio, además de su uso terapéutico en trastornos del ánimo, influye en procesos biológicos como la hematopoyesis y la función glandular (Canete et al., 2021). En los últimos años, el consumo de pastas alimenticias en el Perú ha mostrado una tendencia creciente, impulsada principalmente por su facilidad de preparación y aceptación generalizada en la dieta cotidiana (INEI, 2023). Esta categoría de alimentos representa una matriz tecnológica adecuada para la incorporación de cultivos andinos de alto valor nutricional, como la quinua, a través de procesos de enriquecimiento o sustitución parcial de ingredientes convencionales.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito evaluar la calidad integral de pastas alimenticias elaboradas mediante la sustitución parcial de harina de trigo por dos variedades de harina de quinua andina, seleccionadas por su alto contenido de micronutrientes esenciales como hierro, calcio y litio. El estudio se enfoca en analizar la textura, las propiedades fisicoquímicas, la aptitud tecnológica en cocción y la aceptabilidad sensorial del producto final.

### **1.1.1. Pregunta general.**

- ¿Cuáles son las proporciones óptimas de sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), utilizando las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, a través de la evaluación del análisis sensorial, las propiedades de cocción, perfil de textura y contenido de micronutrientes (calcio, hierro y litio)?

### **1.1.2. Pregunta específica.**

- ¿Cuál es la mezcla óptima de harina de trigo y harinas de quinua, provenientes de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, para la elaboración de tallarines, en función al contenido de micronutrientes (calcio, hierro y litio)?
- ¿De qué manera influye evaluar el efecto de las mezclas de harina de trigo con harinas de quinua, de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, en las propiedades sensoriales de tallarines elaborados a partir de dichas formulaciones?
- ¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de quinua, correspondientes a las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, en la calidad de cocción, propiedades texturales, composición fisicoquímica y el contenido de micronutrientes (calcio, hierro y litio) en tallarines elaborados a partir de dichas formulaciones?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana en la elaboración de tallarines, a través del análisis sensorial, calidad de cocción, perfil de textura y contenido de micronutrientes (calcio, hierro y litio)

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la proporción óptima de mezcla entre harina de trigo y harinas de quinua, de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, en la formulación de tallarines, en función al contenido de micronutrientes, (calcio, hierro y litio).
- Analizar las características sensoriales de tallarines elaborados mediante la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de quinua, empleando las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana.
- Evaluar la calidad de cocción, el perfil de textura, composición físico-química y el contenido de micronutrientes (calcio, hierro y litio) en tallarines elaborados con sustitución parcial de harina de trigo con harinas de quinua, de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La OMS, (Organización Mundial de la Salud) y la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos) (WHO, 2006; FDA, 2020), reconocen a las pastas alimenticias como matrices alimentarias eficaces para la incorporación de nutrientes esenciales en la dieta, debido a su capacidad de ser fortificadas con proteínas, fibra dietética, vitaminas y minerales. En particular, los tallarines, elaborados principalmente a base de harina de trigo y agua, pueden ser enriquecidos mediante la adición de ingredientes con alto valor nutricional, lo que amplía su funcionalidad en programas de mejora alimentaria (Morales, 2008).

Las pastas elaboradas con un porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de quinua presentan un mayor contenido de micronutrientes, como calcio, hierro y litio, lo que mejora su perfil nutricional. Aunque la harina de quinua no contiene gluten, su incorporación permite desarrollar productos alternativos con beneficios funcionales, especialmente en contextos donde se busca diversificar fuentes alimenticias. Esta formulación representa una oportunidad para promover la valorización e industrialización de la quinua en programas de alimentación nutricional y desarrollo agroindustrial.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido reconocida a nivel internacional por su destacado perfil nutricional, lo que ha motivado su promoción como cultivo estratégico para la seguridad alimentaria global. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), este pseudocereal presenta un alto potencial nutricional y nutracéutico, debido a su equilibrado contenido de aminoácidos esenciales, su excelente calidad proteica y su abundancia de vitaminas, minerales y oligoelementos como el litio (Campos-Rodríguez *et al.*, 2022).

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el potencial de dos variedades de harina de quinua andina como ingredientes funcionales en la elaboración de pastas alimenticias, con el fin de mejorar su valor nutricional mediante el enriquecimiento en micronutrientes esenciales como calcio, hierro y litio. Asimismo, se busca identificar alternativas tecnológicas de procesamiento que favorezcan su incorporación sin afectar negativamente las características físicas y sensoriales del producto final, contribuyendo así al desarrollo sustentable del sector alimentario.

En el Perú, la malnutrición persiste como un problema de salud pública, asociado en gran medida a una ingesta deficiente de micronutrientes esenciales. Según el Ministerio de Salud (MINSA, 2019), aproximadamente el 90 % de la población no alcanza los niveles de consumo recomendados para un adecuado desarrollo fisiológico. Ante esta situación, resulta fundamental promover el desarrollo de alimentos procesados con alto valor nutricional, que contribuyan a mejorar el aporte de minerales como calcio, hierro y litio. En este estudio, se propuso identificar la combinación óptima de harinas de quinua, específicamente de las variedades Salcedo INIA e INIA 420–Negra Collana, para su incorporación en formulaciones de pastas enriquecidas, para elaborar tallarines con altos niveles de micronutrientes y macronutrientes, aprovechando que este producto puede ser un vehículo excelente para suplementarse con minerales, proteínas y otros nutrientes, convirtiéndose en un alimento funcional.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Vargas *et al.* (2024), formularon una pasta tipo tallarín utilizando harina de quinua variedad Blanca Juli y lentejas, con el objetivo de desarrollar un alimento cuyas propiedades organolépticas y funcionales sean comparables a las de los tallarines convencionales elaborados con trigo, los cuales contienen gluten. El estudio evaluó diversas propiedades, calidad de cocción, capacidad de hidratación y comportamiento reológico, así como parámetros de color y perfil de textura. Se formularon tres variantes de tallarines con diferentes proporciones de harina de lenteja (10 %, 20 % y 30 %), las cuales fueron comparadas con una muestra control, la formulación T3, compuesta por un 70 % de sémola de quinua y un 30 % de harina de lenteja, evidenció las mejores propiedades físicas entre las muestras evaluadas, sin presentar diferencias estadísticamente significativas.

Havva *et al.* (2021), evaluaron las características de calidad de fideos instantáneos fortificados con diferentes proporciones de harina de quinua. Las formulaciones se prepararon a partir de mezclas de harina de quinua y harina de trigo en proporciones de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100, incorporando en todos los casos un 25 % de almidón de papa como componente constante. Se evaluó el efecto combinado de las proporciones de harinas y del nivel de humedad del alimento (30 %, 35 % y 40 %) sobre el grado de gelatinización y distintos parámetros de calidad, incluyendo la calidad de cocción, propiedades texturales, color, capacidad de absorción de agua, solubilidad y expansión del producto. Los hallazgos indicaron que, al aumentar la proporción de harina de quinua, se incrementaron la absorción de agua, la dureza y la intensidad del componente rojo ( $a^*$ ), mientras que se redujeron la cohesividad y la luminosidad ( $L^*$ ) de los fideos instantáneos, las muestras elaboradas con alto contenido de harina de quinua y procesadas con un 40 % de humedad presentaron una superficie más suave.

Demir y Bilgiçli (2021), investigaron la incorporación de harina de semillas de quinua, tanto en estado crudo como germinado, en la formulación de pastas libres de gluten. Para la comparación, se utilizó como grupo control una mezcla equitativa de harina de arroz y sémola de maíz en proporción (50:50), las harinas de quinua reemplazaron progresivamente dicha mezcla en base a proporciones de variables entre 0 % y 30 %, el estudio analizó los parámetros de color, las propiedades de cocción, así como los atributos químicos y sensoriales de las diferentes formulaciones. El empleo de harina de quinua germinada se relacionó con una menor absorción de agua, mayor firmeza estructural y una expansión volumétrica superior, aunque también implicó un aumento en las pérdidas por cocción en comparación con la harina de quinua sin germinar. Asimismo, la adición de harina de quinua favoreció un incremento significativo en el contenido promedio de proteínas, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante, cuyos valores se elevaron de 8.1 % a 12.7 %, de 0.7 a 1.5 mg GAE/g, y de 13.4 % a 28.8 %, respectivamente. Además, se evidenció un aumento estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones de minerales como calcio (Ca), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), fósforo (P) y zinc (Zn) en todas las formulaciones que incluían este ingrediente funcional.

Itusaca-Maldonado *et al.* (2024), formularon una pasta sin gluten a base de harina de quinua, con el propósito de optimizar sus características tecnológicas y texturales mediante la aplicación de un Diseño Central Compuesto con Estrella (CCD). El diseño experimental contempló cinco variables independientes: temperatura del agua (°C), volumen de agua (mL), tiempo de mezclado (min), temperatura de secado (°C) y tiempo de secado (min). Los análisis revelaron que la temperatura de secado tuvo una influencia negativa y estadísticamente significativa sobre el tiempo de cocción, reduciéndolo progresivamente a medida que aumentaba la temperatura. En contraste, variables como la pérdida por cocción, la ganancia de masa, los valores cromáticos  $a^*$  y  $b^*$ , así como la firmeza textural, aumentaron positivamente con mayores tiempos de secado. Mediante el análisis de optimización, se determinaron las condiciones ideales de procesamiento para la formulación de pasta sin gluten, las cuales correspondieron a una temperatura del agua de 25 °C, un volumen de 1150 mL, 30 minutos de mezclado, una temperatura de secado de 70 °C y un tiempo de secado de 80 minutos. Bajo estos parámetros, se obtuvo una deseabilidad global de 0.883.

Los autores concluyeron que la optimización de estas variables permite desarrollar una pasta sin gluten a base de quinua con propiedades tecnológicas adecuadas y un alto valor agregado.

Schoenlechner *et al.* (2005), elaboraron fideos empleando harinas de amaranto, quinua y trigo sarraceno, utilizando formulaciones con un 100 % de cada pseudocereal de manera individual, así como mezclas combinadas de los tres. El propósito de esta investigación fue desarrollar fideos con adecuada calidad textural, definida por un tiempo de cocción constante, elevado rendimiento en peso tras la cocción, mínima pérdida de sólidos al medio y una firmeza estructural óptima, además de atributos sensoriales aceptables para el consumidor. Considerando que los pseudocereales utilizados no contienen gluten proteína fundamental para la formación de la red estructural que caracteriza la textura de los fideos elaborados con trigo, se requirió la incorporación de aditivos tecnológicos que compensaran dicha ausencia. Para ello, se añadieron albúmina, emulsionantes y enzimas transglutaminasas, con el fin de mejorar la estructura y calidad final de los fideos elaborados exclusivamente con pseudocereales.

Schoenlechner *et al.* (2010) exploraron la producción de pasta libre de gluten utilizando pseudocereales como el amaranto, la quinua y el trigo sarraceno como materias primas alternativas. El objetivo principal fue obtener un producto con buena calidad textural, reduciendo la pérdida de masa durante la cocción, optimizando el peso final tras la cocción y garantizando una textura firme. Los hallazgos del estudio evidenciaron que la inclusión de amaranto en la formulación contribuyó a una disminución en la firmeza textural y en el tiempo requerido para la cocción. En contraste, la quinua se asoció con un aumento en la pérdida de sólidos durante el cocinado. Sin embargo, la combinación de los tres pseudocereales 60 % trigo sarraceno, 20 % amaranto y 20 % quinua permitió mejorar significativamente la integridad estructural de la matriz alimentaria. Del mismo modo, al ajustar el contenido de humedad de la masa al 30 % e incorporar un 6 % de albúmina de huevo en polvo junto con un 1.2 % de emulsionante (monoglicéridos destilados), se lograron niveles de firmeza estructural y rendimiento en cocción equivalentes a los observados en pastas convencionales elaboradas a base de trigo.

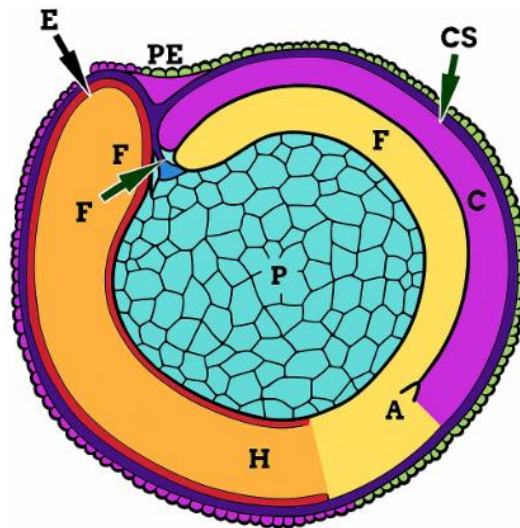
## 2.2. QUINUA.

### 2.2.1. Generalidades

*Chenopodium quinoa* Willd., comúnmente conocida como quinua o quínoa, es una especie pseudocereal domesticada en la región andina de América del Sur, valorada por su perfil nutricional excepcional y su amplia adaptabilidad a condiciones agroclimáticas diversas. Este grano presenta un notable contenido de proteínas de alto valor biológico, carbohidratos complejos, ácidos grasos insaturados, vitaminas del grupo B y minerales esenciales como calcio, hierro, zinc y magnesio. Su composición naturalmente exenta de gluten la convierte en una alternativa segura para individuos con enfermedad celíaca o sensibilidad no celíaca al gluten.

La quinua ha sido identificada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011) como un cultivo clave para contribuir a la seguridad alimentaria global, gracias a su perfil nutricional integral y sus propiedades nutracéuticas. Este pseudocereal presenta una notable diversidad genética, lo que le permite adaptarse eficientemente a condiciones edafoclimáticas extremas, como suelos con alta salinidad, climas áridos, altitudes elevadas y oscilaciones térmicas pronunciadas. En términos morfológicos, sus semillas exhiben una amplia gama de colores desde blanco y amarillo hasta rojo, gris y negro, con un diámetro promedio de 1.8 mm y una forma que varía entre esférica y ligeramente aplanada (Campos-Rodríguez *et al.*, 2022)

Un aspecto nutricionalmente destacado de la quinua es su perfil completo de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una fuente proteica de alta calidad (FAO, 2013). A diferencia de cereales convencionales como el trigo o el arroz, cuyos aminoácidos esenciales se concentran principalmente en las capas externas (salvado y pericarpio) y tienden a perderse durante el refinado, en la quinua estos compuestos se encuentran mayoritariamente en el endospermo, lo que permite conservar su valor nutricional tras el procesamiento (Vega-Gálvez, 2010). Dentro de estos aminoácidos destacan el triptófano, lisina, metionina y fenilalanina. Además, la quinua contiene oligoelementos como el litio, cuya posible implicancia en la modulación del sistema nervioso central y el equilibrio del estado de ánimo ha sido reportada en investigaciones recientes en las áreas de nutrición funcional y neurociencia



**Figura 1: Estructura o corte longitudinal medial de semilla de quinua.**

**Nota:** El grano de quinua presenta una estructura morfoanatómica compleja, compuesta por diversas regiones funcionales. Entre ellas se encuentran el pericarpio (PE), que constituye la capa externa protectora; la cubierta seminal o cáscara (CS); el eje radical del hipocótilo (H); y los cotiledones (C), encargados de la absorción y almacenamiento de nutrientes durante la germinación. El endospermo (E), que en la quinua está presente únicamente en la región micropilar, cumple funciones de soporte estructural. También se identifican la radícula (R), el funículo (F), el apéndice del brote (A), y el perispermo (P), este último es la principal zona de almacenamiento de almidones, lo que le confiere alta relevancia desde el punto de vista nutricional y tecnológico.

FUENTE: Prego *et al* (1998). (Bhargava, 2006)

En términos comparativos, los granos de quinua presentan un mayor contenido de lípidos y proteínas, y una menor proporción de almidón, respecto a cereales convencionales pertenecientes a la familia *Poaceae*, como el trigo, arroz, cebada y maíz (Satheesh, 2018). A nivel estructural, el almidón se localiza principalmente en el perispermo, mientras que las fracciones lipídicas y proteicas se concentran en el embrión y el endospermo (Paolino-Ninfali, 2020). Entre las 77 variedades de quinua, los contenidos de humedad, proteínas, lípidos, cenizas y carbohidratos oscilaron entre 9.2% a 13.4%, 8.3% a 11.4%, 5.4% a 7.8%, 2.5% a 4.1% y 78.5% a 82.9%, respectivamente (Encina-Zelada, 2017).

### 2.2.2. Taxonomía

Mujica *et al.* (2012), clasifica según su taxonomía de la siguiente forma.

Reino: *Vegetal*

División: *Fanerógamas*

Clase: *Dicotiledóneas*

Subclase: *Angiospermas*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiaceae*

Género: *Chenopodium*

Sección: *Chenopodia*

Subsección: *Cellulata*

Especie: *Chenopodium quinoa willd.*

### 2.2.3. Variedades

En el Perú se cultivan múltiples variedades de quinua, cuya diferenciación responde a factores agroecológicos y fenotípicos, tales como la altitud y latitud del área de siembra, la pigmentación del grano, las características organolépticas (como el sabor) y la duración de su ciclo vegetativo.

**Tabla 1: Variedades predominantes de la quinua en el Perú.**

<b>Variedad de grano</b>	<b>Eflujión de saponina</b>	<b>Color de pericarpio</b>	<b>Color de episperma</b>	<b>Tamaño de grano</b>
INIA 420 - Negra Collana	Nada	Gris	Negro	Pequeño
INIA 427 - Amarilla Sacaca	Mucha	Amarillo	Blanco	Grande
INIA 431 – Altiplano	Nada	Crema	Blanco	Grande
INIA 415 – Pasankalla	Nada	Gris	Rojo	Mediano
Illpa INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande
Salcedo INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande
Quillahuaman INIA	Regular	Crema	Blanco	Mediano
Ayacuchana INIA	Regular	Crema	Blanco	Pequeño
Amarilla Marangani	Mucha	Anaranjado	Blanco	Grande
Blanca de Juli	Poca	Crema	Blanco	Pequeño
Blanca de Junín	Regular	Crema	Blanco	Mediano
Cheweca	Poca	Crema	Blanco	Mediano
Hualhuas	Nada	Crema	Blanco	Mediano

«continuación»

Huacariz	Poca	Crema	Blanco	Mediano
Huancayo	Regular	Crema	Crema	Mediano
Kancolla	Poca	Crema	Blanco	Mediano
Mantaro	Nada	Crema	Blanco	Mediano
Rosada de Junín	Regular	Crema	Blanco	Pequeño
Rosada Taraco	Mucha	Crema	Blanco	Grande
Rosada de Yanamango	Poca	Crema	Blanco	Mediano

FUENTE: FAO (2013).

**Tabla 2: Composición de macronutrientes en quinua, cereales y leguminosas (g/100g de peso seco)**

Parámetros	Quinua	Cebada	Maíz	Arroz	Trigo	Avena	Centeno	Frijol de Lupino	Soya
Proteínas	16.5	10.8	10.2	7.6	14.3	11.6	13.4	39.1	36.1
Lípidos	6.3	1.9	4.7	2.2	2.3	5.2	1.8	7.0	18.9
Fibra dietética	3.8	4.4	2.3	6.4	2.8	10.4	2.6	14.6	5.6
Cenizas	3.8	2.2	11.7	3.4	2.2	2.9	2.1	4.0	5.3
Carbohidratos	69	80.7	81.7	80.4	78.4	69.8	80.1	35.3	34.1
Kcal/100 g	399	383	408	372	392	372	390	361	451

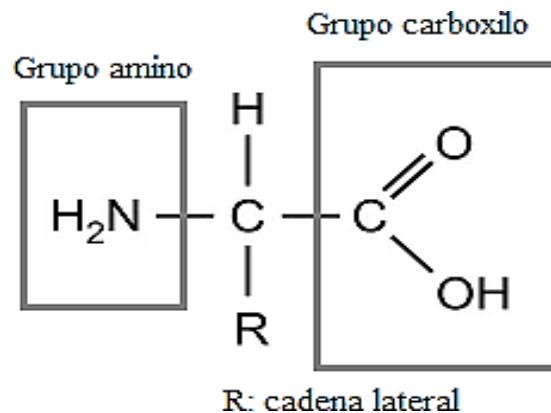
Kcal/100 g: (% proteína +carbohidratos) +9 X (%grasa).

FUENTE: (Chamorro, 2004)

En la Tabla 2, diversas investigaciones han demostrado que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) presenta un contenido de proteínas significativamente superior al de la mayoría de los cereales convencionales. De igual modo, su proporción de lípidos es mayor en comparación con cultivos como el trigo (*Triticum aestivum*), el arroz (*Oryza sativa*) y el maíz (*Zea mays*), lo que resalta su potencial nutricional como alimento funciona (Pachari – Vera, 2019). En relación con su contenido de fibra dietética, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se ubica en un nivel intermedio en comparación con los cereales tradicionales. No obstante, su elevada proporción de cenizas refleja una mayor concentración de minerales respecto a la mayoría de estos granos. Además, el contenido de almidón en la quinua es relativamente bajo, situándose en niveles similares a los observados en la avena (*Avena sativa*) (Filho, 2017).

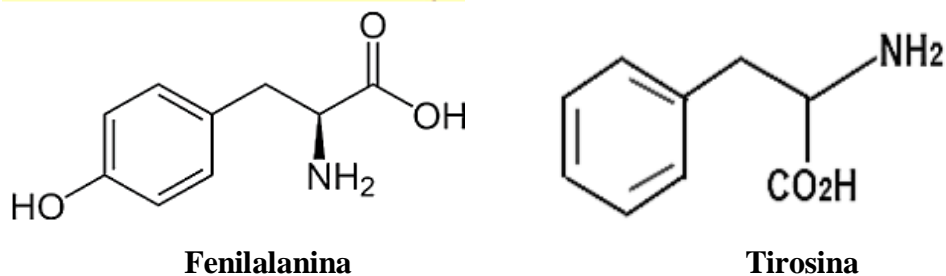
El contenido proteico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) oscila entre 8 y 22 g por cada 100 g de materia seca, una cantidad comparable a la presente en cereales como el trigo (*Triticum aestivum*) y la avena (*Avena sativa*), y sustancialmente superior a la observada en el arroz (*Oryza sativa*) y el maíz (*Zea mays*). (Campos-Rodríguez *et al.*, 2022). Las proteínas son macromoléculas compuestas por secuencias lineales de aminoácidos, cuyos enlaces peptídicos forman estructuras tridimensionales complejas. Cada aminoácido presenta una arquitectura molecular característica, constituida por un grupo amino (-NH<sub>2</sub>), un grupo carboxilo (-COOH) y una cadena lateral o grupo R, cuya naturaleza química determina las propiedades específicas de cada uno (ver Figura 2). A través de enlaces peptídicos, los aminoácidos se ensamblan en cadenas polipeptídicas que, posteriormente, se pliegan en estructuras tridimensionales, lo que les permite ejercer su función biológica.

Según Yruela (2014), indica que, los aminoácidos son fundamentales tanto como componentes esenciales de las proteínas, las cuales desempeñan un papel vital en el metabolismo celular. De los veinte aminoácidos que constituyen las proteínas, el organismo humano es capaz de sintetizar aproximadamente la mitad. Los diez restantes, conocidos como aminoácidos esenciales, no pueden ser producidos endógenamente y, por tanto, deben ser incorporados mediante una alimentación adecuada y balanceada.



**Figura 2: Estructura general de los  $\alpha$ -aminoácido**

FUENTE: (Coulate, 2002)



**Figura 3: Estructura de aminoácidos aromáticos de la quinua (fenilalanina y tirosina)**

Nota: Las proteínas presentes en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se caracterizan por contener aminoácidos esenciales en proporciones que cumplen con los estándares nutricionales establecidos por la FAO y la OMS. Entre ellos destacan los aminoácidos aromáticos como la fenilalanina y la tirosina, así como contenidos adecuados de histidina, isoleucina, treonina y valina, lo que contribuye a su alto valor biológico.

FUENTE: (Campo, 2022).

#### 2.2.4. Minerales de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se distingue por su elevado contenido de magnesio, alcanzando aproximadamente 246,5 mg por cada 100 g de peso seco, lo cual representa el doble del valor presente en el arroz (*Oryza sativa*, 120 mg) y el trigo (*Triticum aestivum*, 118 mg). Asimismo, su concentración supera en más del 20 % a la del frijol (*Phaseolus vulgaris*), que contiene cerca de 200 mg. Además, la quinua es una fuente significativa de otros minerales esenciales como calcio, fósforo y hierro Byong (2000). Los minerales representan aproximadamente entre el 4 % y el 5 % del peso corporal total y son fundamentales para el mantenimiento de funciones fisiológicas esenciales, participando como cofactores enzimáticos, reguladores del equilibrio ácido-base, transmisores de impulsos nerviosos y componentes estructurales de tejidos y órganos. Su papel es tanto estructural como regulador, ya que una deficiencia mineral puede alterar significativamente las reacciones bioquímicas del organismo, con consecuencias adversas para la salud humana Unda (2014).

**Tabla 3: Contenido de Mineral de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Referencias	Calcio	Hierro	Potasio	Magnesio	Litio
Koziol M.J 1992.	1487	132	9267	2496	Nd
Food Reviews International 179- 189.	940	168	Nd	2700	Nd
Food Chemistry 131-136.	874	81	12000	2620	Nd
Industrial Crops and Products 23 73-87.	1274	20	6967	Nd	Nd
Biotechnology and Bichemistry 231-234.	863	150	7320	5020	Nd
Food Chemistry (2014) 420-426.	44	5.46	664	1.95	7.95

FUENTE: Arisaca (2021)

En la Tabla 3, se muestra diversos estudios reportados de la presencia de múltiples minerales en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), evidenciando variaciones en sus concentraciones. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como las condiciones ambientales, el manejo agronómico, el tipo de suelo y la variedad genética del cultivo. La literatura científica muestra que dichos elementos influyen significativamente en la absorción y acumulación de minerales esenciales en el grano. Los minerales contenidos en el suelo constituyen una de las principales fuentes de nutrientes para el desarrollo y acumulación de compuestos minerales en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), influyendo directamente en su perfil nutricional, la calidad del suelo, su pH, la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad afectan directamente la cantidad de minerales que la planta puede absorber.

#### **2.2.4.1. Calcio**

Según Coultate (2002), los cereales tradicionales son, en general, pobres en calcio; por ejemplo, la harina integral contiene aproximadamente 35 mg por cada 100 gramos. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) destaca por su elevado contenido de calcio, con concentraciones que oscilan entre 46 y 340 mg por cada 100 g de materia seca, superando notablemente a otros cultivos tradicionales (FAO, 2011). Este mineral cumple funciones fisiológicas esenciales, tanto en tejidos óseos como blandos, y participa activamente en procesos como la transmisión de impulsos nerviosos, la secreción celular y la coagulación sanguínea.

En el organismo humano adulto, el calcio constituye aproximadamente el 2 % del peso corporal total, lo que corresponde a una masa estimada entre 1.000 y 1.500 gramos. Esta cantidad convierte al calcio en el mineral más abundante del cuerpo, desempeñando un papel estructural fundamental en huesos y dientes, además de participar en múltiples funciones fisiológicas (Unda, 2014). En el caso de la quinua, el tipo predominante presente es el fosfato de calcio ((Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>), una forma altamente biodisponible que contribuye significativamente al mantenimiento de la salud ósea (Campos-Rodriguez *et al.*, 2022).

#### **2.2.4.2. Hierro**

El contenido de hierro en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es considerablemente superior al de otros cereales de consumo habitual. Estudios comparativos han señalado que puede contener hasta tres veces más hierro que el trigo (*Triticum aestivum*) y hasta cinco veces más que el arroz (*Oryza sativa*), mientras que el maíz (*Zea mays*) presenta niveles significativamente más bajos de este micronutriente. Según datos reportados por la FAO (2011), el contenido de hierro en la quinua puede alcanzar concentraciones de hasta 13 mg por cada 100 g de materia seca, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo.

En el cuerpo humano, la cantidad total de hierro se estima entre 2,5 y 4 gramos, distribuyéndose principalmente en la hemoglobina, la mioglobina y enzimas asociadas al metabolismo oxidativo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece los requerimientos diarios de hierro en función de su biodisponibilidad dietética, la cual puede variar entre el 5 % y el 15 %. Esta variabilidad depende de diversos factores, como la presencia de proteínas de origen animal, calcio, hierro no hemo y vitamina C en la dieta, que pueden influir positiva o negativamente en su absorción intestinal.

Desde el punto de vista nutricional, el hierro dietético se clasifica en dos formas principales: hierro hemo y hierro no hemo. El primero se encuentra predominantemente en alimentos de origen animal como carnes rojas, aves y pescados y se caracteriza por su alta biodisponibilidad y eficiente absorción intestinal. En cambio, el hierro no hemo está presente en alimentos de origen vegetal, tales como legumbres, cereales integrales, semillas y productos fortificados, y su absorción es considerablemente menor, ya que depende de diversos factores dietéticos que pueden favorecerla o inhibirla. Aunque el hierro no hemo es menos eficiente en términos de absorción, desempeña un papel esencial en el

mantenimiento de dietas saludables, especialmente en poblaciones vegetarianas o con acceso limitado a productos animales (Gibson, Ferguson & Lehrfeld, 2010). A nivel mundial, la deficiencia de hierro continúa siendo la causa más prevalente de anemia nutricional, con una alta incidencia en poblaciones vulnerables, particularmente en mujeres en edad reproductiva y niños menores de cinco años en países en desarrollo. Esta condición representa un importante problema de salud pública debido a sus efectos adversos sobre el crecimiento, el desarrollo cognitivo y la capacidad productiva (OMS, 2004)

#### **2.2.4.3. Litio**

El litio está presente en diversos alimentos de consumo habitual, tales como vegetales, carnes, huevos, productos lácteos y granos. En una investigación centrada en la disponibilidad de litio en quinua perlada perteneciente a los ecotipos Ayara e INIA 420 – Negra Collana, Arisaca (2016), reportó una concentración de  $1,4886 \pm 0,01$  ppm de litio. Hasta la fecha, la Organización Mundial de la Salud (OMS) no ha establecido valores de referencia oficiales para la ingesta dietética de litio, debido a la limitada evidencia científica disponible sobre su papel fisiológico esencial en el organismo humano, este oligoelemento ha sido ampliamente vinculado al tratamiento a largo plazo del trastorno afectivo bipolar, particularmente por su capacidad para reducir la frecuencia de episodios maníacos y depresivos (Moncrieff, 2018).

Schrauzer (2002), señala que los vegetales y los granos constituyen las principales fuentes dietéticas de litio, con contenidos que oscilan entre 0,5 y 3,4 mg/kg de alimento. La ingesta diaria estimada puede situarse entre 430  $\mu$ g y 2.900  $\mu$ g, dependiendo del patrón dietético individual y la disponibilidad geográfica del mineral en los suelos agrícolas.

Investigaciones realizadas en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno han reportado la presencia de litio en quinua perlada perteneciente a los ecotipos Ayara e INIA 420 - Negra Collana, evidenciando que sus concentraciones varían en función de los procesos agroindustriales aplicados durante el tratamiento poscosecha. Las concentraciones de litio fueron: Perlado: Ayara (2.0245 ppm), Negra Collana (1.4886 ppm), Molienda: Ayara (3.0130 ppm), Negra Collana (1.5339 ppm), Extrusión: Ayara (5.7647 ppm). El proceso de extrusión incrementó significativamente las concentraciones de litio.

### 2.2.5. Recomendaciones nutricionales de minerales

En la Tabla 4. se presentan las cantidades recomendadas de calcio, hierro y litio expresadas en miligramos. Si bien organismos internacionales como la FAO y la OMS han establecido recomendaciones oficiales sobre los requerimientos nutricionales de minerales como el calcio y el hierro, aún no existen valores de referencia definidos para otros oligoelementos como el litio, debido a la escasez de evidencia concluyente sobre su esencialidad fisiológica, actualmente no se han definido recomendaciones oficiales sobre la ingesta diaria de litio. Este oligoelemento continúa siendo objeto de estudio, especialmente en relación con su posible inclusión en suplementos vitamínicos para el tratamiento de trastornos neuropsiquiátricos.

A pesar de la ausencia de valores de referencia estandarizados, algunas investigaciones sugieren que la dieta habitual puede aportar alrededor de 2 mg de litio al día (López, 1991). Según estimaciones citadas por Arisaca (2021), basadas en datos de Lenntech (2015), el cuerpo humano contiene aproximadamente 7 mg de litio. No obstante, esta cantidad puede variar en función de factores como la dieta habitual y la exposición ambiental al mineral.

**Tabla 4: Recomendaciones nutricionales de calcio, hierro y litio**

<b>Mineral</b>	<b>Cantidad recomendada (mg/día)</b>	<b>Fuente</b>
<b>Calcio</b>	1.000–1.300	FAO/OMS (2001)
<b>Hierro</b>	8–18	FAO/OMS (2001); OMS (2004)
<b>Litio</b>	2 (estimado por dieta)	López (1991); Arisaca (2021)
<b>Litio (contenido corporal total)</b>	7 mg (aproximadamente)	Lenntech (2015), citado en Arisaca (2021)

### 2.2.6. Quinoa INIA 420 - Negra Collana

A pesar de su reducido tamaño, el grano de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) se caracteriza por una elevada concentración de proteínas, lo que contribuye a su reconocimiento como un alimento funcional con alto valor nutricional en dietas humanas (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). Asimismo, se ha identificado la presencia de litio en su composición, un oligoelemento que, si bien aún se encuentra en evaluación científica, ha sido asociado con efectos antidepresivos potenciales UNESCO (2016).

La variedad de quinua INIA 420 – Negra Collana, perteneciente a la especie *Chenopodium quinoa* Willd., fue desarrollada en el año 2008 mediante procesos de mejoramiento genético. Esta variedad destaca por su pigmentación oscura y por presentar un ciclo fenológico comprendido entre 136 y 140 días. Se clasifica como "quinua dulce" debido a su bajo contenido de saponinas, característica que favorece su consumo directo sin necesidad de procesos de desaponificación. Su rendimiento potencial puede alcanzar hasta 4,5 toneladas por hectárea, mostrando además una alta adaptabilidad agroecológica a condiciones edafoclimáticas de los valles interandinos y de la costa peruana (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013; Rosas, 2015)

Diversos estudios recientes han evidenciado que la quinua de grano negro posee un alto contenido de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, entre los que destacan la luteína y el  $\gamma$ -tocoferol (Tang *et al.*, 2015). Tradicionalmente, su consumo ha sido asociado con efectos nutracéuticos beneficiosos, especialmente como coadyuvante en el manejo de alteraciones del estado de ánimo, tales como la ansiedad y la depresión. Asimismo, una de las características más notables de esta variedad es su composición mineral, que incluye elementos esenciales como litio, potasio, calcio, hierro, magnesio y zinc, los cuales son fundamentales para múltiples funciones fisiológicas. En regiones del altiplano, donde el consumo de esta variedad es común, se ha reportado empíricamente que su ingesta contribuye a mitigar síntomas relacionados con el estrés emocional, el duelo o la tristeza, fortaleciendo así su valor como alimento funcional Rosas (2015).

**Tabla 5: Composición química de la quinua (INIA 420 - Negra Collana).**

Componentes	R1 <sup>a</sup>	Quinua Perlada	Harina de Quinua	Quinua extruida
Humedad	10.00	11.92	10.18	6.48
Proteínas (Nx6.25 %)	17.85	14.09	14.49	15.40
Fibra (%)	1.89	3.54	3.46	4.20
Ceniza (%)	2.20	2.20	2.40	2.48
Grasa	9.82	7.03	8.40	8.37
Energía (Kcal/ 100g)	385.46	364.53	377.87	389.19
Acidez exp. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	0.00	0.13	0.11	0.14
Saponina (%)	0.015	nd	nd	nd

Nota. R=nd: no disponible

FUENTE: INIA (2013b).

### 2.2.7. Quinua Salcedo INIA

La variedad de quinua Salcedo INIA se caracteriza por su agradable sabor dulce y una textura blanda, atributos que la hacen adecuada para el consumo directo y la transformación agroindustrial. Esta línea fue obtenida mediante un programa de mejoramiento genético basado en el tipo morfológico surco–panoja, resultado del cruzamiento entre las variedades Real Boliviana y Sajama, llevado a cabo en la localidad de Patacamaya. El germoplasma resultante fue incorporado al Programa Nacional de Cultivos Andinos en el año 1989 para su posterior desarrollo y validación (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2013a).

Debido a su notable concentración de nutrientes, la variedad Salcedo INIA destaca por su perfil nutricional integral. Esta variedad contiene entre 12 % y 21,3 % de proteínas, además de ser fuente importante de vitaminas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados (particularmente de las familias omega-3, omega-6 y omega-9), así como de minerales esenciales. Estas características la posicionan como una alternativa alimentaria de alta calidad nutricional en el contexto de la producción nacional (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2013a)

**Tabla 6: Perfil de Macronutrientes en granos de Quinua (g/100 g p. s.)**

Referencias	Proteína	Lípidos	Ceniza	Carbohidratos	Fibra
Ministerio de Salud.	13.6	5.8	2.5	66.6	1.9
Koziol M.J 1992.	16.5	6.3	3.8	69.0	3.8
Molecular nutrition food rearch.	13.7	14.5	3.5	65.7	2.6
Journal of food Sciences 1383-1385.	16.5	5.5	3.2	74.7	10.5
Journal of food Sciences and Nutrition 153- 158.	15.2	7.1	1.4	65.6	10.7
USDA-(2011).	16.3	7.0	2.7	74.0	7.0
Food Chemistry (2014) 420-426.	12.8	6.31	2.01	57.79	10.40

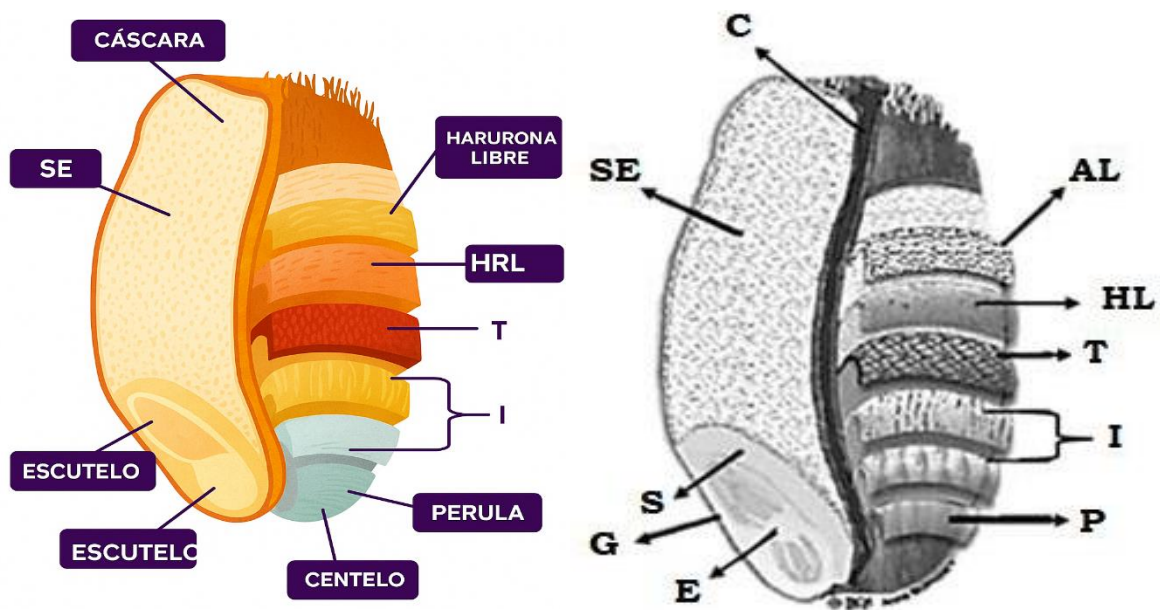
FUENTE: Arisaca (2021).

### 2.3. TRIGO

A lo largo de la historia de la agricultura, el trigo (*Triticum spp.*), ha destacado como uno de los cereales más cultivados y utilizados por la humanidad, junto con el arroz y el maíz. El trigo ha constituido históricamente uno de los cultivos más relevantes para la seguridad

alimentaria global, debido a su alta adaptabilidad tecnológica y su amplia aplicabilidad en procesos de transformación agroindustrial. El grano de este cereal es procesado para la obtención de diversos productos, tales como harina refinada, harina integral, sémola, y bebidas fermentadas como la cerveza. En función de las características varietales, las harinas derivadas del trigo duro se emplean predominantemente en la fabricación de pan y pastas alimenticias, mientras que las obtenidas de trigo blando son utilizadas principalmente en productos de repostería (Aguilar, 2017).

Desde el punto de vista tecnológico, el trigo es considerado el cereal más adecuado para la elaboración de pastas alimenticias, principalmente por la naturaleza y funcionalidad de sus proteínas. Estas proteínas presentan la capacidad de interactuar entre sí y con otros componentes, como los lípidos, formando complejos lipoproteicos con propiedades viscoelásticas que constituyen la red de gluten. Esta estructura tridimensional confiere a la masa una notable elasticidad y cohesión, características que le permiten mantener su integridad estructural durante la cocción en agua caliente, evitando su fragmentación (Pinares, 2019)



**Figura 4: Sección longitudinal y transversal de un grano de trigo**

Nota: el pliegue (C), endospermo almidonado 80 a 85 % (SE) (almidón y proteína), Escutelo (S) (eje embrionario), Germen 3% (G), Eje embrionario (E), capa de aleurona 6 a 9%(AL) (capa más interna del salvado), Capa hialina (HL), Testa (T) (conforma el salvado del trigo), Interna y externa

de la capa de aleurona (I). y pericarpio (P). Las proteínas del trigo se clasifican en cuatro categorías, en categoría soluble como: las globulinas, las albúminas, gluteninas y gliadinas.

FUENTE: (Sergio, 2013).

Según Altamirano (2013), el grano maduro de trigo presenta una composición predominante de carbohidratos (65–75 %), seguido por proteínas (7–12 %), lípidos (2–6 %), agua (12–14 %) y una diversidad de micronutrientes. Estos componentes se distribuyen de manera específica en las distintas fracciones anatómicas del grano: el almidón se concentra principalmente en el endospermo, la fibra cruda se encuentra casi en su totalidad en el salvado, mientras que las proteínas están presentes a lo largo de toda la estructura del grano. Aproximadamente el 50 % de los lípidos se localizan en el endospermo, un 20 % en el germen y el resto en las capas del salvado. Asimismo, la mayor parte de los minerales se acumula en las regiones externas, como el pericarpio, la testa y la capa de aleurona. Dentro de las proteínas de reserva del trigo destacan las gliadinas y gluteninas, las cuales, al hidratarse, interactúan para formar la red de gluten. Las gliadinas aportan extensibilidad a la masa, mientras que las gluteninas confieren elasticidad, siendo ambas esenciales para el adecuado comportamiento reológico durante la cocción.

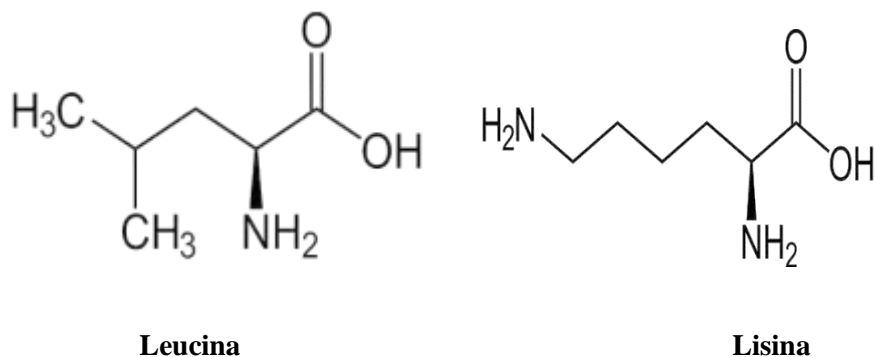
## **2.4. HARINAS**

La FAO (2006), (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), define las harinas compuestas como aquellas formuladas mediante la combinación de distintos tipos de harinas, con el objetivo de reemplazar total o parcialmente la harina de trigo en productos de panificación, pastas, galletas u otros alimentos procesados tradicionalmente elaborados a partir de cereales refinados. Estas formulaciones pueden incluir harinas de otros cereales (como maíz, arroz, cebada o avena) o incluso de leguminosas y vegetales, sin que sea obligatoria la inclusión de harina de trigo en su composición (FAO, s.f.).

### **2.4.1. Harina de Quinoa**

Las harinas obtenidas a partir de granos andinos, como la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), representan una fuente significativa de proteínas vegetales y carbohidratos complejos, lo que justifica la necesidad de estudiar su composición nutricional y propiedades funcionales. Estas harinas son comúnmente utilizadas en formulaciones

mixtas junto con harina de trigo o de maíz para la elaboración de productos de panificación, pastas y otros alimentos procesados (Pantoja-Tirado, 2020). En particular, la harina de quinua destaca por su elevado valor nutricional, atribuido a su contenido de carbohidratos de absorción lenta, proteínas de alta calidad biológica y un perfil completo de aminoácidos esenciales, entre los que se encuentran la lisina y la leucina, fundamentales para procesos metabólicos y funciones fisiológicas en el organismo humano



**Figura 5: estructura de aminoácidos esenciales**

FUENTE: (Pantoja-Tirado, 2020).

Gracias a su composición nutricional y funcional, la harina de quinua se ha consolidado como una alternativa viable en la reformulación de alimentos orientada a mejorar tanto el perfil nutricional como las propiedades tecnofuncionales de los productos. Estas propiedades inciden directamente en el rendimiento durante el procesamiento industrial y en la calidad sensorial del producto final. Entre las características más relevantes, se encuentra la capacidad de retención de agua, que contribuye a mantener una textura suave, así como la capacidad de absorción de grasa, la cual influye positivamente en la percepción del sabor, aroma y jugosidad del alimento Villar (2021).

**Tabla 7: Caracterización proximal de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*)**

Componentes	Porcentaje (%)
Proteína	12.21
Grasa	12.68
Fibra	5.31
Ceniza	3.50
Carbohidratos	63.73
Fibra dietética	7.80
pH	6.0 - 7.0

FUENTE: Repo-Carrasco, (1992); Marca, (2004)

**Tabla 8: Composición proximal de la harina de quinua (g/100g) según la variedad**

Componentes	Cantidad
Agua	10.09 ± 12.23%
Proteína	13.46 ± 19.59%
Grasa	4.87 ± 6.06%
Ceniza (según tamaño de Partícula)	2.12 ± 5.21%; 2 – 3.7%
Carbohidratos	66.63 ± 72.84

FUENTE: Villar (2021)

La composición química de la harina de quinua puede presentar variaciones significativas determinadas por múltiples factores, entre ellos, la base genética del cultivar y las condiciones climáticas predominantes durante el ciclo de cultivo. Asimismo, el tamaño de partícula obtenido tras el proceso de molienda incide directamente en la distribución y concentración de los componentes bioquímicos, lo cual puede modificar sus propiedades nutricionales y funcionales, incluyendo la capacidad de absorción de agua, la retención de grasa y la biodisponibilidad de nutrientes Pantoja-Tirado (2020).

#### **2.4.2. Contribución de la harina de quinua en la industria alimentaria**

Con el transcurso del tiempo, se ha observado un creciente interés científico en el estudio del *Chenopodium quinoa* Willd., particularmente en relación con sus aplicaciones en el desarrollo de nuevos productos alimentarios Vega-Gálvez (2010).

La inclusión de harina de quinua en formulaciones alimentarias, especialmente en productos como pastas, ha demostrado incrementar de manera significativa el contenido proteico del producto final. Este incremento en el interés por la quinua se atribuye a su elevado contenido natural de proteínas, el cual oscila entre 14 % y 17 %. Paralelamente, se ha evidenciado que, al aumentar la proporción de sustitución de harina de trigo por harina de quinua en formulaciones alimentarias, se produce un incremento proporcional en el contenido lipídico. Asimismo, dicha sustitución genera modificaciones estructurales y funcionales importantes en la matriz del producto, atribuibles a las interacciones moleculares entre las proteínas y el almidón presentes en la quinua, lo cual repercute en las propiedades viscoelásticas y en el comportamiento del producto durante la cocción (Chatain, 2019).

**Tabla 9: Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua y trigo.**

Componentes	Harina de trigo	Harina de quinua	Harina de quinua
Humedad (%)	13.1	6.4	13.10
Proteína (%)	12.4	16.9	15.44
Ceniza (%)	NE	NE	0.06

NE: No estudiado

FUENTE: Bernudes-Naranjo (2017)

### 2.4.3. Harina de Trigo

Las harinas de trigo se agrupan en dos categorías principales según la variedad de grano utilizada: harinas blandas, obtenidas a partir de la molienda del trigo común (*Triticum aestivum*) o del trigo club (*Triticum compactum*), son empleadas principalmente en la elaboración de productos de repostería y las harinas duras, derivan del trigo duro (*Triticum durum*), se utilizan en la fabricación de pastas secas debido a sus propiedades tecnológicas particulares (Guncay, 2017). La calidad del grano y de la harina influye de manera directa en las características texturales del producto final, tales como la elasticidad, la firmeza y la estabilidad durante la cocción (Collaguazo, 2017).

No obstante, a pesar de su versatilidad tecnológica e industrial, el trigo presenta un perfil nutricional relativamente limitado, con bajo contenido de lípidos, fibra dietética y un perfil de proteínas incompleto en cuanto a aminoácidos esenciales. Por ello, se ha impulsado el uso de ingredientes alternativos, como harinas de pseudocereales (quinua, amaranto, cañihua), para enriquecer su valor nutricional (Collaguazo, 2017).

**Tabla 10: Comparación de la composición proximal de harina de trigo con otras harinas de origen vegetal.**

Componentes	Harina de Trigo	Harina de Camote	Harina de Papa	Harina de Maíz
Agua (%)	12.0	2.8	7.6	12.0
Proteína (%)	11.8	4.2	8.0	7.8
Carbohidratos (%)	74.7	90.0	79.9	76.8
Fibra (%)	0.3	3.2	1.6	0.7

«continuación»

Cenizas (%)	0.4	2.4	3.7	0.8
Calorías Kcal	356	282	358	36

FUENTE: Collaguazo (2017).

#### 2.4.3.1. Factores de calidad de la harina de trigo

De acuerdo con Rodríguez (2021), los principales criterios que se utilizan para evaluar la calidad de la harina de trigo comprenden una serie de parámetros físico-químicos y funcionales que determinan su aptitud tecnológica para diversas aplicaciones alimentarias:

##### a) Factores generales.

Tanto la harina como los ingredientes añadidos deben ser completamente seguros para el consumo humano, libres de cualquier tipo de contaminación o impurezas, tales como restos de animales, insectos o suciedad visible.

##### b) Factores específicos.

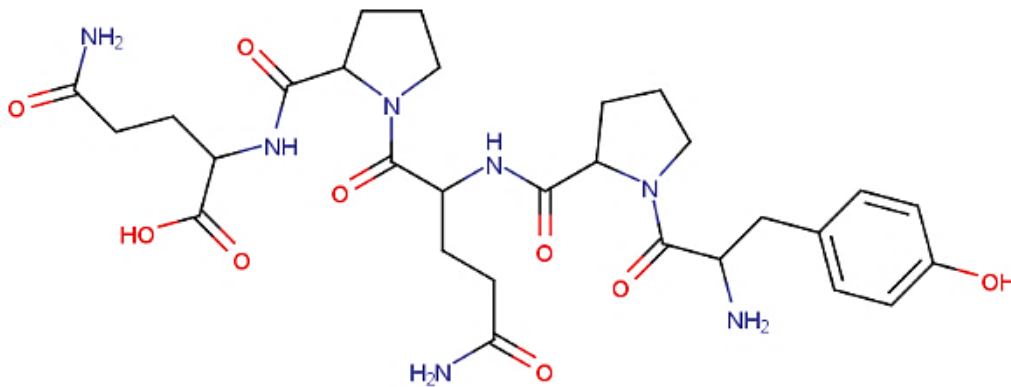
- **Contenido de humedad:** Dependiendo de factores climáticos, almacenaje, y tiempo del transporte, han de requerirse límites más húmedos (15.5% m/m máximo).
- **Ingredientes facultativos:** A la harina de trigo se le pueden añadir ingredientes en las cantidades requeridas.

#### 2.4.3.2. Proteínas de la harina de trigo

El contenido promedio de gluten en las harinas de trigo se sitúa en torno al 13 %, aunque este valor puede variar ligeramente según el tipo de molienda. Las mayores concentraciones de gluten se encuentran en las capas externas del grano y en las zonas inmediatamente contiguas al germen de trigo (Basurco, 2005).

En la figura 6 se muestra, la Gliadina que pertenecen al grupo de prolaminas con un peso molecular bajo y cadena simple, sus uniones S-S asegura su estabilidad de la misma, en la que contienen poca elasticidad y probablemente son los encargados de la coherencia de la masa.

La Glutenina pertenece al grupo de glutelinas con alto peso molecular y cadenas ramificadas, da la elasticidad, pero posee una baja cohesividad Alvares (2013).



**Figura 6: Molécula de la Gliadina C<sub>20</sub>H<sub>41</sub>N<sub>7</sub>O<sub>9</sub>**

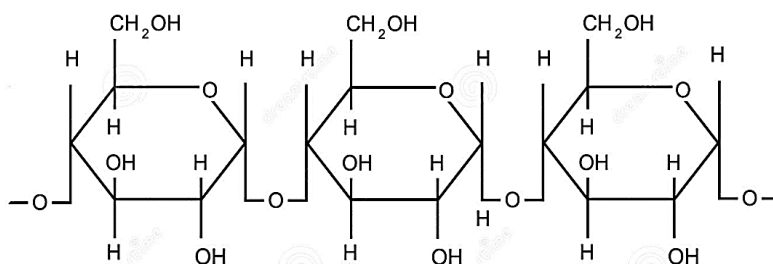
FUENTE: Alvares (2013)

El gluten constituye la principal fracción proteica del trigo y de sus productos derivados, y está conformado predominantemente por dos tipos de proteínas: las gliadinas y las gluteninas. La funcionalidad de estas proteínas, así como su capacidad de formar estructuras cohesivas, se debe en gran medida a la cantidad y distribución de los grupos sulfhidrilo (-SH), los cuales intervienen en la formación de enlaces disulfuro, tanto intra como intermoleculares. Estas interacciones favorecen el desarrollo de una red tridimensional que otorga elasticidad y extensibilidad a las masas alimenticias (Callejo, 2002)

#### **2.4.3.3. Almidón**

El almidón constituye una macromolécula clave en la nutrición humana y está formado por dos polisacáridos estructurales derivados de glucosa: la amilosa, que representa aproximadamente el 25 %, y la amilopectina, que constituye cerca del 75 % de su composición total (Chaves-Martins, 2018).

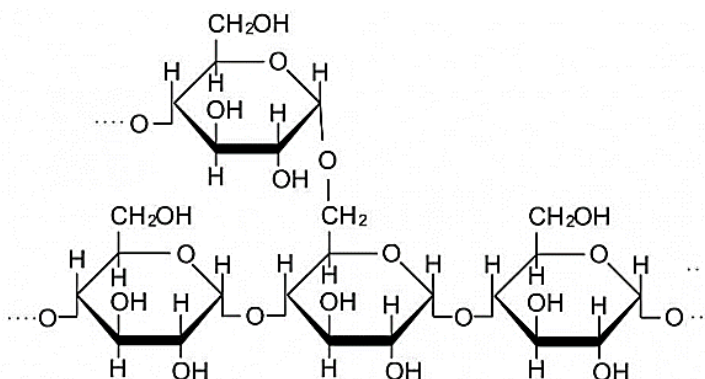
De acuerdo con Arzapalo-Quinto (2015), los almidones presentes en los cereales contienen pequeñas proporciones de lípidos, especialmente lípidos polares. Estos compuestos requieren disolventes polares, como la mezcla metanol-agua, para su adecuada extracción. En los cereales, el contenido lipídico del almidón oscila entre 0.5 % y 1 %, mientras que los almidones extraídos de fuentes no cereales carecen, en esencia, de lípidos.



**Figura 7: Estructura molecular de la Amilosa**

Nota: Formados por unidades glucosídicas enlazadas por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), que esto representa el 20 al 30% de la composición del almidón.

FUENTE: Chaves-Martins (2018).



**Figura 8: Estructura molecular de la Amilopectina**

Nota: La fracción mayoritaria del almidón, que representa entre el 70 % y 80 % de su estructura, está compuesta por unidades de  $\alpha$ -D-glucosa unidas principalmente por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), con ramificaciones generadas por enlaces  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6).

FUENTE: Chaves-Martins (2018).

#### 2.4.3.4. Proteínas de la Albúmina de huevo

Las proteínas específicas presentes en el huevo de gallina están relacionadas con una amplia gama de funciones biológicas, entre las que se incluyen la actividad antimicrobiana, la inhibición de enzimas proteolíticas, efectos inmunomoduladores, propiedades anticancerígenas y antihipertensivas, así como la capacidad de fijar vitaminas y actuar como agentes antigénicos e inmunorreactivos (Li-Chan et al., 1995; Mine & Kovacs-Nolan, 2006)

La caracterización química de los componentes individuales permite una mejor comprensión de sus propiedades biológicas y funcionales, lo que a su vez favorece su

aprovechamiento en aplicaciones potenciales dentro del sector alimentario. Sin embargo, a pesar de muchos estudios para separar e identificar las proteínas ubicadas en el huevo de gallina, muchas proteínas siguen sin caracterizarse o incluso son desconocidas (Raikos *et al.* 2006).

**Tabla 11: Composición de aminoácidos en la albúmina (clara) y la yema de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*).**

<b>Aminoácido</b>	<b>Contenido (g/100g de albúmina)</b>	<b>Contenido (g/100g de yema)</b>
Triptófano	0.125	0.177
Treonina	0.449	0.687
Isoleucina	0.661	0.866
Leucina	1.016	1.399
Lisina	0.806	1.217
Metionina	0.399	0.378
Cistina	0.287	0.264
Fenilalanina	0.686	0.681
Tirosina	0.457	0.678
Valina	0.809	0.949
Arginina	0.648	1.099
Histidina	0.290	0.416
Alanina	0.704	0.836
Ácido aspártico	1.220	1.550
Ácido glutámico	1.550	1.970
Glicina	0.413	0.488
Prolina	0.435	0.646
Serina	0.798	1.326

<sup>a</sup>Los valores se expresan como g/100g de la porción comestible de albúmina y yema.

FUENTE: Adaptado de la base de datos de nutrientes de la USDA (2006)

## **2.5. PASTAS ALIMENTICIAS O FIDEOS**

### **2.5.1. Generalidades**

Las pastas alimenticias se elaboran a partir de masas conformadas por sémola, semolina o harinas derivadas de trigo duro o blando, así como de otros cereales, mezcladas con agua y, en algunos casos, con ingredientes adicionales. Estos productos se someten posteriormente a un proceso de deshidratación para su conservación (Ordoñez, 2022). En particular, el trigo duro es ampliamente utilizado en la industria de pastas debido a su elevado contenido de gluten, el cual proporciona a la masa una estructura más firme y

elástica, ideal para mantener su integridad durante la cocción. En contraste, cuando se emplea trigo blando, cuya tenacidad es menor, suele ser necesario incrementar la proporción de huevo para compensar la deficiencia proteica y lograr una textura adecuada. La pasta constituye un alimento ampliamente consumido por su prolongada vida útil (Surasani, 2021). La importancia nutricional de las pastas alimenticias radica en su elevado contenido de carbohidratos complejos, los cuales constituyen una fuente energética esencial dentro de una dieta equilibrada (Lorusso, 2017; Cichyc, 2023). Si bien tradicionalmente se elaboran a partir de sémola de trigo duro, diversas investigaciones han evidenciado que la incorporación parcial o total de harinas alternativas como las de maíz, quinua, yuca o leguminosas permite mejorar el perfil nutricional del producto final, aportando micronutrientes, fibra dietética y proteínas de origen vegetal

Actualmente, es común encontrar en el mercado productos que combinan diferentes tipos de harinas provenientes de cultivos básicos. Si bien la fortificación representa una estrategia efectiva para incrementar el valor nutricional de las pastas alimenticias, la sustitución de la sémola por harinas no convencionales plantea retos significativos desde el punto de vista tecnológico y sensorial. Esto se debe a que dichos ingredientes alternativos pueden modificar de manera considerable la textura, el perfil organoléptico y otras propiedades funcionales del producto final (Surasani, 2021)

**Tabla 12: Evaluación de la composición nutricional de pastas alimenticias.**

	<b>WP</b>	<b>QP</b>	<b>FQP</b>
Digestibilidad in vitro (%)	42.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	35.6 ± 0.2 <sup>c</sup>	40.4 ± 0.1 <sup>b</sup>
Puntuación química (%)			
Histidina	64 ± 1 <sup>b</sup>	67 ± 1 <sup>b</sup>	74 ± 1 <sup>a</sup>
Isoleucina	89 ± 1 <sup>b</sup>	87 ± 2 <sup>b</sup>	120 ± 3 <sup>a</sup>
Leucina	69 ± 2 <sup>c</sup>	85 ± 3 <sup>b</sup>	89 ± 2 <sup>a</sup>
Lisina	29 ± 1 <sup>b</sup>	36 ± 2 <sup>a</sup>	391 ± 2 <sup>a</sup>
Cistina	292 ± 3 <sup>b</sup>	284 ± 3 <sup>b</sup>	316 ± 3 <sup>a</sup>
Índice de aminoácido	44.5 ± 0.4 <sup>c</sup>	46.8 ± 0.3 <sup>b</sup>	50 ± 0.3 <sup>a</sup>
Índice de eficiencia proteica	19.5 ± 0.2 <sup>c</sup>	20.65 ± 0.3 <sup>b</sup>	23.4 ± 0.3 <sup>a</sup>
Índice Nutricional	1.27 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.37 ± 0.13 <sup>b</sup>	2.61 ± 0.22 <sup>a</sup>

Nota: WP: pasta control elaborada únicamente con sémola de trigo duro. QP: pasta enriquecida con harina de quinua nativa, en la que se reemplazó el 20 % de la sémola por dicha harina. FQP: pasta elaborada con masa de quinua previamente fermentada, formulada para alcanzar el mismo nivel de sustitución (20 %) de sémola por harina de quinua

FUENTE: (Lorusso, 2017)

**Tabla 13: Contenido nutricional de pastas elaboradas a base de harina de trigo.**

	<b>Básica Comercial</b>	<b>Enriquecidas y fortificadas</b>	<b>Con huevo</b>	<b>Básica comercial cocida</b>
Proteínas (g)	12	12.8	14	3.6
Calcio (mg)	25	17.5	29	7
Hierro (mg)	2.1	3.8	4.5	0.5
Carbohidratos (g)	74	74	75	22.2
Fibra (g)	2.9	4.2	4.7	1.2
Grasa (g)	1.8	1.6	4.2	0.7
Calorías (kcal)	342	370	380	104
Fósforo (mg)	190	149	214	44
Potasio (mg)	250	161	223	24
Sodio (mg)	3	7	21	Trazas
Tiamina (mg)	0.22	1	1	0.01
Riboflavina (mg)	0.31	0.44	0.5	0.01
Vitamina B6 (µg)	0.17	0.1	0.1	0.02
Ácido fólico (µg)	34	17.5	30	4
Vitamina B12 (µg)	0	0	0.4	0
Vitamina A (µg)	0	0	61	0
Colesterol (µg)	0	0	94	0

FUENTE: (Nazario, 2023)

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206:010 (2016), los fideos comúnmente denominados pastas en el contexto peruano, se elaboran a partir de una combinación de agua y harina proveniente del trigo u otros cereales. En algunos casos, esta mezcla puede incorporar ingredientes adicionales y aditivos autorizados. El proceso de fabricación incluye diversas fases, tales como el mezclado, el amasado y el moldeado; además, puede contemplar una etapa de secado, aunque esta no siempre es obligatoria.

**Tabla 14: Calidad nutricional de pastas enriquecidas con aislado de proteína de quinua en diferentes niveles de inclusión.**

	Muestra	Control	4.0 QPI	8.0 QPI	12.0 QPI
<b>Humedad (crudo)</b>	g/100 g	9.91 ± 0.06 <sup>a</sup>	9.67 ± 0.16 <sup>b</sup>	9.52 ± 0.02 <sup>c</sup>	9.46 ± 0.03 <sup>d</sup>
<b>Proteína (crudo)</b>	g/100 g	11.73 ± 0.05 <sup>d</sup>	14.98 ± 0.08 <sup>c</sup>	18.20 ± 0.05 <sup>b</sup>	21.52 ± 0.02 <sup>a</sup>
<b>Grasa</b>	g/100 g	1.85 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.01 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>d</sup>
<b>Energía</b>	g/100 g	0.513 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.493 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.453 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.433 ± 0.01 <sup>c</sup>
<b>Carbohidrato</b>	g/100 g	75.94 ± 0.16 <sup>a</sup>	73.60 ± 0.04 <sup>b</sup>	70.85 ± 0.08	68.10 ± 0.07 <sup>d</sup>
<b>Ceniza</b>	g/100 g	367.33 ± 0.22 <sup>a</sup>	365.85 ± 0.71 <sup>b</sup>	365.29 ± 0.18 <sup>b</sup>	362.89 ± 0.11 <sup>c</sup>

QPI (Aislado de proteína de quinua).

FUENTE: (Surasani A. G., 2021).

### 2.5.2. Clasificación de las pastas alimenticias

La Norma Técnica Peruana NTP 206.010 (2016), establece que las pastas alimenticias pueden ser categorizadas atendiendo a distintos aspectos, tales como el nivel de humedad, el procedimiento de elaboración, los ingredientes utilizados, así como su morfología y el tipo de presentación comercial.

**Tabla 15: Clasificación de pastas alimenticias según la NTP 206.010 (2016)**

Criterio de clasificación	Categorías	Descripción
Contenido de humedad	- Pasta seca - Pasta fresca	- Humedad < 14 g/100 g. - Humedad ≤ 35 g/100 g.
Proceso de fabricación	- Fideo Nápoles - Fideo Bologna	- Moldeado a través de boquillas. - Laminado de la masa.
Composición	- Pasta de trigo - Pasta compuesta	- Elaborada con harina y/o sémola de trigo. - Contiene granos andinos, legumbres, huevos, lácteos, vitaminas, minerales u otros ingredientes funcionales.
Forma de la pasta	- Rosca - Larga - Corta - Pastina	- En madejas alargadas. - Destacadas por su longitud. - De tamaño inferior a las largas. - Muy pequeñas (menudas).
Presentación comercial	- A granel - Envasada	- Sin empaque individual. - En empaques cerrados de distintos materiales y tamaños.

FUENTE: Adaptado de NTP 206.010 (INACAL, 2016).

### **2.5.3. Características de calidad de las pastas**

Parra (2011) señala que la calidad de las pastas alimenticias depende, en gran medida, de las características de las materias primas empleadas como la sémola, la harina y el agua, así como de las etapas tecnológicas aplicadas durante su procesamiento, entre las que se incluyen el amasado, el secado y el almacenamiento. Un producto de buena calidad se caracteriza por presentar dureza y fragilidad apropiadas, un color uniforme y semitransparente, además de un aroma distintivo que refleja la ausencia de procesos de fermentación no deseados.

Conforme a lo estipulado por la Norma Técnica Peruana NTP 206.010 (INACAL, 2016), los insumos destinados a la producción de fideos deben ajustarse a los criterios establecidos en las normas NTP 205.064 y NTP 205.032. Asimismo, deben encontrarse libres de contaminantes de origen vegetal o animal, garantizando así la seguridad e inocuidad del alimento. La conservación del producto debe realizarse bajo condiciones de refrigeración, y el agua empleada en su elaboración debe ser potable y apta para el consumo humano.

Del mismo modo, está autorizado el empleo de aditivos alimentarios, siempre que su incorporación se ajuste a los límites establecidos por la legislación vigente. En caso de que la pasta sea fortificada, deberá ajustarse a la normativa específica. Para aquellas pastas fortificadas con huevo, se exige un mínimo de 15 g de huevo en polvo por cada 100 g de humedad, o bien al menos tres huevos frescos por cada kilogramo de producto. Si la cantidad de huevo es inferior a estos valores, el producto podrá ser clasificado únicamente como “con huevo” (Parra, 2011). Respecto a la harina de trigo utilizada en la elaboración de fideos, esta debe presentar un bajo nivel de almidón y estar fortificada con gluten en polvo. De manera específica, se requiere que contenga al menos 25 gramos de gluten por cada 100 gramos de harina, mientras que el almidón no debe exceder los 50 gramos.

### **2.5.4. Valor nutricional de la pasta - Composición fisicoquímico de pasta**

La Tabla 15 presenta la composición química de la pasta o fideos, incluyendo los contenidos de humedad, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra, cenizas, así como el valor energético.

**Tabla 16: Caracterización química y energética de productos de pasta seca.**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (en 100 g)</b>
Energía (Kcal)	374
Agua (g)	10.5
Proteína (g)	12.6
Grasa (g)	2.5
Carbohidratos (g)	73.4
Fibra (g)	0.4
Ceniza (g)	0.6

FUENTE: (Bejarano *et al.*, 2002)

### **2.5.5. Contenido de minerales de las pastas**

La Tabla 17, expone la disminución en el contenido de minerales en pastas elaboradas con sustitución parcial de maíz, yuca y frijol, como consecuencia del proceso de cocción a altas temperaturas.

**Tabla 17: Contenido de minerales, con sustitución de harinas (maíz, yuca y frijol)**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Calcio (Ca)	56%
Potasio (K)	18,6%
Hierro (Fe)	40%
Zinc (Zn)	14%

FUENTE: (Granito *et al.*, 2003). Las pérdidas de minerales ocasionada por la cocción

### **2.5.6. Evaluación de las pastas alimenticias**

#### **2.5.6.1. Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial es una disciplina científica que se enfoca en inducir, cuantificar, examinar y explicar las respuestas humanas frente a las propiedades organolépticas de los alimentos y otras sustancias, las cuales son percibidas mediante los sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández, 2005). Desde otra perspectiva, esta evaluación se centra en la caracterización de las respuestas sensoriales que experimentan los catadores al interactuar con un alimento, desde su apariencia inicial hasta su sabor final. Dichas percepciones, ya sean positivas o negativas, están moduladas por factores individuales, contextuales y temporales.

El análisis sensorial se caracteriza por su enfoque multidisciplinario, ya que emplea paneles integrados por personas entrenadas para evaluar, a través de sus sentidos, las características organolépticas de los alimentos, así como su nivel de aceptación. A la fecha, no existe instrumento tecnológico capaz de sustituir la complejidad de la percepción humana, razón por la cual la evaluación sensorial sigue siendo un componente fundamental en los estudios de calidad alimentaria (Watts, Ylimaki, Jeffery & Elias, 1992).

### 2.5.6.2. Evaluación fisicoquímica

La Tabla 18, detalla los parámetros fisicoquímicos que una pasta o fideo debe cumplir para ser considerado apto para el consumo humano.

**Tabla 18: Requisitos Fisicoquímicos de las pastas**

Requisito	Tipo de fideo		Método de ensayo
	Seco	Fresco	
Humedad (máx.) g/100 g	14.0	35.0	NTP 206.011
Acidez titulable (máx.)	0.46	0.65	NTP 206.013

Nota. El valor de acidez se expresa en porcentaje de ácido láctico, calculado con base en una proporción estándar de 14 gramos de humedad por cada 100 gramos de producto, o 35 gramos de humedad en el caso de fideos frescos.

FUENTE: NTP 206:010 (2016).

En cuanto a las tolerancias permitidas en las pruebas analíticas, se acepta lo siguiente:

- Humedad: se acepta que puede estar hasta una unidad por encima del valor especificado.
- Acidez: puede exceder el valor máximo permitido en un 10%.

### 2.5.6.3. Análisis microbiológico

De acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 206.010, las pastas alimenticias destinadas al consumo humano deben ajustarse a los límites microbiológicos especificados en las tablas normativas respectivas.

**Tabla 19: Normativa microbiológica a fideos frescos en la industria alimentaria.**

Microorganismo	c	n	m	M	Método de ensayo
Mohos (ufc/g)	2	5	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	ISO (2008) 21527-2 FDA (2001) /BAM
Staphylococcus	1	5	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO (2008) 6888-3 FDA (2001) /BAM
Bacillus cereus (*)	2	5	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	ISO (2008) 7932 FDA (2001) /BAM
Salmonella en 25 g	0	5	ausente		ISO (2008) 6579/Cor 1/Amd 1

FUENTE: NTP 206:010 (2016)

**Tabla 20: Requisitos microbiológicos para la inocuidad de pastas secas.**

Microorganismo	c	n	m	M	Método de ensayo
Mohos (ufc/g)	1	5	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO (2008) 21527-2 FDA (2001) /BAM Cap.18
Coliformes (ufc/g)	1	5	10	10 <sup>2</sup>	ISO (2008) 4832 FDA/BAM Cap. 4 AOAC
Staphylococcus	2	5	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO (2008) 6888-3 FDA (2001) /BAM Cap. 12
Clostridium	2	5	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO (2008) 7937 FDA/BAM Cap. 16 AOAC
Salmonella sp.	0	5	Ausente		ISO (2008) 6579/Cor 1/Amd 1 FDA(2001)

FUENTE: NTP 206:010 (2016)

**Donde:**

**n** = representa el número de muestras seleccionadas aleatoriamente de un lote para su análisis conforme a los estándares establecidos.

**c** = indica el número máximo permitido de muestras cuyo recuento de microorganismos se encuentre entre los valores 'm' y 'M'. Si la cantidad de muestras que exceden este límite supera a 'c', el lote será rechazado.

**m** = es el límite inferior microbiológico que marca el umbral entre productos aceptables y no aceptables; valores en o por debajo de 'm' son aceptables, mientras que los superiores pueden indicar lotes que pueden ser aceptables o inaceptables.

**M** = es el umbral superior, y cualquier recuento microbiano por encima de 'M' se considera inaceptable y representa un riesgo para la salud.

**2.5.7. Propiedades y calidad de cocción de la pasta**

La calidad de cocción, también conocida como calidad culinaria de productos como la pasta o los fideos (denominación variable según el país). En consecuencia, las metodologías

empleadas para su evaluación difieren entre países e, incluso, dentro de una misma región geográfica (Kill, Turnbull, & Wood, 2004).

Durante la cocción, los alimentos elaborados a base de cereales sufren modificaciones en su composición química, particularmente en relación con la concentración de minerales. Estos cambios incluyen fenómenos de absorción o pérdida de minerales, muchos de los cuales son solubles en agua. Según lo reportado por Jachimowicz et al. (2021), al cocer la pasta en agua con sal se produjo un aumento en el contenido de sodio (Na), mientras que los niveles de otros minerales analizados disminuyeron en comparación con los observados en la pasta cruda

La evaluación de las características relacionadas con la cocción adquiere especial importancia en el desarrollo de productos innovadores que se diferencian de las pastas convencionales, ya que dichos parámetros funcionan como indicadores fundamentales tanto para los consumidores como para el sector alimentario. De hecho, suelen emplearse como predictores globales de la calidad tecnológica y sensorial en distintos tipos de pastas alimenticias (Vasiliu & Navas, 2009).

**Tabla 21. *Parámetros de calidad en la cocción de pastas alimenticias***

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción técnica</b>	<b>Indicador de alta calidad</b>
Adhesividad	Tendencia de la pasta cocida a pegarse entre sí o a superficies.	Baja o nula adhesividad, superficie libre de pegajosidad.
Firmeza	Resistencia de la pasta a la deformación durante la masticación.	Textura firme y consistente, sin desintegrarse fácilmente.
Resistencia a la sobrecocción	Capacidad de la pasta para mantener su forma y textura tras tiempos prolongados de cocción.	Conserva su estructura sin volverse blanda ni deshacerse.
Absorción de agua	Cantidad de agua que la pasta retiene durante la cocción, expresada en porcentaje respecto a su peso inicial.	Absorción moderada que contribuye a una buena textura sin desbordamiento.
Grado de hinchamiento	Aumento del volumen de la pasta tras la cocción debido a la hidratación del almidón.	Hinchamiento uniforme sin ruptura de la estructura superficial.

**FUENTE:** Parra (2011).

### **2.5.7.1. Tiempo Optimo de Cocción (TOC)**

El tiempo óptimo de cocción (TOC) se determina como el periodo requerido para que desaparezca el centro opaco de la pasta al ejercer una ligera presión entre dos láminas de vidrio, lo que indica que el almidón ha alcanzado su completa gelatinización. (Bianchi et al., 2021). De acuerdo con Vasiliu y Navas (2009), este tiempo corresponde al momento preciso en que la zona blanquecina de la sémola ubicada en el centro del endospermo desaparece, lo que indica que la pasta ha alcanzado la consistencia ideal o “al dente”. Según el protocolo experimental descrito por Gaikwad et al. (2021), se emplearon 25 gramos de fideos, los cuales fueron colocados en 250 mililitros de agua en ebullición, mantenida a una temperatura de 86 °C. A intervalos de 30 segundos, se retiraba una muestra y se evaluaba presionándola suavemente entre dos láminas plásticas.

El TOC se determinó en el momento en que la porción central de la hebra perdió su color blanco característico y se tornó completamente translúcida, lo cual indica la completa cocción del producto.

### **2.5.7.2. Índice de Absorción de agua**

La capacidad de absorción de agua en productos derivados de la pasta se refiere a la habilidad del alimento para retener agua a pesar del efecto de la gravedad, siendo este comportamiento mayormente determinado por la cantidad de almidón presente y la estructura de la red proteica. Ambos elementos guardan una relación directa con el potencial de hidratación y la capacidad gelificante de las proteínas, favoreciendo así una mayor retención de humedad (Gupta et al., 2021). Desde un enfoque fisicoquímico, esta capacidad puede estar influenciada por una reducción en el contenido de carbohidratos disponibles especialmente almidón y por un incremento en el contenido de fibra alimentaria, lo cual modifica la estructura del alimento y su interacción con el agua (Bagd, 2014).

De acuerdo con el procedimiento descrito por Gupta et al. (2021), se cocinaron 10 gramos de pasta en 100 mililitros de agua desionizada en ebullición, utilizando el tiempo óptimo de cocción previamente determinado. Una vez finalizada la cocción, la pasta fue escurrida, secada y posteriormente pesada. La capacidad de absorción de agua se expresó como

gramos por cada 100 gramos de muestra (g/100 g), calculándose en función del peso de la pasta cocida escurrida mediante la fórmula siguiente:

$$\text{índice de agua absorbida} = \frac{\text{peso de pasta cocida} - \text{peso de pasta cruda}}{\text{peso de pasta cruda}} \times 100$$

El agua residual del proceso de cocción fue empleada para evaluar tanto el grado de cocción como la pérdida de proteínas.

### 2.5.7.3. Índice de hinchamiento (TCO)

El índice de hinchamiento (IH) hace referencia a la capacidad del almidón para captar agua durante la cocción. A temperaturas por debajo del umbral de gelatinización, los gránulos de almidón se mantienen insolubles; no obstante, al alcanzar temperaturas superiores, estos comienzan a expandirse de forma irreversible, lo que genera un incremento en la viscosidad del alimento, como ocurre en el caso de los fideos (Pazuña, 2011).

El incremento en el índice de hinchamiento también puede estar relacionado con la habilidad de las proteínas para retener agua, así como con sus propiedades gelificantes. Por ejemplo, la proteína de quinua presenta un buen potencial de gelificación, formando geles mediante la agregación de sus cadenas proteicas desplegadas, las cuales se ensamblan en estructuras tridimensionales estables (Gupta *et al.*, 2021). se cocieron 10 gramos de pasta en 100 mililitros de agua desionizada en ebullición, utilizando el tiempo óptimo de cocción previamente determinado. Luego de la cocción, la muestra fue secada en una estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso constante, el cual fue registrado. El índice de hinchamiento fue determinado como la cantidad de agua retenida por cada gramo de pasta seca, calculándose a partir de la siguiente fórmula

$$\text{Índice de hinchamiento} = \frac{(\text{peso de la pasta cocida} - \text{peso de pasta cocida seca}) (g)}{\text{peso de pasta cocida seca} (g)} \times 100$$

Gull *et al.* (2018), emplearon una metodología análoga para determinar el índice de hinchamiento en pastas cocidas, cuantificándolo como la cantidad de agua absorbida por unidad de masa seca. Esta medición se realizó tras un proceso de secado a temperatura constante de 105 °C, lo cual permitió estandarizar el contenido de humedad residual en las muestras.

#### 2.5.7.4. Aumento de volumen

De acuerdo con Gupta *et al.* (2021), se depositaron 10 gramos de pasta en una probeta graduada de 250 mL que contenía previamente 200 mL de agua desionizada. Luego del contacto, se registró el incremento en el volumen en relación con el nivel inicial. Posteriormente, la muestra fue sometida a ebullición en un procedimiento relacionado con la determinación de propiltiouracilo (PTU), y tras el secado correspondiente, se cuantificó la expansión volumétrica con base en la diferencia respecto a la pasta cocida. Este parámetro se expresó en mililitros por gramo (mL/g), conforme al método descrito por la (AACC, 2000).

$$AV = \frac{(\text{Volumen desplazado por la pasta cocida} - \text{Volumen desplazado por la pasta cruda}) (g)}{\text{peso de pasta cruda} (g)}$$

AV= Aumento de Volumen

#### 2.5.7.5. Porcentaje de Sedimentación

La determinación se realiza midiendo el volumen en mililitros del residuo formado tras la evaporación del agua de cocción, correspondiente al sedimento liberado durante el tratamiento térmico de la pasta. Este sedimento se compone principalmente de almidón que se ha desprendido de la matriz alimentaria como resultado de la cocción. Un menor contenido de almidón en el agua indica una mejor integridad estructural del gluten, lo que se asocia con una mayor calidad del producto. Idealmente, el agua de cocción debe permanecer clara; su turbidez es un indicador directo de la cantidad de almidón disuelto, lo cual refleja una débil retención de almidón por la red proteica (Sánchez, 2015)

#### 2.5.8. Perfil de textura

El análisis del perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés: *Texture Profile Analysis*) es una metodología instrumental utilizada para cuantificar las propiedades mecánicas de los alimentos, mediante la aplicación de pruebas de compresión doble que simulan las fuerzas ejercidas durante el proceso de masticación.

Este análisis proporciona parámetros fundamentales como dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad, entre otros, los cuales resultan esenciales para la evaluación sensorial instrumental de productos como la pasta cocida.

La Tabla 22, presenta los principales parámetros determinados mediante el análisis del perfil de textura, acompañados de su correspondiente definición, el procedimiento instrumental utilizado para su medición y las unidades de medida respectivas.

**Tabla 22: Parámetros texturales mediante análisis de perfil de textura (TPA).**

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método de obtención</b>
<b>Dureza</b>	Es la fuerza máxima registrada durante la primera compresión del alimento	N (Newton)	Texturómetro con célula de carga
<b>Cohesividad</b>	Se define como la relación entre la energía absorbida en la segunda compresión y la primera..	Adimensional	Análisis de área bajo curva
<b>Elasticidad</b>	Representa la altura que recupera la muestra después de haber sido comprimida.	mm	Distancia medida entre ciclos

FUENTE: (Torres *et al.*, 2014)

### **2.5.8.1. Parámetros físicos**

La fragilidad del fideo, entendida como su tendencia a romperse bajo la aplicación de una fuerza externa, se mide mediante el parámetro conocido como fuerza de quiebre o de corte. Esta característica está determinada en gran medida por la formulación del producto, en especial por el porcentaje de sémola de trigo empleado en la mezcla. Una disminución en su contenido puede modificar la estructura del gluten, generando una red más rígida de almidón, proteína, agua. Esta rigidez estructural incrementa la resistencia mecánica del producto, requiriendo mayor fuerza para inducir su fractura (Vasiliu & Navas, 2009).

Las propiedades texturales de las pastas cocidas se evalúan mediante parámetros como la firmeza, la pegajosidad y la elasticidad. De acuerdo con Dueñas y Jiménez (1991), tanto la firmeza como la pegajosidad están asociadas a la presencia de proteínas similares a las gliadinas  $\gamma$ -45. Por otro lado, la estabilidad estructural durante la cocción entendida como la resistencia a la desintegración está influenciada por factores como la presencia de gluteninas con grupos sulfhidrido (-SH) y una baja proporción de proteínas solubles en

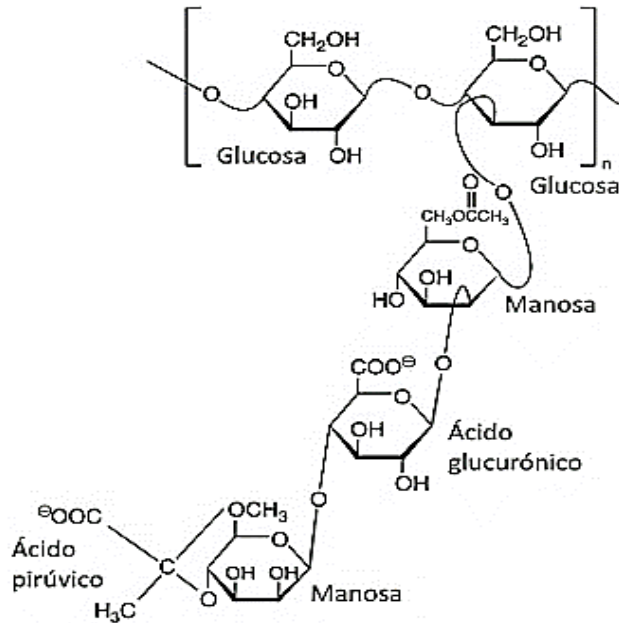
agua. Estos compuestos contribuyen significativamente a la cohesión interna del producto y a su respuesta mecánica frente a tratamientos térmicos.

### **2.5.8.2. Efectos de Goma Xantana**

La goma xantana es un polisacárido extracelular complejo, caracterizado por su elevado peso molecular y su capacidad para modificar la textura y la viscosidad de los sistemas alimentarios. Su uso extensivo en la industria alimentaria se debe a sus destacadas propiedades reológicas y funcionales, que le permiten actuar como agente espesante, estabilizante y formador de geles. Este compuesto es sintetizado por bacterias del género *Xanthomonas*, entre las que se incluyen *X. campestris*, *X. phaseoli*, *X. arboricola* y *X. malvacearum* (Sandhu *et al.*, 2015).

Diversas investigaciones han evidenciado que la incorporación de goma xantana en formulaciones alimenticias contribuye a mejorar la firmeza durante la cocción y aumentar el rendimiento del producto cocido, como en el caso de fideos y pastas. Este efecto se asocia al hecho de que, en mezclas con ingredientes no convencionales, la red de gluten tiende a debilitarse debido a la disminución de proteínas formadoras de esta estructura. La adición de goma xantana, al incrementar la viscosidad de la masa, favorece la cohesión de la matriz almidón-proteína, lo que permite restaurar parcialmente la integridad estructural del alimento. Además, su función como agente espesante incide positivamente en propiedades físico-sensoriales clave como la textura, la retención de aromas y el aspecto superficial. Asimismo, su capacidad para aumentar la absorción de agua se refleja en un mayor índice de hinchamiento (Pazuña, 2011).

Tal como se muestra en la Figura 9, la goma xantana se produce mediante fermentación bacteriana a partir de *Xanthomonas campestris*. La goma xantana presenta una estructura molecular caracterizada por una cadena principal de  $\beta$ -D-glucosa, de la cual se desprenden ramificaciones compuestas por residuos de  $\alpha$ -D-manosa y ácido glucurónico. Esta arquitectura molecular le otorga propiedades viscoelásticas distintivas, así como la capacidad de formar geles en presencia de agua. Gracias a estas características, este polisacárido se considera un aditivo funcional de alto valor en formulaciones alimentarias, ya que mejora la textura, la estabilidad fisicoquímica y la capacidad de interacción con otros componentes de la matriz alimentaria (Calvo, 2003).



**Figura 9: Estructura de la goma xantana**

Nota: La goma xantana posee una estructura de tipo heteropolisacárido, compuesta por una cadena principal (backbone) de glucosa similar a la celulosa, con ramificaciones laterales complejas. En términos más específicos:

*FUENTE:* (Gatade & Sahoo, 2015).

- La estructura primaria de la goma xantana se basa en una cadena principal constituida por unidades repetidas de  $\beta$ -D-glucosa conectadas mediante enlaces  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4), configuración similar a la de la celulosa.
- Cada par de unidades de glucosa en esta cadena se enlaza a una cadena lateral trisacárida, la cual está compuesta típicamente por residuos de manosa, ácido glucurónico y una segunda molécula de manosa, que puede estar parcialmente acetilada o piruvilada. Esta disposición estructural confiere a la goma xantana su capacidad para formar soluciones viscosas y estables incluso en condiciones extremas de pH o temperatura. García-Ochoa (2000)
- Un residuo de ácido glucurónico (un derivado ácido de la glucosa)
- Una molécula de mannose y otra de manosa acetilada y a menudo piruvilada.

Estas ramificaciones laterales están unidas al carbono 3 de la glucosa de la cadena principal. (Pazuña, 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

La incorporación parcial de harina de quinua, proveniente de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, en sustitución de la harina de trigo en proporciones específicas (X %), genera mejoras significativas ( $\geq Y$  %) en diversos atributos de los tallarines. Estas mejoras se evidencian en la aceptación sensorial, las propiedades tecnológicas de cocción, el perfil de textura y el contenido de micronutrientes (calcio, hierro y litio), en comparación con productos elaborados únicamente a base de harina de trigo.

##### **3.1.2. Hipótesis específica**

- La incorporación de harina de quinua, procedente de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, en formulaciones mixtas con harina de trigo, produce un incremento significativo en los niveles de micronutrientes (calcio, hierro y litio), en los tallarines desarrollados, en comparación con aquellos elaborados exclusivamente con harina de trigo o con formulaciones convencionales
- Las propiedades sensoriales de los tallarines se modifican de manera significativa en función del porcentaje de harina de quinua de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana que se utilice en las mezclas con harina de trigo.
- El aumento progresivo en la proporción de harina de quinua, proveniente de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana, en las formulaciones mixtas con harina de trigo, contribuye significativamente a mejorar las propiedades de cocción, composición fisicoquímica y el perfil de micronutrientes (calcio, hierro y litio) de los tallarines.

### **3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO**

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Juliaca, situada en la provincia de San Román, departamento de Puno, Perú. Las fases experimental y aplicada se realizaron en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca, así como en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión, donde se ejecutaron los análisis correspondientes a la formulación, procesamiento y evaluación del producto. Los análisis de contenido mineral fueron realizados en BHIOS Laboratorios S.R.L., lo que garantizó la obtención de resultados precisos y confiables.

### **3.3. MATERIALES**

#### **3.3.1. Materia prima**

La materia prima incorporada en el presente estudio incluyó granos andinos, específicamente quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), correspondientes a las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana, los cuales fueron suministrados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), a través de su estación experimental ILLPA, ubicada en la región Puno. Los granos fueron procesados mediante molienda y posteriormente tamizados para obtener harinas con un tamaño de partícula inferior a 75 µm. En el caso de la harina de trigo, esta fue sometida a tamizado para alcanzar una granulometría menor a 150 µm. Los demás ingredientes utilizados en la formulación de los tallarines, como albúmina de huevo, sal, aceite y harina de trigo fueron adquiridos en establecimientos comerciales de la localidad.

#### **3.3.2. Insumos**

- Harina de Trigo: Harina sin Preparar Victoria ®
- Agua
- Sal yodada Marina Emsal ®
- Albumina de Huevo deshidratado
- Hidrocoloide (Goma Xantana)

#### **3.3.3. Reactivos**

- Fenolftaleína
- Alcohol

- Hidróxido de sodio, NaOH 0.1 N
- Suero fisiológico.
- Agares (Salmonella shigella, Mannitol Salt, MacConkey, Sabouraud)

#### **3.3.4. Materiales de Vidrio**

- Vaso Erlenmeyer
- Embudos de vidrio
- Matras aforado de 200 cm<sup>3</sup>
- Vaso precipitado
- Probeta de (100 y 500 ml)
- Buretas
- Soporte universal
- Pinzas metálicas
- Fiolas (5 y 10 ml)
- Agitador
- Pipeta volumétrica
- Mortero
- Matraz Erlenmeyer 100 cm<sup>3</sup>, 200 cm<sup>3</sup>.
- Papel filtro
- Equipos e instrumentos
- Máquina para hacer fideos JUNXIFU FKM-220
- Equipo de tamiz RETSCH AS200 CONTROL
- Determinador de Humedad OHAUS® MB120
- Agitador magnético VELP SCIENTIFICA.
- Autoclave
- Balanza analítica digital NOVAMAK
- Agitador de tubos JP SELECTA
- Incubadora
- Cuenta colonias KERILAB No. J-02
- Tamices 500, 250, 250, 75, 0 µm
- Texturómetro INSTRON, 34TM-5-SA, Brasil

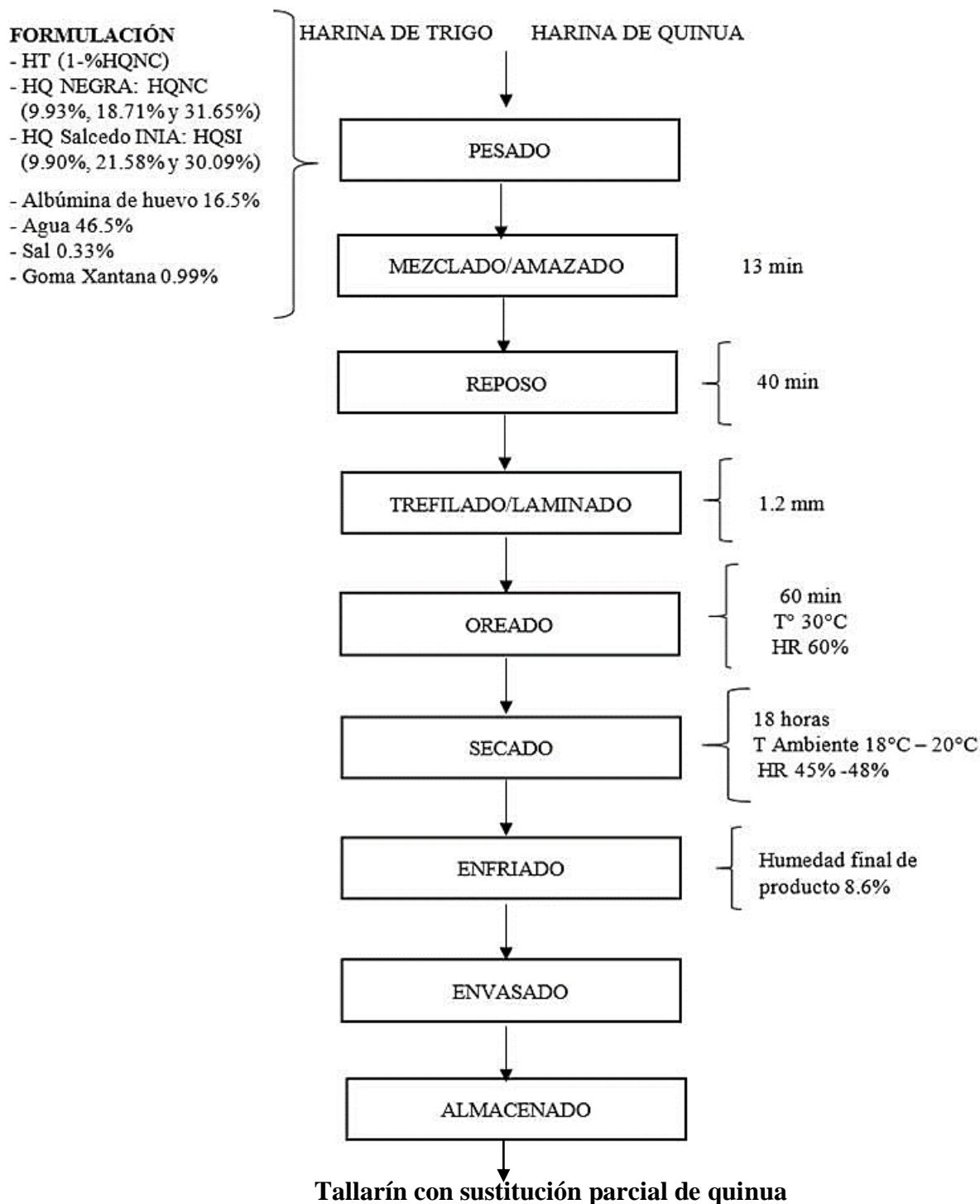
### 3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.4.1. Diagrama de flujo para elaboración de tallarines.

La Figura 10, muestra el diagrama de flujo correspondiente a las etapas del proceso tecnológico empleado para la elaboración de pasta alimenticia con sustitución parcial de harina de quinua en la formulación.

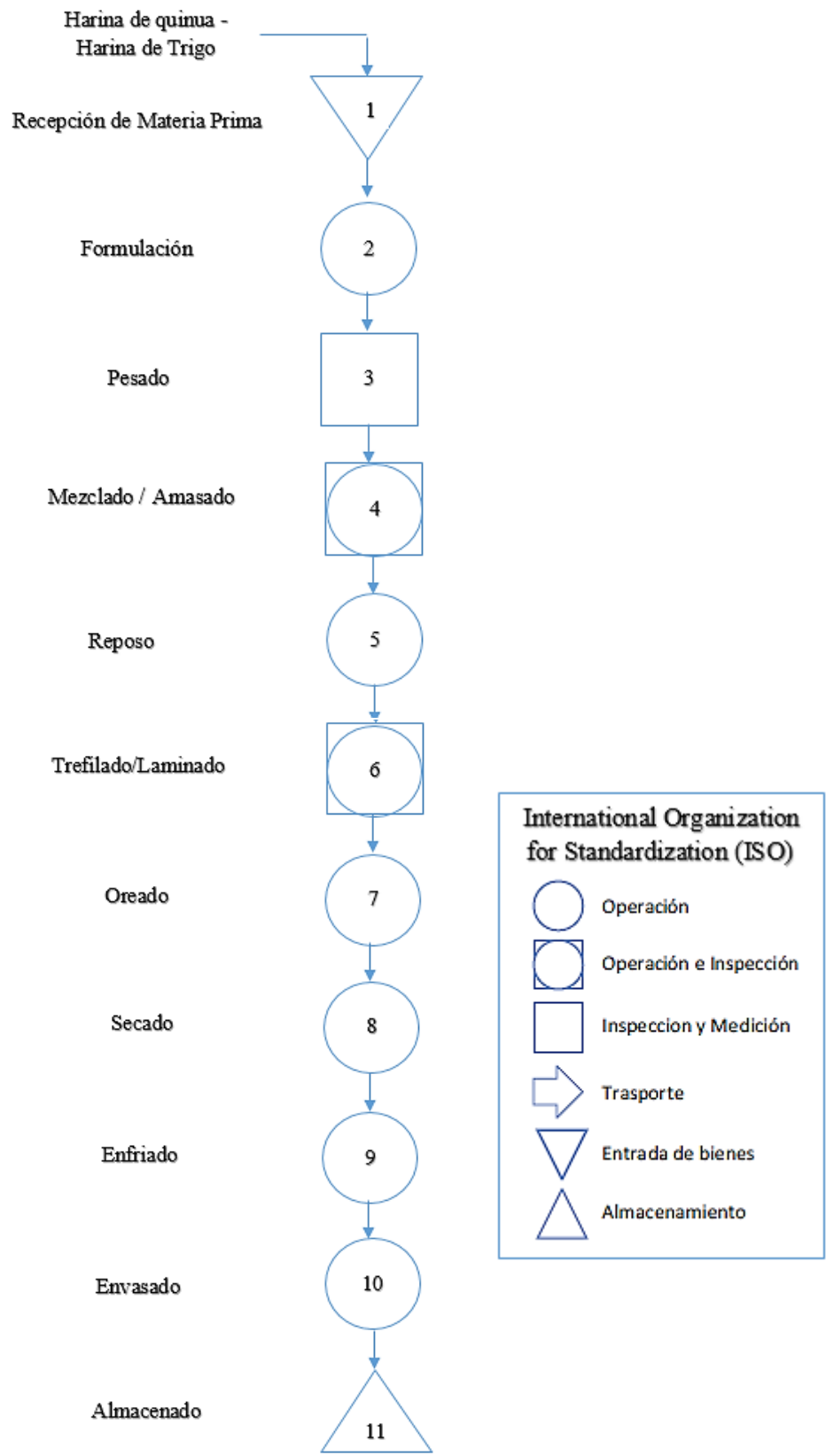
#### 3.4.2. Descripción del diagrama de flujo para la obtención de la pasta.

- a) **Formulación:** Se pesaron y mezclaron manualmente los ingredientes secos: harina de trigo y harinas de quinua, previamente tamizadas. Posteriormente, se incorporó albúmina de huevo, sal y agua potable, hasta formar una mezcla homogénea.
- b) **Mezclado o amasado:** El proceso de amasado se realizó manualmente hasta obtener una masa uniforme y maleable. Este paso fue fundamental para lograr una adecuada humectación de los componentes y asegurar una textura cohesionada.
- c) **Refinado:** Durante este paso, se favoreció la formación de enlaces entre glutenina, gliadina y agua (en las muestras con trigo), mejorando la elasticidad y extensibilidad de la masa.
- d) **Trefilado y/o laminado:** La masa fue introducida en una trefiladora equipada con rodillos laminadores, donde se transformó en cintas continuas de pasta, cuya longitud dependió del volumen trabajado.
- e) **Oreado:** Se realizó un presecado al aire libre durante un máximo de 20 minutos para permitir que los fideos conservaran su forma antes del secado definitivo.
- f) **Secado:** Se procedió al secado controlado del producto hasta alcanzar una humedad final de entre 12 % y 13 %, valor necesario para garantizar su estabilidad microbiológica durante el almacenamiento.
- g) **Enfriado:** Una vez concluida la etapa de secado, los fideos fueron colocados sobre bandejas de aluminio y se dejaron reposar a temperatura ambiente, fresco y seco.
- h) **Envasado:** El producto final fue empacado en bolsas de polipropileno con cierre hermético a fin de garantizar la conservación de sus propiedades físico-químicas y asegurar su inocuidad microbiológica
- i) **Almacenamiento:** Los paquetes sellados fueron almacenados bajo condiciones ambientales controladas, específicamente en un entorno limpio, fresco y seco, resguardado de la luz y la humedad.



**Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pasta con sustitución parcial de harina de quinua (variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana).**

Nota: **HQSI**: Harina de Quinua Salcedo INIA, **HQNC**: Harina de Quinua Negra Collana, **HT**: Harina de trigo, **AH**: Albumina de Huevo, **HR**: Humedad Relativa



**Figura 11:** Diagrama de operaciones del proceso de elaboración de tallarines con sustitución parcial de harina de quinua Salcedo INIA e INIA 420 - Negra Collana.

### 3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL POR OBJETIVOS

#### 3.5.1. Identificación de variables

La Tabla 23, presenta un resumen de los códigos asignados a cada muestra utilizada en el análisis sensorial, junto con los respectivos porcentajes de sustitución de harina de quinua (%) aplicados en los seis tratamientos experimentales, además del tratamiento control.

**Tabla 23: Tratamientos y Codificación.**

Tratamientos	Código sensorial	Sustitución (%)
T1	420	31.65*
T2	547	9.93*
T3	624	18.71*
T4	102	30.09**
T5	214	9.90**
T6	320	21.58**
T-C	603	0.00***

Nota. \*Harina de Quinua INIA 420 - Negra Collana (HQNC); \*\*Harina de Quinua Salcedo INIA (HQSI); \*\*\*Control

#### 3.5.2. Diseño Experimental

A continuación, se detallan las variables consideradas en esta investigación, estructuradas de acuerdo con la secuencia establecida en los objetivos formulados

**Objetivo N° 1: Con el fin de cumplir el primer objetivo de esta investigación, se identificó la mezcla óptima entre harina de trigo y harinas de quinua, correspondientes a las variedades Salcedo INIA e INIA 420 - Negra Collana, para la elaboración de tallarines, considerando como criterio de evaluación el contenido de micronutrientes esenciales: calcio, hierro y litio.**

Para establecer con precisión los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harinas de quinua, se utilizó el software Design Expert®, aplicando un diseño experimental del tipo *simplex-lattice*, el cual resulta adecuado para optimizar formulaciones que involucran múltiples componentes. Este enfoque permitió identificar la proporción más adecuada de cada variedad de quinua para obtener un producto que cumpla con el perfil nutricional

deseado. Además, el modelo permitió calcular el porcentaje de contribución de cada componente a las variables de respuesta (Gutiérrez, 2012).

Como referencia comparativa, los resultados obtenidos fueron contrastados con la información nutricional declarada de un producto comercial disponible en el mercado peruano: fideos andinos de la marca Santa Catalina. Esta comparación se utilizó como línea base para evaluar la mejora nutricional de las formulaciones experimentales desarrolladas en este estudio.

- **Variables independientes**

- Variedad de quinua: INIA 420 - Negra Collana y Salcedo INIA
- Niveles de sustitución: Harina de quinua INIA 420 - Negra Collana: 31.65%, 9.93% y 18.71%
- Niveles de sustitución: Harina de quinua Salcedo INIA: 30.09%, 9.9% y 21.58%

- **Variables dependientes**

- Contenido de micronutrientes (mg/100 g)
- Calcio
- Hierro
- Litio

**Objetivo N° 2: Se llevó a cabo una evaluación de aceptabilidad sensorial en tallarines formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de quinua, correspondientes a las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana.**

La evaluación sensorial se realizó utilizando una escala hedónica verbal de cinco puntos, diseñada para medir el grado de agrado o desagrado que un producto alimenticio genera en los consumidores. En dicha escala, el valor 1 representa “me disgusta mucho” y el valor 5, “me gusta mucho” (Hernández, 2005). La prueba fue aplicada a un total de 112 panelistas no entrenados, conformados por 69 mujeres (61.6 %) y 43 varones (38.4 %), con edades comprendidas entre los 18 y 43 años. El análisis sensorial se centró en la evaluación de cinco atributos: apariencia, aroma, textura, sabor y aceptación global. Esta valoración permitió determinar cuál de las formulaciones fue la más preferida por los consumidores.

- **Variables independientes**

- Variedades de quinua utilizadas: INIA 420 – Negra Collana y Salcedo INIA.
- Niveles de sustitución: Harina de quinua INIA 420 - Negra Collana: 31.65%, 9.93% y 18.71%
- Niveles de sustitución: Harina de quinua Salcedo INIA: 30.09%, 9.9% y 21.58%

- **Variable dependiente**

- **Evaluación sensorial:** medida con escala hedónica verbal de cinco puntos (1 = me disgusta mucho; 5 = me gusta mucho)

**Objetivo N° 3: El tercer objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de cocción, características fisicoquímicas (composición proximal), textura y el color de tallarines formulados mediante la sustitución parcial de harinas de quinua correspondientes a las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana.**

Estas variables tecnológicas y nutricionales son fundamentales para caracterizar el comportamiento funcional de la pasta, especialmente cuando se incorporan ingredientes no convencionales como las harinas de quinua, cuyas propiedades pueden afectar la estructura de la matriz almidón-proteína.

Se evaluaron distintos niveles de sustitución de harina de quinua con el propósito de determinar su influencia sobre los parámetros de calidad industrial y el perfil nutricional del producto final.

- **Variables independientes**

- Variedad de quinua: INIA 420 - Negra Collana y Salcedo INIA
- Niveles de sustitución: Harina de quinua INIA 420 - Negra Collana: 31.65%, 9.93% y 18.71%
- Niveles de sustitución: Harina de quinua Salcedo INIA: 30.09%, 9.9% y 21.58%

- **VARIABLES DEPENDIENTES**

- Calidad de cocción (evaluada mediante tiempo óptimo de cocción, absorción de agua, pérdida de sólidos, e índice de hinchamiento)
- Textura (medida por firmeza, pegajosidad y cohesión)
- Composición proximal (humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos)
- Color (coordenadas L\*, a\*, b\*)

### 3.5.3. Diseño estadístico

El diseño estadístico empleado en la presente investigación fue, DCA (Diseño Completamente Aleatorizado). Este tipo de diseño es apropiado cuando las unidades experimentales son homogéneas y se desea asignar los tratamientos de manera aleatoria, con el fin de evitar sesgos y garantizar que las diferencias observadas en las variables de respuesta se deban exclusivamente a los tratamientos aplicados (Montgomery, 2017).

El modelo matemático correspondiente al DCA se expresa de la siguiente forma:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

**Donde:**

- $y_{ij}$ : Variable dependiente correspondiente a la j-ésima unidad experimental bajo el tratamiento i.
- $\mu$ : Media general del experimento, también interpretada como el efecto constante común a todos los tratamientos.
- $\tau_i$ : Efecto del tratamiento i-ésimo, es decir, la contribución específica del tratamiento i sobre la variable de respuesta.
- $\epsilon_{ij}$ : Término de error aleatorio, asociado a la variabilidad no explicada por el modelo.

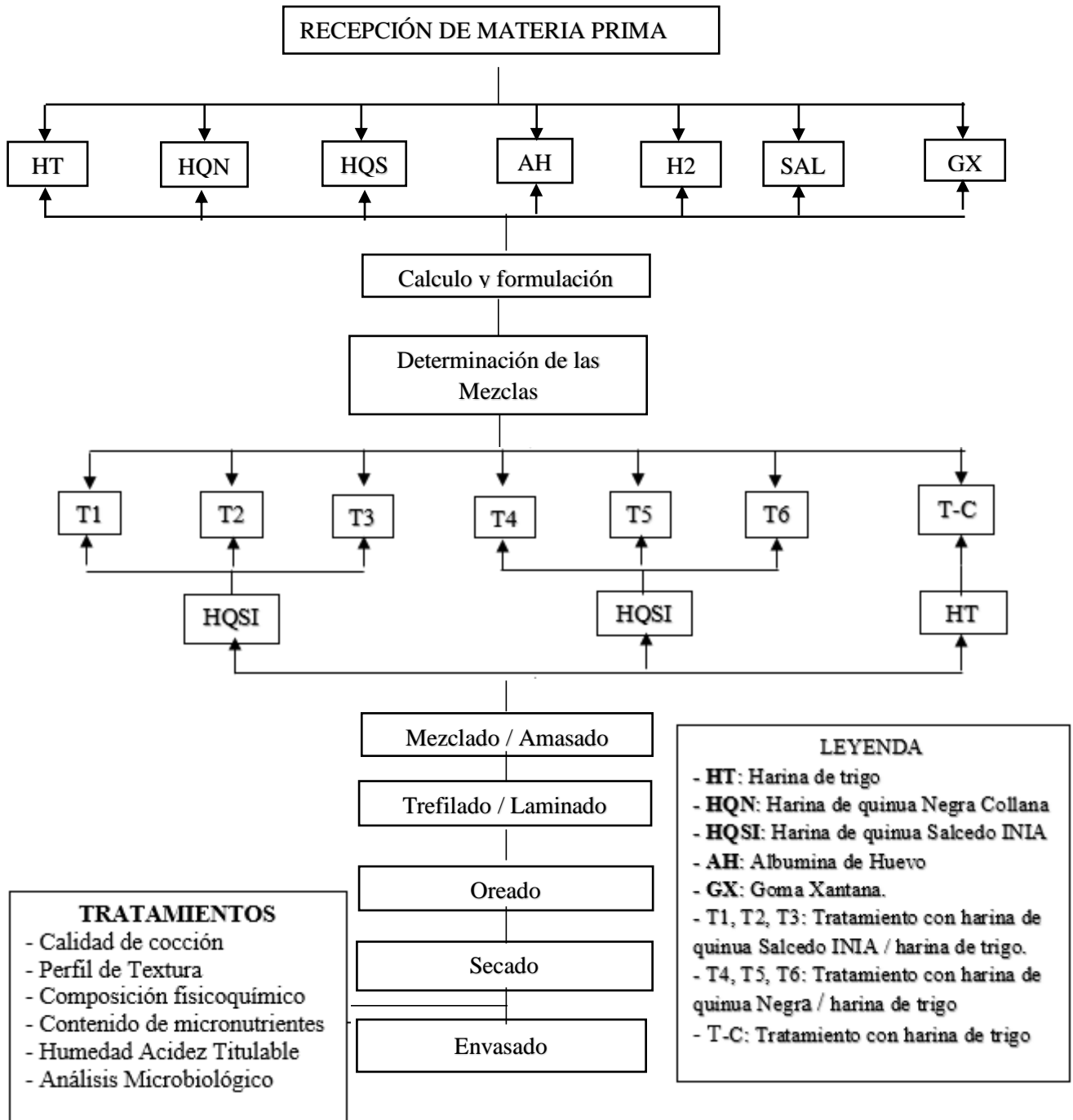
Este modelo se fundamenta en los siguientes supuestos estadísticos:

- **Normalidad:** Se asume que los errores aleatorios ( $\epsilon_{ij}$ ) siguen una distribución normal con media igual a cero.
- **Independencia:** Los errores son mutuamente independientes entre las observaciones.
- **Homoscedasticidad:** Se asume que la varianza de los errores aleatorios se mantiene constante en todos los niveles de los tratamientos aplicados.

La verificación de estos supuestos, se realizó mediante el análisis de residuos. Se utilizaron gráficos de probabilidad normal para evaluar la normalidad, diagramas de dispersión de residuos frente a valores ajustados para explorar la homogeneidad de varianzas, y pruebas estadísticas como Shapiro-Wilk y Levene cuando fue pertinente.

El procesamiento de los datos cuantitativos se realizó mediante el software estadístico Minitab, versión 17. En cuanto al análisis sensorial, se utilizó el complemento XLStat, integrado en la plataforma Microsoft Excel, debido a su capacidad específica para el tratamiento de datos sensoriales y análisis multivariado.

### 3.5.4. Diagrama Experimental



**Figura 12: Diseño experimental para la producción de tallarines mediante sustitución parcial de harina de quinua.**

### 3.5.5. Método de análisis

- a. **Litio (Li):** La determinación cuantitativa del litio se efectuó mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS, por sus siglas en inglés), reconocida por su alta sensibilidad analítica y exactitud en la identificación de elementos presentes en concentraciones extremadamente bajas. Esta técnica fue elegida debido a su idoneidad para la detección de trazas mínimas de litio en las materias primas empleadas en la formulación de tallarines, correspondientes a los tratamientos HT, HQNC y HQSI.
- b. **Calcio (Ca):** El contenido de calcio también fue determinado utilizando ICP-MS, por su capacidad de análisis multielemental y su alta resolución para detectar concentraciones bajas con elevada reproducibilidad.
- c. **Hierro (Fe):** De igual forma, la cuantificación de hierro se realizó mediante ICP-MS, utilizando el mismo equipo analítico, dada su eficiencia en el análisis simultáneo de múltiples elementos y su exactitud en la detección de metales en matrices alimentarias.
- d. **Tiempo óptimo de cocción:** El tiempo adecuado de cocción fue determinado, siguiendo el protocolo técnico propuesto por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, 2008), el cual se basa en identificar el intervalo entre el inicio del calentamiento y el momento en que, al efectuar un corte transversal en el centro del fideo, desaparece completamente la opacidad del núcleo central, se evidencia la desintegración del núcleo blanco interno
- e. **Porcentaje de absorción de agua:** La estimación del porcentaje de absorción de agua se realizó aplicando la fórmula desarrollada por Oh, Choi y Rhee (1985), la cual evalúa la capacidad de la pasta cocida para retener agua, expresada como el incremento porcentual de masa con relación al peso inicial en estado seco.

$$\text{Absorción de agua \%} = \frac{(\text{Peso de pasta cocida} - \text{peso de pasta cruda})}{\text{peso de pasta cruda}} \times 100$$

f. **Porcentaje de aumento de volumen:** Se usará la siguiente ecuación descrita por Özkaya y Kahveci (1990):

$$AV = \frac{(\text{Volumen desplazado por la pasta cocida} - \text{Volumen desplazado por la pasta cruda}) (g)}{\text{peso de pasta cruda} (g)}$$

### 3.6. PARÁMETROS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA

El análisis instrumental de la textura de los tallarines fue realizado mediante un analizador de textura, programado para registrar la fuerza necesaria para deformar la muestra bajo parámetros estandarizados de ensayo. Esta medición permitió cuantificar la firmeza de la pasta cocida como indicador de su comportamiento mecánico. Se empleó el modo de prueba por compresión uniaxial en tensión, con una deformación del 70 %, a fin de simular las condiciones de masticación y evaluar la firmeza estructural del producto.

#### 3.6.1. Parámetros del Texturómetro

Los parámetros utilizados del Analizador de textura:

- velocidad previa al contacto con la muestra de 4.0 mm/s
- velocidad de penetración o deformación de 1.0 mm/s
- velocidad de retracción posterior a la prueba también de 1.0 mm/s
- Modo objetivo: Tensión
- Porcentaje de deformación (cepa): 70 %
- Tiempo de prueba: 1.0 segundo
- Tipo de disparo: Automático (por fuerza)
- Fuerza de disparo: 10.0 gramos
- Modo de tara: Automático
- Opciones avanzadas: Activadas

Unidades de medición empleadas:

- Distancia: milímetros (mm)
- Fuerza: gramos (g)
- Tiempo: segundos (s)

Este procedimiento permitió obtener parámetros objetivos de textura, como firmeza y cohesividad, fundamentales para la caracterización físico-mecánica de los tallarines. El ensayo fue ejecutado bajo condiciones controladas de temperatura y humedad ambiental, a fin de asegurar la repetibilidad y consistencia de los resultados obtenidos durante la medición instrumental.

### **3.6.2. Procedimiento para el análisis de textura**

El análisis instrumental de la textura de los tallarines se ejecutó conforme a una secuencia operativa previamente estandarizada, lo que permitió garantizar tanto la homogeneidad de las muestras como la reproducibilidad de los resultados obtenidos.

- a) Se cocinaron 100 gramos de tallarines crudos en agua hirviendo durante aproximadamente 7 minutos, o hasta que desapareció el núcleo blanco al cortar transversalmente la pasta, indicando su cocción completa.
- b) Posteriormente, los tallarines cocidos fueron retirados del agua y enjuagados bajo el grifo a una temperatura de 26–27 °C durante 10 segundos, mientras se removían suavemente para detener la cocción.
- c) Luego, los fideos fueron colocados en un colador y se eliminó el exceso de agua mediante 10 golpes consecutivos del colador contra el borde de un fregadero (aproximadamente 10 segundos). Posteriormente, las muestras se transfirieron a un recipiente cubierto para evitar la deshidratación antes del análisis.
- d) Se seleccionaron tres hebras de tallarín intactas y uniformes, las cuales fueron cortadas en segmentos de 6 cm de longitud y colocadas sobre una lámina de plástico para su manipulación.
- e) A continuación, se seleccionaron cinco hebras de 6 cm de largo y se alinearon paralelamente sobre la placa de pruebas del analizador de textura (INSTRON, modelo 34TM-5-SA, Brasil),
- f) El análisis de Perfil de Textura (TPA, *Texture Profile Analysis*) se efectuó utilizando una cuchilla plana de policarbonato Lexan, con un espesor de 5 mm,

diseñada específicamente para realizar ensayos de compresión en matrices alimentarias de consistencia blanda.

- g) El sistema registró automáticamente los principales atributos texturales asociados al Perfil de Textura, incluyendo dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad, masticabilidad y resiliencia. Estos parámetros son fundamentales para describir el comportamiento mecánico de la muestra bajo condiciones que simulan el proceso de masticación.
- h) El procedimiento se repitió desde el paso (d) en adelante hasta alcanzar un coeficiente de variación (C.V.) inferior al 5 % para la variable de dureza, lo que garantiza la precisión y repetibilidad de la medición.

### **3.7. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS PROXIMAL**

Se realizó un análisis proximal con el objetivo de determinar la composición bromatológica fundamental de los tallarines, considerando los contenidos de humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra cruda y carbohidratos totales. La determinación de cada uno de estos componentes se efectuó siguiendo métodos analíticos validados y reconocidos por normativas nacionales e internacionales, tal como se describe en las secciones siguientes.

#### **3.7.1. General**

- **Contenido de cenizas:** Se realizó mediante un proceso de incineración en horno tipo mufla, siguiendo los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP 205.038:1975), la cual regula los procedimientos para la determinación de cenizas en productos farináceos.
- **Fibra cruda:** Se efectuó aplicando el método estandarizado AOAC 920.86, correspondiente al capítulo 32, sección 1:32.1.15, según lo establecido en los *Official Methods of Analysis* de la AOAC International (2005), con actualización en línea realizada en 2019.
- **Grasa cruda (extracto etéreo):** En las muestras de harina se determinó mediante extracción con éter etílico, empleando el método oficial AOAC 920.85,

correspondiente a la sección 32.1.13, según lo establecido en la vigésima primera edición del *Official Methods of Analysis* de la AOAC (2005).

- **Proteína bruta:** Se realizó aplicando el protocolo BHIOS-FQ-010, el cual se fundamenta en la determinación del nitrógeno total mediante el método Kjeldahl. Esta metodología, validada para matrices alimentarias como cereales, leguminosas, fórmulas infantiles, mezclas fortificadas y alimentos balanceados, fue implementada según su versión actualizada (07-2020).
- **Carbohidratos totales:** Se estimó mediante el método de diferencia, restando del 100 % la suma de los porcentajes correspondientes a humedad, proteínas, lípidos, cenizas y fibra cruda. Esta técnica de cálculo se fundamenta en los lineamientos propuestos por las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (8.<sup>a</sup> ed., 2009).
- **Contenido de humedad:** El contenido de humedad se determinó de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 205.037:1975, actualizada en 2016, la cual describe un procedimiento de secado controlado a temperatura constante hasta lograr la estabilización del peso de la muestra.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS

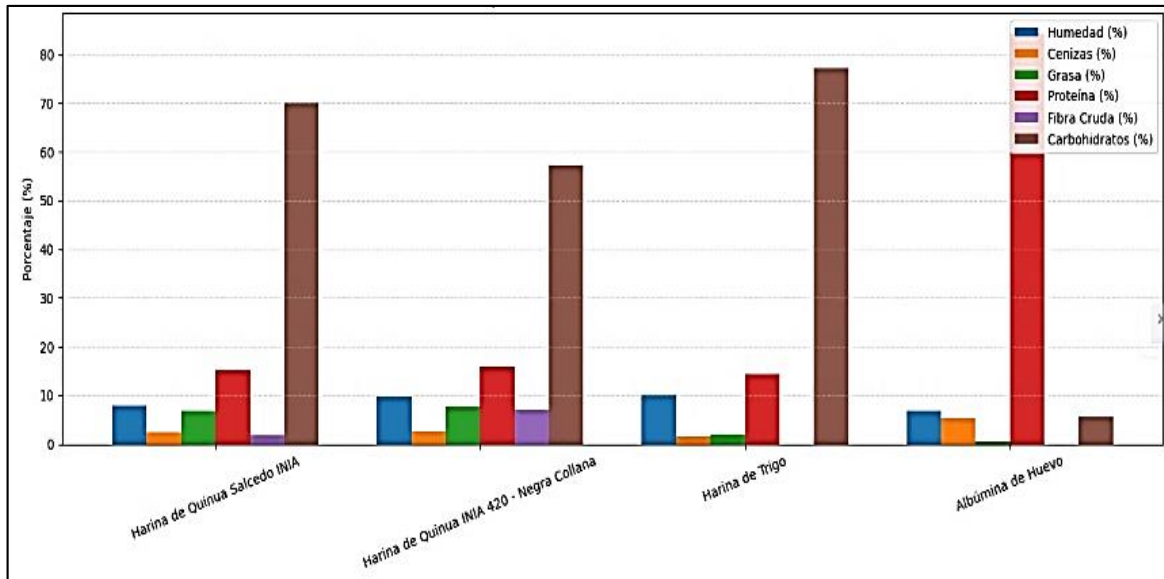
En la Tabla 24, se sintetiza los valores obtenidos en el análisis proximal realizado a las materias primas empleadas, que incluyen harina de quinua de las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana, harina de trigo y albúmina de huevo.

**Tabla 24:** *Composición proximal de las materias primas (%)*

<b>Materia prima</b>	<b>Humedad</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Grasa</b>	<b>Proteína</b>	<b>Fibra Cruda</b>	<b>Carbohidratos</b>
HQSI	12.50 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.68 ± 0.08 <sup>bc</sup>	5.29 ± 0.12 <sup>a</sup>	12.41 ± 0.09 <sup>bc</sup>	0.75 ± 0.04 <sup>b</sup>	68.12 ± 0.13 <sup>b</sup>
HQNC	8.70 ± 0.52 <sup>b</sup>	2.42 ± 0.06 <sup>b</sup>	5.44 ± 0.75 <sup>a</sup>	15.99 ± 0.06 <sup>b</sup>	5.87 ± 0.10 <sup>a</sup>	67.45 ± 0.72 <sup>b</sup>
HT	11.20 ± 0.98 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.14 <sup>c</sup>	0.99 ± 0.07 <sup>b</sup>	10.05 ± 0.27 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	77.17 ± 1.30 <sup>a</sup>
AH	6.10 ± 0.10 <sup>c</sup>	6.54 ± 1.11 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.41 <sup>b</sup>	81.47 ± 3.36 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	5.55 ± 2.59 <sup>c</sup>

Nota. HQNC: Harina de Quinua INIA 420 - Negra Collana; HQSI: Harina de Quinua Salcedo INIA; HT: Harina de Trigo; AH: Albúmina de huevo. Letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los valores se expresan como promedio ± DE (n = 3).

Los resultados obtenidos del análisis proximal evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre las materias primas analizadas en los parámetros de humedad, contenido de cenizas, grasa, proteína, fibra cruda y carbohidratos, se representan en la Figura 13.



**Figura 13: Composición proximal de las materias primas**

**Humedad:** Las muestras de HQSI y HT presentaron valores de humedad estadísticamente similares ( $p < 0.05$ ) y significativamente diferentes en comparación con la HQNC y AH. La humedad de HQSI fue coherente con valores previamente reportados para esta variedad y otras similares provenientes de los Andes peruanos y de España, con registros de 8.26 %, 6.8 % y 7.9 % (Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2010; Pedrali *et al.*, 2023). En el caso de la HQNC, los valores obtenidos se alinean con datos de estudios previos que reportaron entre 6.8 % y 10.5 % (Pereira *et al.*, 2019; Moscoso-Mujica *et al.*, 2022; Pedrali *et al.*, 2023). En el caso de la harina de trigo (HT), el contenido de humedad fue de aproximadamente 10.15 %, resultado que coincide con lo reportado por Moscoso-Mujica *et al.* (2022). Por su parte, la albúmina de huevo (AH) presentó un valor de humedad de 6.9 %, en concordancia con los hallazgos de Pérez-Reyes *et al.* (2021).

**Cenizas:** No se identificaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en el contenido de cenizas entre las harinas de quinua correspondientes a las variedades Salcedo INIA e INIA 420 – Negra Collana. No obstante, ambas presentaron valores significativamente distintos ( $p < 0.05$ ) en comparación con las otras materias primas evaluadas. La HQSI presentó un contenido de cenizas aproximado de 2.37 %, valor consistente con lo reportado por Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010). Por su parte, la variedad INIA 420 – Negra Collana alcanzó un valor cercano a 2.7 %, en concordancia con Pereira *et al.* (2019), quien analizó muestras provenientes de la misma región de cultivo.

Cabe resaltar que la quinua constituye una fuente relevante de minerales como calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, manganeso, hierro y zinc, según diversos estudios (Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2003; Ogungbenle, 2003; Alvarez-Jubete *et al.*, 2009; Nascimento et al., 2014). En contraste, la harina de trigo registró el menor porcentaje de cenizas (1.6 %), lo cual concuerda con los datos proporcionados por Moscoso-Mujica *et al.* (2022). La albúmina de huevo, en cambio, presentó el mayor contenido (5.3 %), atribuible a su elevada concentración de minerales esenciales como sodio (155 mg), cloro (175 mg), potasio (140 mg) y azufre (163 mg), conforme a lo señalado por Pérez-Reyes et al. (2021) y Van et al. (2011).

**Grasa:** Respecto al contenido lipídico, las materias primas se agruparon en dos grupos estadísticamente distintos ( $p < 0.05$ ). La HQSI y HQNC presentaron los valores más elevados, mientras que la HT y la AH mostraron un contenido significativamente menor. El bajo contenido de grasa del trigo, reportado en 2.1 % por Moscoso-Mujica *et al.*, (2022), concuerda con los resultados obtenidos. Las harinas de quinua evaluadas exhibieron niveles similares a los reportados para variedades peruanas y españolas (5.8 % a 7.7 %) (Pedrali *et al.*, 2023). Los lípidos presentes en la quinua se caracterizan por una elevada proporción de ácidos grasos esenciales, principalmente linoleico ( $\omega$ -6) y  $\alpha$ -linolénico ( $\omega$ -3), así como por la presencia de compuestos con actividad antioxidante, tales como  $\alpha$ - y  $\gamma$ -tocoferoles. En contraste, la albúmina de huevo registró el contenido lipídico más bajo entre las muestras analizadas (0.6 %), lo cual es coherente con su perfil proteico y con lo reportado por Pérez-Reyes *et al.* (2021).

**Proteína:** No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el contenido proteico entre las harinas de quinua evaluadas. Sin embargo, ambas presentaron concentraciones de proteína significativamente superiores ( $p < 0.05$ ) en comparación con la harina de trigo y la Albúmina de Huevo, por otro lado, mostró un contenido proteico marcadamente mayor. La harina de trigo presentó un contenido de proteína cercano al 14.3 %, valor concordante con lo informado por Moscoso-Mujica *et al.* (2022). En el caso de las harinas de quinua, los niveles proteicos se situaron dentro de los rangos descritos para variedades andinas, específicamente entre 14.6 % y 15.9 % para INIA 420 – Negra Collana, y entre 13.2 % y 18.8 % para la variedad Salcedo INIA (Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2010; Pedrali *et al.*,

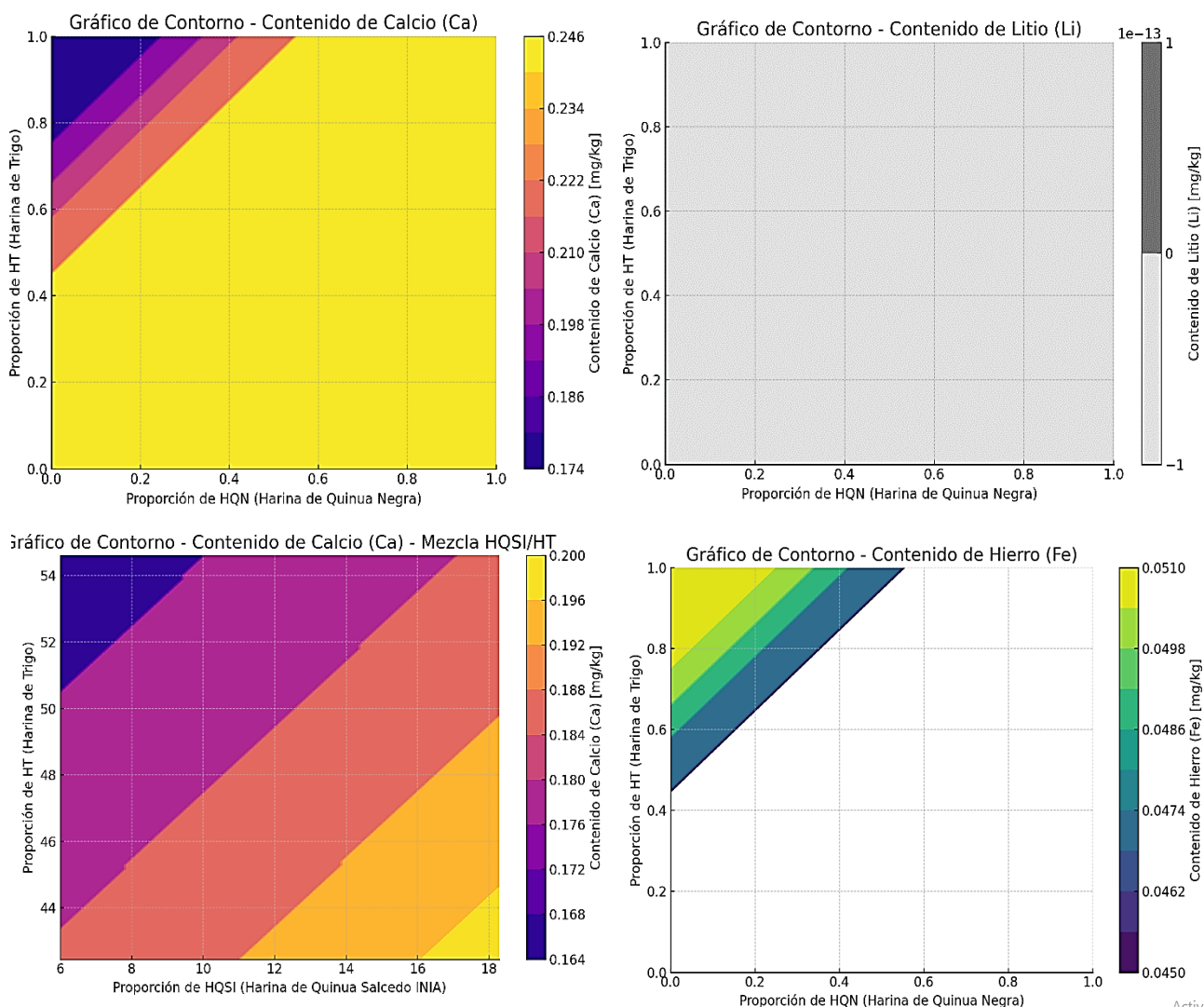
2023). La Albúmina de Huevo alcanzó un valor de 84.3 %, según lo documentado por Pérez-Reyes *et al.*, (2021), destacando su concentración proteica y calidad nutricional. La elevada concentración proteica observada en las harinas de quinua se asocia con su perfil aminoacídico completo, que incluye cantidades relevantes de aminoácidos esenciales como lisina y triptófano, compuestos poco abundantes en otros cereales convencionales (Pilco-Quesada *et al.*, 2020; Ruales & Nair, 1993; Vietmeyer, 1989).

**Fibra cruda:** No se identificaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el contenido de fibra cruda entre las harinas de quinua evaluadas. En contraste, no se detectó presencia de este componente en la harina de trigo ni en la albúmina de huevo. La HQNC, presentó un valor de 7.1 %, en concordancia con Moscoso-Mujica *et al.* (2022), mientras que Salcedo INIA alcanzó un valor de 1.84 %, cercano mencionado por Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2010). La ausencia de fibra cruda en la harina de trigo podría explicarse por la exclusión de la fracción soluble durante el análisis, dado que únicamente se cuantificó la fracción insoluble. No obstante, estudios como el de Moscoso-Mujica *et al.* (2022) informan valores de hasta 2.5 % cuando se considera el contenido total de fibra dietaria. La Albúmina de Huevo, por su composición eminentemente proteica, no contiene fibra dietética (Nys & Sauveur, 2004; Van *et al.*, 2011).

**Carbohidratos:** Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en los contenidos de carbohidratos entre las materias primas analizadas. La harina de trigo presentó el mayor porcentaje (77.17 %), seguida por las harinas de quinua. En contraste, la albúmina de huevo registró el menor valor (5.55 %). Los valores obtenidos para Harina de Quinua Salcedo INIA se asemejan a los descritos por Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, (2010), con un 70 %, y por Pedrali *et al.*, (2023), con rangos de 69.3 % a 71.6 % y en la variedad Negra Collana se reportaron valores entre 54.3 % y 70 % (Pereira *et al.*, 2019; Pedrali *et al.*, 2023; Moscoso-Mujica *et al.*, 2022). La Albúmina de Huevo mostró un valor cercano al 5 %, coherente con los datos corregidos de la ficha técnica, considerando el contenido real de humedad y fibra. Otros estudios mencionan 2.9 % (Pérez-Reyes *et al.*, 2021), aunque dicha estimación puede no incluir adecuadamente todos los componentes nutricionales restantes.

## 4.2. DETERMINACIÓN DE MICRONUTRIENTES DE LAS MATERIAS PRIMAS

La Figura 14 y la Tabla 25 presentan los resultados del análisis mineral, enfocado en la cuantificación de calcio (Ca), hierro (Fe) y litio (Li). El calcio fue el elemento predominante en todas las muestras analizadas. Además, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para cada uno de los minerales evaluados ( $p < 0.05$ ). En particular, la muestra correspondiente a AH mostró concentraciones notablemente inferiores en comparación con las demás, destacando especialmente en el caso del litio, cuyas cantidades fueron apenas trazables.



**Figura 14: Grafico de Contorno de Calcio (Ca), Hierro (Fe), litio (Li)**

La Figura 14, ilustra la variación en los niveles de calcio (Ca), hierro (Fe) y litio (Li) según las distintas proporciones empleadas de HQNC, HQSI y harina de trigo (HT).

En relación con la muestra HQSI, estudios previos han reportado concentraciones de calcio entre 1.3 y 2.2 mg/100 g, y de hierro entre 4.8 y 9.5 mg/100 g (Pedrali *et al.*, 2023). Por su parte, la muestra HQNC presenta rangos de 1.0 a 1.3 mg/100 g para el calcio y de 5.0 a 11.0 mg/100 g para el hierro (Pedrali *et al.*, 2023), mientras que otros autores informan valores significativamente más altos, alcanzando los 94 mg/100 g para calcio y 19.8 mg/100 g para hierro (Mujica & Chura, 2012; Repo-Carrasco, 2011). Adicionalmente, investigaciones realizadas con diversas variedades de quinua reportan concentraciones variables, desde 86.3 hasta 148.7 mg/100 g para el calcio y entre 2.6 y 16.8 mg/100 g para el hierro (Filho *et al.*, 2017; Vega-Gálvez *et al.*, 2010).

Diversos estudios indican que las condiciones agroecológicas, en particular la zona de cultivo, inciden de manera significativa en el perfil mineral de la quinua, lo que podría justificar las variaciones observadas entre diferentes investigaciones. Según Filho *et al.* (2017), los minerales predominantes en este pseudocereal son el potasio, sodio y magnesio, los cuales se presentan en formas químicamente biodisponibles y en concentraciones adecuadas para contribuir a una alimentación equilibrada.

En el caso de la muestra correspondiente a harina de trigo (HT), los valores obtenidos coincidieron con lo reportado previamente por Hussain *et al.* (2010), quienes reportaron concentraciones de calcio entre 32.7 y 42.0 mg/100 g y de hierro entre 3.31 y 4.96 mg/100 g. En cuanto a la muestra de albúmina de huevo (AH), los niveles obtenidos fueron comparables con los descritos por Mine (2008), quien reportó concentraciones de 3.8 mg/100 g para calcio y 0.053 mg/100 g para hierro. Además, se identificó al cloro como el mineral predominante, con una concentración de 66.1 mg/100 g.

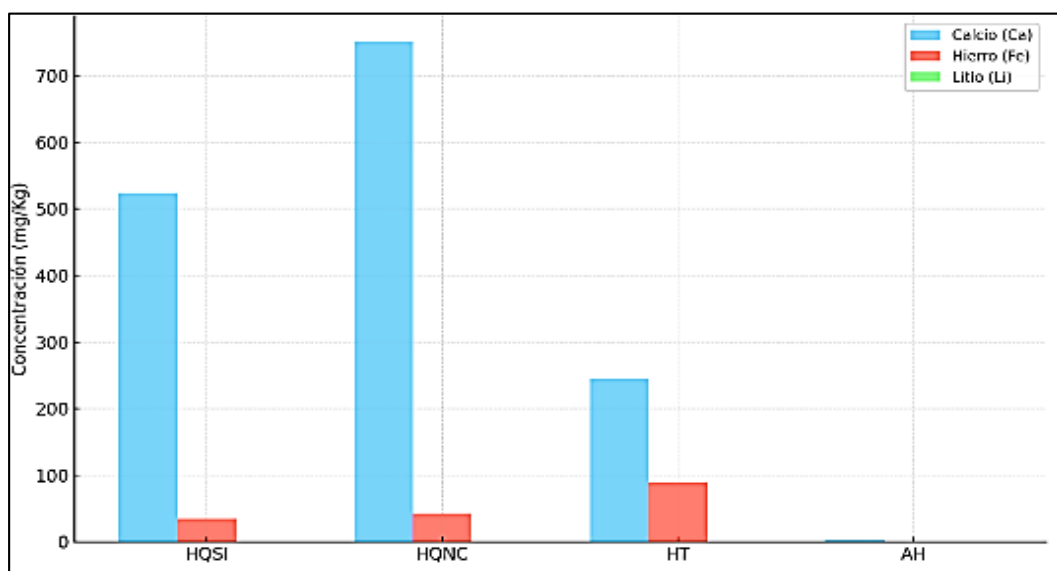
En relación con el litio, Arisaca (2021) reportó concentraciones comprendidas entre 0.14886 y 0.53381 mg por cada 100 gr, en muestras correspondientes a la variedad de quinua INIA 420 – Negra Collana. Es importante señalar que existen pocos estudios que documenten la presencia de litio en estos alimentos, dado su bajo contenido. Según Schrauzer (2002), no se ha evidenciado una deficiencia específica de litio en humanos; no obstante, su carencia puede inducir alteraciones conductuales, aun en ausencia de manifestaciones fisiológicas. Diversas investigaciones sugieren que el litio interactúa con otros elementos, vitaminas, fármacos, hormonas, enzimas, así como con factores de crecimiento y transformación celular (Graças *et al.*, 2009; Kostik *et al.*, 2014). Además,

Anke et al. (2005) señalaron que la carencia de litio puede alterar la actividad de enzimas asociadas a procesos metabólicos fundamentales, como el ciclo del ácido cítrico, el glucólisis y el metabolismo del nitrógeno. Aunque concentraciones excesivas de este elemento pueden provocar trastornos psiquiátricos, también se ha demostrado que dosis adecuadas de litio pueden tener efectos terapéuticos positivos en cuadros de depresión, al facilitar la acumulación de GABA y actuar como un agente tranquilizante (Mataix & Llopis, 2013).

**Tabla 25: Contenido de calcio, hierro y litio de las materias primas**

Materia prima	Composición (mg/Kg)		
	Calcio (Ca)	Hierro (Fe)	Litio (Li)
HQSI	524.020 ± 2.17 <sup>b</sup>	34.935 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.04684 ± 0.002 <sup>b</sup>
HQNC	751.890 ± 0.62 <sup>a</sup>	42.803 ± 0.24 <sup>b</sup>	0.16856 ± 0.24 <sup>a</sup>
HT	245.500 ± 0.49 <sup>c</sup>	89.903 ± 0.90 <sup>a</sup>	<0.00008 ± 0.00001 <sup>c</sup>
AH	3.30 ± 0.03 <sup>d</sup>	0.049 ± 0.003 <sup>d</sup>	1x10 <sup>-11</sup> ± 1 x 10 <sup>-12</sup> c

Nota. HQSI: Harina de Quinua INIA 420 - Negra Collana; HQNC: Harina de Quinua Salcedo INIA; HT: Harina de Trigo Letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los valores se expresan como promedio ± DE (n = 3).

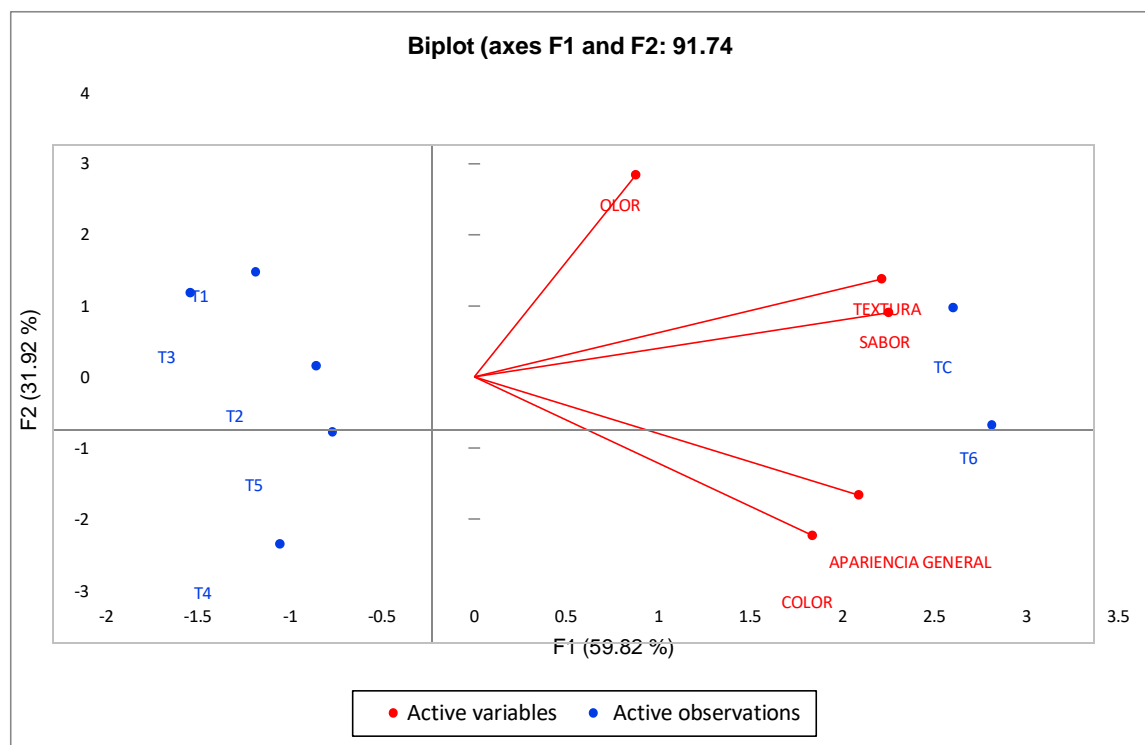


**Figura 15: Contenido de calcio, hierro y litio de las materias primas**

### 4.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS TALLARINES

La Figura 16, muestra el gráfico Biplot derivado del Análisis de Componentes Principales (PCA), el cual fue aplicado a cinco atributos sensoriales evaluados. La primera dimensión explica el 59.82 % de la variabilidad, mientras que la segunda dimensión aporta un 31.92 %, lo que en conjunto representa el 91.74 % de la variación total observada en los datos. Este elevado porcentaje indica una adecuada representación de los datos en el espacio bidimensional. El gráfico revela la formación de cuatro grupos claramente diferenciados: el primero corresponde a la muestra TC; el segundo, a la muestra T6; el tercero agrupa a las muestras T1, T2 y T3; y el cuarto está agrupado por las muestras T4 y T5.

El tratamiento correspondiente a la muestra TC se caracteriza por presentar una alta valoración en atributos como olor, textura y sabor. Por su parte, la muestra T6 destaca por su apariencia general y color, atributos que contribuyen positivamente a su aceptación sensorial.

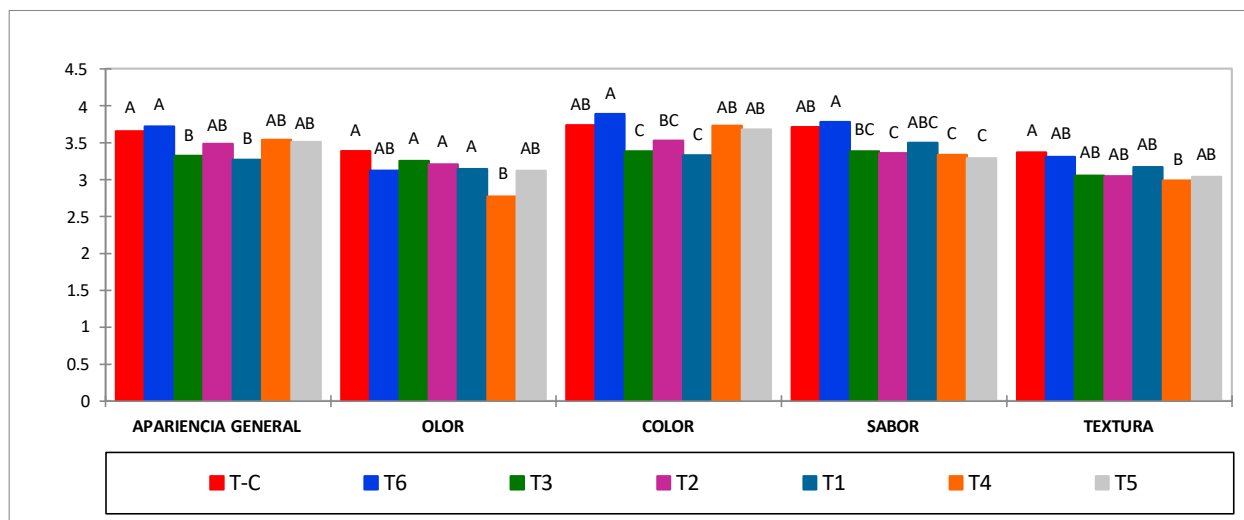


**Figura 16: Gráfico de Biplot de los atributos de olor, color, textura, sabor, apariencia general y color de los tratamientos**

En la Figura 17, se muestran las puntuaciones promedio del análisis sensorial aplicado a tallarines elaborados con diferentes porcentajes de sustitución de HQSI y HQNC, en

comparación con muestra control (TC), elaborada exclusivamente con harina de trigo (100 %), se evaluaron cinco atributos sensoriales: apariencia general, olor, color, sabor y textura. La evaluación se llevó a cabo utilizando una escala hedónica de 0 a 5, en la que los valores más altos indican una mayor aceptación sensorial por parte de los evaluadores.

Entre las formulaciones analizadas, la muestra T6 obtuvo las calificaciones más elevadas en los atributos de apariencia general, color, sabor y textura, presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a las demás muestras, incluida la muestra control. Los resultados obtenidos indican que la proporción particular de harina de quinua Salcedo INIA empleada en la formulación T6 contribuye favorablemente a las propiedades sensoriales del producto final, lo que la convierte en una opción tecnológica viable para optimizar la calidad organoléptica de los tallarines



**Figura 17: Puntuaciones medias del test sensorial de los tratamientos y TC**

Las puntuaciones correspondientes al atributo de apariencia general presentan variaciones entre los diferentes tratamientos y la muestra control (TC). En términos generales, las formulaciones que incluyeron harina de quinua Salcedo INIA y quinua INIA 420 – Negra Collana presentaron puntuaciones sensoriales cercanas a las obtenidas por la muestra control (TC), aunque en ciertos atributos se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), tal como se indica mediante las letras sobre las barras del gráfico. Particularmente, los tratamientos T6 y T3 obtuvieron puntuaciones similares a la muestra control (letras A y AB), lo que sugiere que dichas concentraciones mantienen una apariencia visual comparable al producto sin sustitución.

En cuanto al atributo "olor", la mayoría de las formulaciones presentaron valores sensoriales estadísticamente equivalentes al TC ( $p > 0.05$ ), lo que indica que las sustituciones de ambas variedades de harina de quinua no generan alteraciones significativas en el perfil olfativo del producto final. No obstante, los tratamientos T3 y T5 obtuvieron puntuaciones ligeramente superiores (letra A), lo cual sugiere que estas formulaciones podrían incluso mejorar la percepción del olor con respecto a la muestra control. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Demir y Bilgiçli (2021), quienes evaluaron tallarines elaborados con un 10 % de harina de quinua cruda, obteniendo una alta puntuación en sabor. Sin embargo, a concentraciones superiores, como el 30 %, las puntuaciones del atributo "olor" disminuyeron notablemente. Además, formulaciones con niveles de sustitución entre el 20 % y el 30 % resultaron en una menor aceptación visual, reflejada en puntuaciones más bajas para la apariencia general.

El atributo sensorial "color" presentó una variación significativa entre las formulaciones analizadas. En particular, los tratamientos T1 y T4 mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la muestra control (TC). En contraste, el tratamiento T5 obtuvo puntuaciones similares a las del TC (letra A;  $p > 0.05$ ), lo que sugiere que esta concentración no modifica sustancialmente la percepción del color.

El "sabor" fue el atributo con mayor variabilidad entre tratamientos. El tratamiento T1 presentó diferencias significativas respecto al TC (letras B y C;  $p < 0.05$ ), lo cual indica que una alta proporción de harina de quinua INIA 420 – Negra Collana puede alterar de forma considerable el perfil de sabor. Por el contrario, los tratamientos T6 y T2 obtuvieron puntuaciones más cercanas a las del TC (letras A y AB), lo que sugiere una conservación del perfil sensorial original.

Respecto a la "textura", los tratamientos T1 y T4 registraron puntuaciones más bajas (letras C y B), lo que podría indicar una modificación negativa en la percepción de esta característica. En cambio, los tratamientos T6 y T3 obtuvieron puntuaciones estadísticamente similares a las del TC (letras A y AB), sugiriendo que dichas concentraciones mantienen una textura comparable a la del producto original.

Como complemento Gupta et al. (2021), analizaron el impacto de diferentes concentraciones de proteína de quinua (entre 4 % y 12 %) en la elaboración de tallarines. Sus resultados indicaron una tendencia decreciente en la aceptación sensorial conforme se incrementaba la proporción proteica. La concentración del 8 % obtuvo la mejor aceptación en términos de color, ya que concentraciones superiores, como el 12 %, oscurecieron considerablemente el producto, reduciendo la percepción sensorial general a niveles por debajo del umbral de aceptación.

#### **4.4. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE COCCIÓN DE LOS TALLARINES**

La calidad de cocción de los tallarines se evalúa a través de indicadores clave como la liberación de sólidos durante el proceso térmico, la capacidad de absorción de agua y el índice de hinchamiento, según lo propuesto por Torres *et al.* (2021). La Tabla 26, resume los resultados obtenidos para estas variables. El tiempo de cocción de los tratamientos experimentales osciló entre 14,06 y 16,78 minutos; sin embargo, el tratamiento control mostró un valor significativamente distinto ( $p < 0,05$ ), con un tiempo promedio de cocción de 18,39 minutos.

Investigaciones previas han reportado tiempos de cocción considerablemente menores. Gaikwad et al. (2021) reportaron tiempos de cocción que oscilaron entre 5,43 y 8,27 minutos en tallarines con sustitución parcial de hasta el 80 % de harina de quinua originaria de la India. De manera concordante, Vargas et al. (2024) indicaron un intervalo de 5,35 a 8,40 minutos en tallarines sin gluten formulados con harinas de quinua y lentejas, señalando que las muestras que contenían gluten requerían un tiempo de cocción más prolongado. Asimismo, Zhang (2019) encontró que tallarines sin gluten elaborados con harina de garbanzo alcanzaron su punto de cocción en aproximadamente 5,5 minutos, mientras que los elaborados con harina de trigo tardaron alrededor de 10 minutos.

Con base en los estudios previos, es posible inferir que el tiempo de cocción relativamente elevado observado en los tallarines de este estudio se relaciona con la presencia predominante de harina de trigo en las formulaciones, ya que la sustitución con harina de quinua INIA 420 – Negra Collana, alcanzó un máximo del 31,65 %. Además, marcas comerciales que elaboran tallarines con base de trigo, quinua y huevo recomiendan tiempos de cocción entre 10 y 15 minutos, lo cual guarda concordancia con los resultados obtenidos.

Un factor adicional que podría haber afectado el tiempo de cocción es la altitud del lugar donde se desarrolló el estudio (3.800 m s. n. m.), ya que a esa elevación se producen alteraciones en la presión atmosférica y en la temperatura de ebullición del agua, condiciones que influyen directamente en la dinámica del proceso de cocción.

**Tabla 26: Calidad de cocción de los tallarines**

<b>Tratamientos</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Aumento de volumen (%)</b>	<b>Agua absorbida (%)</b>	<b>Índice de hinchamiento</b>	<b>Pérdida por cocción (%)</b>
T1	16.78 ± 0.42 <sup>b</sup>	210 ± 29 <sup>a</sup>	153 ± 16 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.16 <sup>a</sup>	4.21 ± 0.2 <sup>b</sup>
T2	16.22 ± 1.11 <sup>b</sup>	201 ± 23 <sup>a</sup>	162 ± 6 <sup>a</sup>	2.03 ± 0.14 <sup>a</sup>	5.28 ± 0.16 <sup>a</sup>
T3	16.83 ± 0.17 <sup>b</sup>	214 ± 25 <sup>a</sup>	160 ± 9 <sup>a</sup>	1.93 ± 0.11 <sup>a</sup>	5.18 ± 0.59 <sup>a</sup>
T4	14.06 ± 0.10 <sup>c</sup>	192 ± 20 <sup>a</sup>	146 ± 13 <sup>a</sup>	1.79 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.70 ± 0.13 <sup>ab</sup>
T5	16.61 ± 0.25 <sup>b</sup>	229 ± 25 <sup>a</sup>	167 ± 5 <sup>a</sup>	2.97 ± 2.05 <sup>a</sup>	4.83 ± 0.18 <sup>ab</sup>
T6	16.33 ± 0.44 <sup>b</sup>	229 ± 14 <sup>a</sup>	160 ± 7 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.98 ± 0.12 <sup>ab</sup>
T-C	18.39 ± 0.10 <sup>a</sup>	229 ± 25 <sup>a</sup>	168 ± 6 <sup>a</sup>	1.77 ± 0.09 <sup>a</sup>	4.76 ± 0.51 <sup>ab</sup>

Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Los resultados se presentan como media ± desviación estándar ( $n = 3$ )

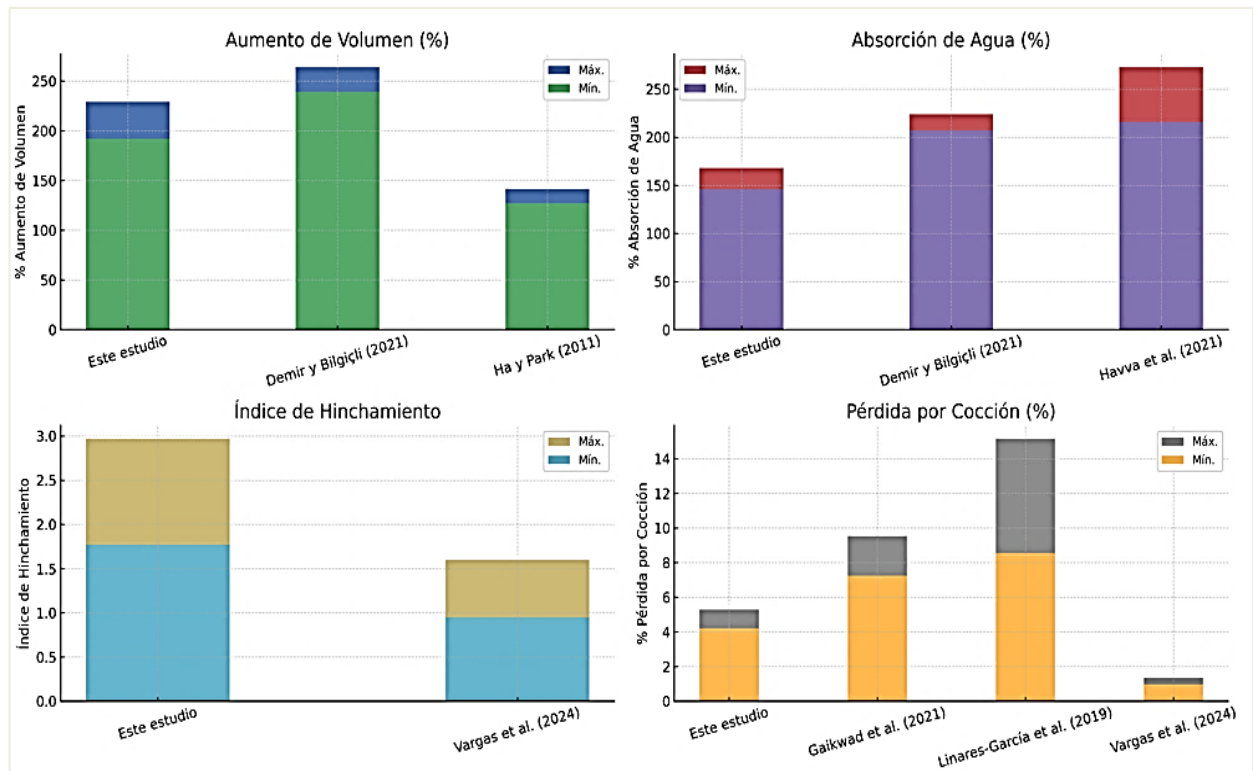
Respecto al incremento de volumen (%), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos experimentales y la muestra control ( $p > 0.05$ ), con valores que oscilaron entre 192 % y 229 %. Estos resultados son comparables con los encontrados por Demir y Bilgiçli (2021), quienes reportaron un rango de 239 % a 264 % en tallarines elaborados con sustituciones parciales de harina de quinua (10 %, 20 % y 30 %), incluida su versión germinada.

Ha y Park (2011) reportaron resultados similares a los observados en el presente estudio, quienes encontraron un índice de volumen incrementado (VI) de 126,92 % a 141,66 % en fideos elaborados con harina de cebada, tanto germinada como cruda. En relación con la capacidad de absorción de agua, los valores registrados oscilaron entre 146 % y 168 %, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre las distintas formulaciones, incluida la muestra control ( $p > 0.05$ ). Estos valores también son comparables a los reportados por Demir y Bilgiçli (2021), quienes registraron una absorción de agua entre 207 % y 224 % en productos similares. Asimismo, el estudio indicó que, al incrementar el

porcentaje de sustitución con harina de quinua, se observa una disminución tanto en el incremento de volumen como en la capacidad de absorción de agua, lo cual podría atribuirse a una merma en la calidad de cocción de los tallarines. De forma complementaria, Havva et al. (2021) informaron valores de absorción de agua en el rango de 216 % a 273 % en fideos instantáneos elaborados con harina de quinua, lo que respalda la tendencia identificada en el presente estudio.

En cuanto al índice de hinchamiento, los resultados fluctuaron entre 1,79 y 2,97, mientras que la muestra control presentó un valor de 1,77. No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el control ( $p > 0.05$ ). Por su parte, Vargas et al. (2024) reportaron valores más bajos, en un rango de 0,95 a 1,6, en formulaciones elaboradas con harinas de quinua y lenteja. Los autores destacaron que los productos formulados con harinas sin gluten presentaron un tiempo óptimo de cocción y un índice de hinchamiento más bajos, lo cual se atribuye a que las harinas sin gluten tienden a cocinarse más rápidamente. Asimismo, los autores destacaron que el gluten cumple una función esencial en la expansión y esponjamiento de la masa durante el proceso de cocción, dado que su ausencia compromete la cohesión estructural de la matriz, lo que podría favorecer su desintegración o colapso.

Por último, la pérdida por cocción varió entre 4,21 % y 5,28 %, sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas en comparación con la muestra control ( $p > 0.05$ ). Estos resultados son inferiores a los reportados por Gaikwad et al. (2021), quienes observaron pérdidas entre 7,24 % y 9,52 % en tallarines elaborados con sustituciones parciales de harina de quinua. Este aumento ha sido asociado a una menor presencia de polímeros de almidón en la matriz del alimento, consecuencia de la ausencia de una red de gluten que actúe como barrera frente a la expansión de los gránulos de almidón y la solubilización de compuestos durante la cocción. Linares-García et al. (2019) también reportaron pérdidas por cocción superiores, en un rango de 8,54 % a 15,15 %, en tallarines sin gluten elaborados con distintas proporciones de quinua (variedades Real y Pasankalla) y lupino. Por el contrario, Vargas *et al.* (2024) documentaron pérdidas por cocción más bajas, entre 0,97 % y 1,35 %, en tallarines sin gluten formulados con harinas de lenteja y quinua. Estos resultados guardan correspondencia con los tiempos de cocción reducidos mencionados anteriormente.



**Figura 18: Comparación de parámetros de cocción en tallarines (Valores por estudio)**

Nota: Esta figura nos facilita la comparación de los resultados obtenidos en distintos estudios en relación con el aumento de volumen, la absorción de agua, el índice de hinchamiento y la pérdida por cocción.

#### 4.5. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LA PASTA COCIDA

La Tabla 27, muestra los parámetros texturales de los tallarines cocidos elaborados con diferentes proporciones de harina de quinua blanca y negra, además del tratamiento control. En particular, la variable “dureza”, que indica la resistencia del producto a la deformación bajo fuerza aplicada, presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). El tratamiento T4, que incorpora un 30.09 % de harina de quinua blanca, evidenció la mayor dureza con un valor promedio de  $0.35 \pm 0.02$  N, indicando una textura más firme. Por el contrario, el tratamiento T3, formulado con un 18,71 % de harina de quinua negra, registró el valor más bajo de dureza ( $0,24 \pm 0,04$  N;  $p < 0.05$ ), lo que indica una textura significativamente más blanda en relación con las demás formulaciones evaluadas.

Las demás formulaciones, incluida la muestra control, presentaron valores de dureza intermedios, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas ( $p > 0.05$ ). Hallazgos comparables fueron descritos por Huang et al. (2022), quienes reportaron un aumento en la dureza de los fideos a medida que se incrementaba la proporción de harina de quinua desgrasada en la formulación. Este comportamiento puede atribuirse a una mayor concentración de polisacáridos, los cuales tienen la capacidad de interactuar con proteínas o almidón, generando una matriz estructural que puede actuar como sustituto funcional de la red de gluten y conferir mayor rigidez al producto (Zhou *et al.*, 2013).

**Tabla 27: Perfil de Textura de la pasta cocida**

Tratamiento	Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad	Altura	Gomosidad
T1	$0.29 \pm 0.07^{ab}$	$0.54 \pm 0.04^a$	$0.90 \pm 0.04^a$	$137.47 \pm 29.35^{ab}$	$1.85 \pm 0.10^a$	$153.40 \pm 27.54^{ab}$
T2	$0.27 \pm 0.02^{ab}$	$0.56 \pm 0.02^a$	$0.93 \pm 0.02^a$	$141.36 \pm 9.73^{ab}$	$1.90 \pm 0.12^a$	$152.21 \pm 8.01^{ab}$
T3	$0.24 \pm 0.04^b$	$0.55 \pm 0.03^a$	$0.92 \pm 0.03^a$	$119.30 \pm 15.40^b$	$1.78 \pm 0.10^a$	$129.12 \pm 13.26^b$
T4	$0.35 \pm 0.02^a$	$0.52 \pm 0.01^a$	$0.94 \pm 0.02^a$	$170.99 \pm 10.62^a$	$1.83 \pm 0.05^a$	$181.22 \pm 7.59^a$
T5	$0.29 \pm 0.03^{ab}$	$0.57 \pm 0.03^a$	$0.91 \pm 0.03^a$	$151.75 \pm 13.31^{ab}$	$1.90 \pm 0.08^a$	$166.35 \pm 11.39^{ab}$
T6	$0.25 \pm 0.05^b$	$0.57 \pm 0.02^a$	$0.92 \pm 0.02^a$	$130.21 \pm 28.48^{ab}$	$1.78 \pm 0.05^a$	$141.95 \pm 28.05^{ab}$
T-C	$0.29 \pm 0.03^{ab}$	$0.57 \pm 0.02^a$	$0.94 \pm 0.01^a$	$155.11 \pm 13.34^{ab}$	$1.83 \pm 0.05^a$	$165.36 \pm 14.05^{ab}$

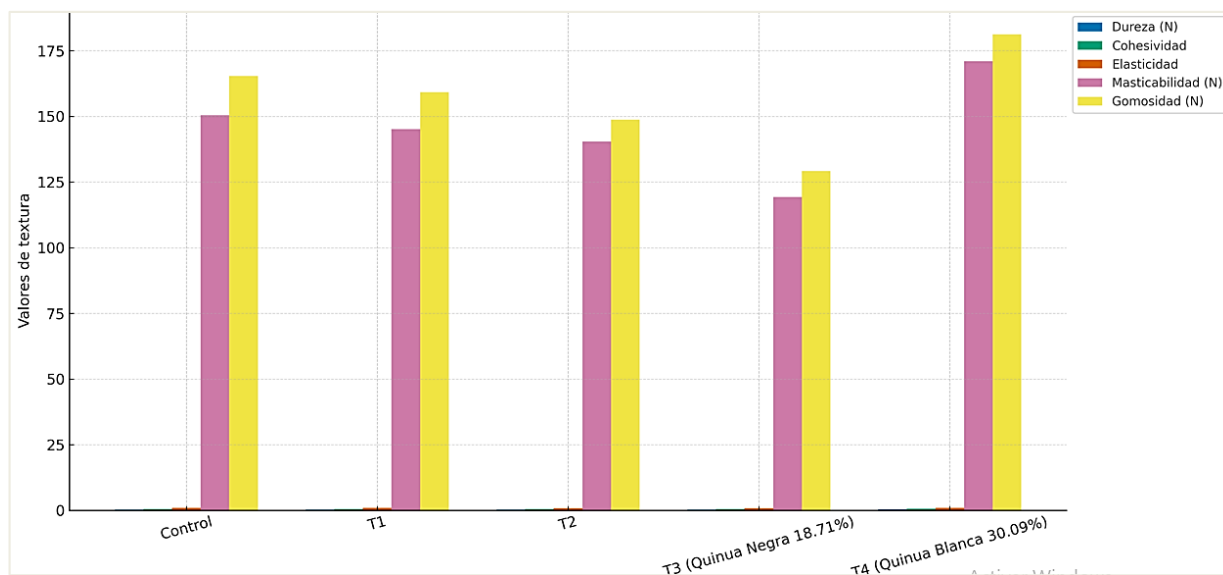
Nota. Letras iguales dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 3$ ).

La cohesividad, entendida como la medida de la fuerza interna del alimento y su capacidad para mantener la integridad estructural, mostró valores entre 0.52 y 0.57 en los diferentes tratamientos, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Estos hallazgos sugieren que ni la variedad ni la proporción de harina de quinua utilizada afectan de forma significativa esta característica textural.

En relación con la elasticidad definida como la capacidad del producto para retornar a su forma original tras una deformación, se observaron valores que oscilaron entre 0,90 y 0,94. Todas las muestras mostraron una elasticidad elevada, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), lo cual indica que mantienen un comportamiento similar en términos de recuperación estructural posterior a la compresión.

La masticabilidad, entendida como la cantidad de energía necesaria para descomponer el alimento hasta el punto de ser deglutido resultado de la interacción entre dureza, cohesividad y elasticidad, ha sido descrita por Lu et al. (2009) como un parámetro clave en la evaluación textural. En el presente estudio, el tratamiento T4 (con 30,09 % de harina de quinua blanca) mostró el valor más elevado de masticabilidad ( $170,99 \pm 10,62$  N), en concordancia con su mayor nivel de dureza ( $p < 0.05$ ). En cambio, el tratamiento T3 (18.71 % de harina de quinua negra) mostró la menor masticabilidad ( $119.30 \pm 15.40$  N), lo que indica una menor resistencia al proceso de masticación ( $p < 0.05$ ). Investigaciones anteriores han reportado un incremento en los valores de masticabilidad a medida que se incrementa la inclusión de harina de quinua desgrasada en las formulaciones, sin embargo, dicha incorporación no ha mostrado ejercer un impacto significativo en las propiedades de cohesividad ni elasticidad en productos como los fideos (Huang *et al.*, 2022).

La gomosidad entendida como el resultado de multiplicar la dureza por la cohesividad mostró diferencias entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T4, que incorporó un 30,09 % de harina de quinua blanca, presentó el valor más elevado ( $181,22 \pm 7,59$  N), lo cual coincide con sus mayores niveles de dureza y masticabilidad. El tratamiento T3, con 18.71 % de harina de quinua negra, mostró la menor gomosidad ( $129.12 \pm 13.26$  N), lo cual concuerda con su menor resistencia mecánica. El tratamiento control presentó un valor intermedio de gomosidad ( $165.36 \pm 14.05$  N), sin diferencias significativas con respecto a los tratamientos experimentales ( $p > 0.05$ ). Según Yan y Lu (2020), la gomosidad, al igual que otras propiedades mecánicas como la dureza, la elasticidad y la cohesividad, puede verse afectada por la concentración y estructura del almidón presente en la matriz alimentaria. Este aspecto resulta particularmente relevante al formular fideos utilizando ingredientes no convencionales, como la harina de quinua.



**Figura 19: Perfil de textura de tallarines cocidos por tratamiento**

Nota: En esta figura se muestra los valores de textura de diferentes formulaciones de pastas alimenticias. En el eje X se encuentran cinco tratamientos: Control (sin adición de quinua), T1 y T2 (formulaciones con quinua), T3: pasta con HQNC (18.71%), T4: pasta con HQSI (30.09%).

#### **4.6. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS TALLARINES**

En esta sección se presentan los resultados correspondientes al análisis proximal y a la determinación de micronutrientes en los tallarines elaborados con sustitución parcial de harina de quinua Salcedo INIA (HQSI) y harina de quinua Negra Collana (HQNC).

##### **4.6.1. Caracterización Proximal de los tallarines**

En la Tabla 28, se presenta los resultados del análisis proximal correspondiente a seis formulaciones con sustitución parcial de HQSI y de HQNC, en comparación con el tratamiento control (TC). En términos generales, los valores de humedad, cenizas, grasa, proteína y carbohidratos se mantuvieron dentro de rangos comparables a los observados en el control. Sin embargo, se identificaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de fibra cruda entre algunas de las formulaciones evaluadas.

El contenido de humedad fue similar entre la mayoría de los tratamientos, incluyendo el control. No obstante, el tratamiento T6 con una sustitución del 21,58 % de harina de quinua Salcedo INIA (HQSI) presentó el valor más elevado (16,23 %). Este resultado es consistente con lo reportado en la Tabla 22, en la que la HQSI mostró un mayor contenido

de humedad en comparación con la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana (HQNC). Por el contrario, el valor más bajo se observó en el tratamiento T1, que incorporó un 31.65 % de HQNC. Vargas *et al.*, (2024), reportaron que los tallarines formulados con mezclas de quinua y lentejas presentan contenidos de humedad inferiores, oscilando entre 6,61 % y 9,13 %. Esta diferencia podría atribuirse a las características intrínsecas de las materias primas empleadas, especialmente a la presencia de leguminosas, cuyo bajo contenido de humedad influye en el perfil final del producto.

En cuanto al contenido de cenizas, el tratamiento T1 mostró diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) respecto a los demás tratamientos. Los valores obtenidos se ubicaron en un rango de 1,29 % a 1,79 %, comparables a los registrados por Demir y Bilgiçli (2021), quienes reportaron entre 0,7 % y 1,3 % en pastas enriquecidas con quinua cruda y germinada en proporciones de hasta 30 %, en estudios desarrollados en Turquía. De manera similar, Vargas *et al.* (2024) documentaron un intervalo más amplio, que varió entre 0,45 % y 4,21 %.

En cuanto al contenido lipídico, los tratamientos evaluados mostraron valores que oscilaron entre 0,10 % y 0,35 %. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T1, T3, T4 y T6 ( $p < 0,05$ ), los cuales conformaron un grupo homogéneo. Los tratamientos T2, T5 y el control (TC) presentaron resultados estadísticamente equivalentes entre sí ( $p < 0,05$ ). Estos niveles resultan considerablemente más bajos que los reportados por Demir y Bilgiçli (2021), quienes encontraron entre 1,6 % y 2,1 % en pastas con sustitución de quinua. No obstante, los valores se aproximan a los descritos por Vargas *et al.* (2024), quienes reportaron un intervalo de 0,12 % a 1,67 % en fideos formulados con harinas de quinua y lentejas.

El contenido proteico de las muestras analizadas se ubicó en un rango de 19,79 % a 20,97 %, sin registrarse diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Estos niveles relativamente altos se atribuyen al alto contenido proteico de las harinas utilizadas. En contraste, Demir y Bilgiçli (2021), reportaron valores más bajos (8.1 % a 12.7 %) en productos elaborados con quinua turca. Por su parte, Vargas *et al.*, (2024) registraron entre 12.26 % y 15.02 %, siendo más cercanos a los de la presente investigación.

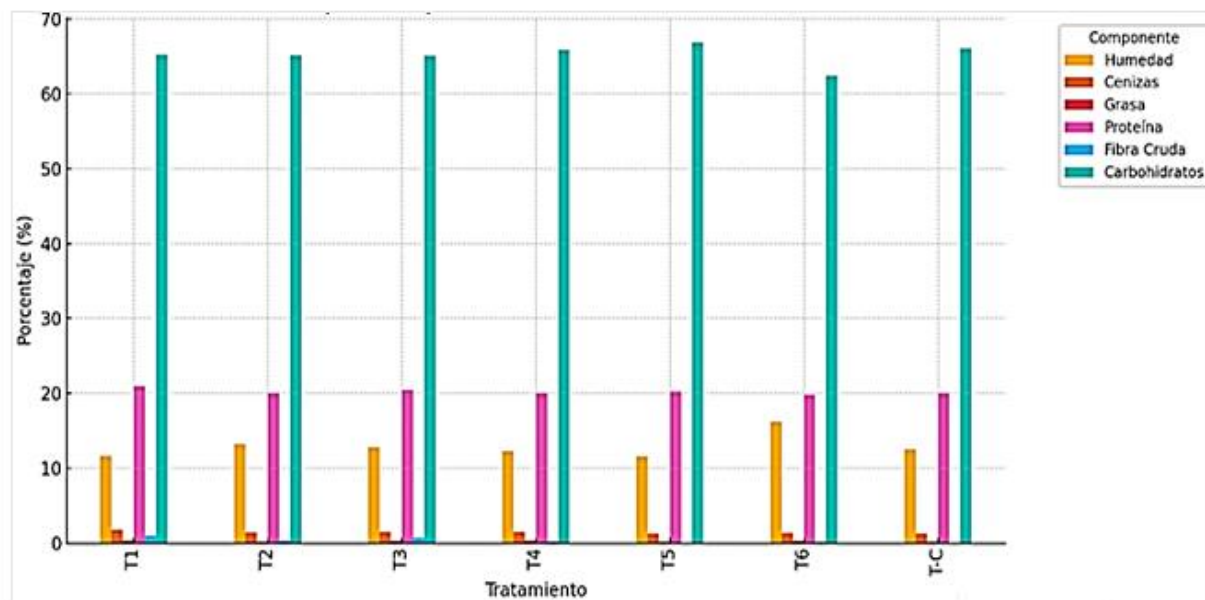
Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en los niveles de fibra cruda entre los distintos tratamientos evaluados. Las concentraciones más bajas se observaron en las muestras T5 y control, sin diferencias significativas entre ambas. Las muestras T6 y T4 mostraron valores intermedios, también estadísticamente similares entre sí ( $p < 0,05$ ). El resto de los tratamientos mostró diferencias ( $p < 0,05$ ), respecto al contenido de fibra. En general, los valores oscilaron entre 0.08 % y 0.95 %. El tratamiento control, elaborado únicamente con harina de trigo, registró el nivel más bajo de fibra cruda. En contraste, las formulaciones con incorporación parcial de harina de quinua evidenciaron concentraciones más elevadas, en concordancia con lo observado anteriormente en la Tabla 22. De manera similar, Vargas et al. (2024) reportaron valores de fibra cruda que oscilaron entre 1,0 % y 1,08 %.

En cuanto al contenido de carbohidratos, los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el control no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Por otro lado, los tratamientos T5 y T6 se diferenciaron significativamente entre sí ( $p < 0,05$ ), aunque sus valores se mantuvieron dentro del rango observado en el resto de los tratamientos. De forma complementaria, Vargas *et al.* (2024), reportaron niveles más elevados de carbohidratos, con un rango comprendido entre 73,25 % y 78,04 %. Sin embargo, los niveles de carbohidratos determinados en las formulaciones evaluadas se sitúan dentro del intervalo sugerido por el Food and Nutrition Board de los Estados Unidos (2005), el cual recomienda que entre el 45 % y el 65 % de la ingesta energética diaria provenga de este macronutriente.

**Tabla 28: Composición proximal de los tratamientos (%)**

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra Cruda	Carbohidratos
T1	11.64 ± 1.24 <sup>b</sup>	1.79 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.02 <sup>a</sup>	20.97 ± 0.89 <sup>a</sup>	0.95 ± 0.07 <sup>a</sup>	65.25 ± 2.90 <sup>a,b</sup>
T2	13.24 ± 1.33 <sup>a,b</sup>	1.43 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.14 ± 0.07 <sup>b,c</sup>	20.03 ± 1.87 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>c</sup>	65.16 ± 0.54 <sup>a,b</sup>
T3	12.77 ± 2.08 <sup>a,b</sup>	1.48 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.25 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	20.44 ± 1.84 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.03 <sup>b</sup>	65.06 ± 1.42 <sup>a,b</sup>
T4	12.27 ± 0.39 <sup>b</sup>	1.47 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>a</sup>	20.04 ± 2.03 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>d</sup>	65.87 ± 1.36 <sup>a,b</sup>
T5	11.57 ± 1.51 <sup>b</sup>	1.29 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.10 ± 0.04 <sup>c</sup>	20.19 ± 1.80 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>e,f</sup>	66.85 ± 0.37 <sup>a</sup>
T6	16.23 ± 1.00 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.07 <sup>a,b</sup>	19.79 ± 0.74 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>d,e</sup>	62.41 ± 0.73 <sup>b</sup>
T-C	12.52 ± 1.11 <sup>b</sup>	1.27 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.04 <sup>c</sup>	20.04 ± 1.97 <sup>a</sup>	0.02 ± 0.01 <sup>f</sup>	66.06 ± 1.89 <sup>a,b</sup>

Letras iguales dentro de una misma columna señalan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 3$ )



**Figura 20: Composición proximal de los tratamientos %**

**Nota:** La figura ilustra la distribución porcentual de los parámetros correspondientes a la composición proximal humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra cruda y carbohidratos en los distintos tratamientos (T1–T6) en comparación con el tratamiento control (TC). Se observa una variabilidad significativa entre tratamientos, especialmente en los parámetros de humedad, grasa y fibra cruda, lo cual podría atribuirse a las diferencias en las formulaciones y procesos aplicados a cada tratamiento

#### 4.6.2. Determinación del contenido de micronutrientes

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 29 y la Figura 21, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de micronutrientes entre los distintos tratamientos analizados. En cuanto al contenido de calcio, los tratamientos T2, T3 y T6 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí ( $p > 0,05$ ), lo que indica una distribución relativamente uniforme de este mineral en dichas formulaciones. En contraste, los tratamientos restantes sí mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Las concentraciones de calcio oscilaron entre 46,407 y 56,604 mg/100 g, superando considerablemente los valores informados por Demir y Bilgiçli (2021), quienes reportaron niveles de entre 14,7 y 30,4 mg/100 g en productos de características comparables. Cabe

destacar que el tratamiento control presentó una concentración de calcio comparable a la de los tratamientos T5 y T6, los cuales contienen un 9.9% y 21.58% de sustitución con quinua variedad Salcedo INIA, respectivamente.

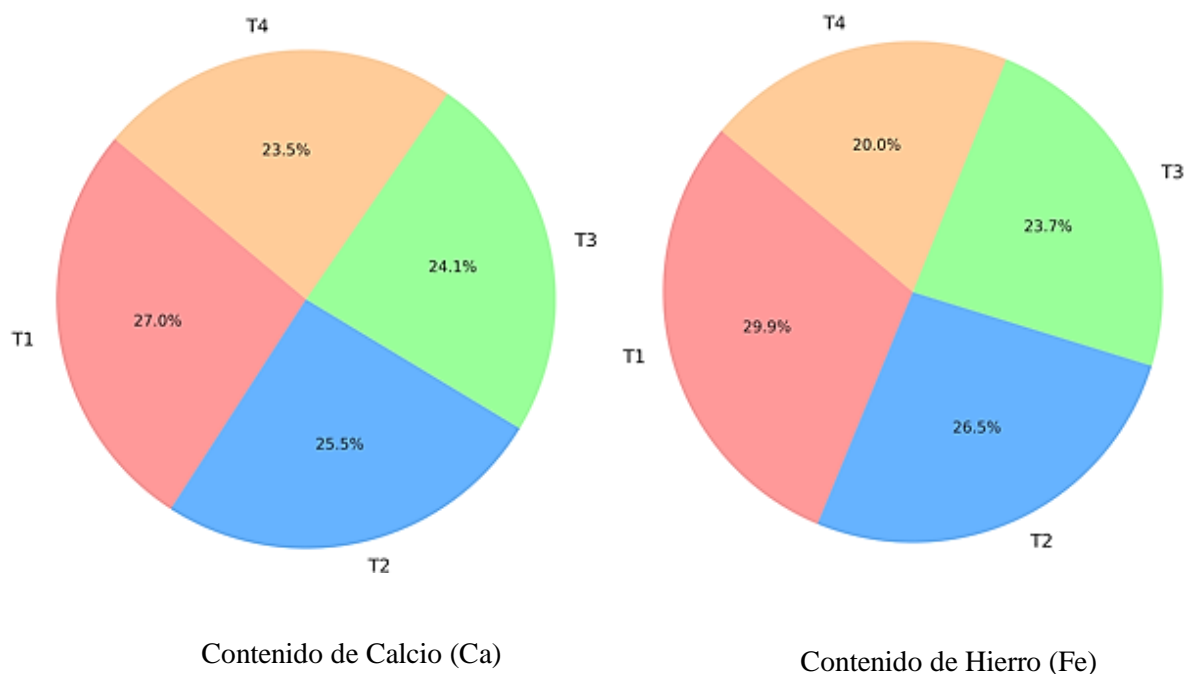
Desde una perspectiva nutricional, la recomendación de ingesta diaria de calcio para adultos se sitúa en torno a los 1000 mg por día, según lo establecido por el Institute of Medicine (2011). Considerando el mayor valor obtenido (56.604 mg/100 g), el consumo de 100 g del producto aportaría cerca del 5.7% de la IDR, lo que indica que este alimento podría contribuir de forma complementaria, aunque no principal, a la cobertura del requerimiento diario. En cuanto al contenido de hierro, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones evaluadas ( $p > 0,05$ ), registrándose valores en un rango de 3,0912 a 3,2677 mg/100 g. Las concentraciones de hierro obtenidas en los tratamientos fueron notablemente más altas que las informadas por Demir y Bilgiçli (2021), quienes reportaron un intervalo de 0,6 a 1,7 mg/100 g en productos comparables. Según la WHO/FAO (2004), la ingesta diaria recomendada (IDR) de este mineral en adultos es de aproximadamente 8 mg para hombres y hasta 18 mg para mujeres en edad reproductiva. Así, una porción de 100 g del producto podría aportar entre el 17.2% y el 40.8% de la necesidad diaria, lo cual representa un aporte significativo, especialmente relevante en poblaciones con riesgo de deficiencia.

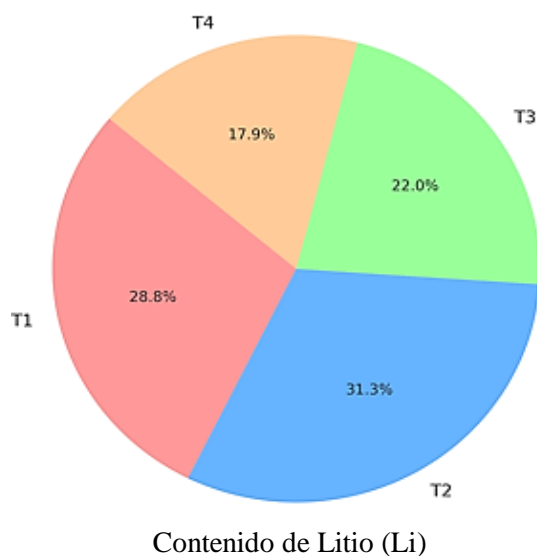
En cuanto al contenido de litio, este se mantuvo en niveles muy bajos en todos los tratamientos, con valores que oscilaron entre  $<0.000008$  y  $0.007375$  mg/100 g. El tratamiento T5 presentó diferencias estadísticamente significativas en comparación con el resto de los tratamientos ( $p < 0,05$ ), mientras que T1, T2, T3 y el control (TC) conformaron un grupo homogéneo, sin diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ). Si bien actualmente no existe una ingesta diaria recomendada oficial para litio, diversos estudios sugieren que una ingesta de entre 0.6 y 3.1 mg/día podría ser fisiológicamente relevante para la función neurológica (Schrauzer, 2002). En este contexto, los niveles detectados en los tratamientos analizados serían insuficientes para generar un efecto funcional atribuible al litio. Según Rodríguez *et al.* (2023), la quinua negra presenta una concentración más elevada de este mineral, lo que se ha relacionado con posibles efectos tranquilizantes, aunque ello dependerá del tipo y cantidad de quinua incorporada en la formulación.

**Tabla 29: Contenido de calcio, hierro y litio de los tratamientos**

Tratamientos	Composición (mg/Kg)		
	Calcio (Ca)	Hierro (Fe)	Litio (Li)
T1	552.62 ± 0.66 <sup>b</sup>	32.677 ± 1.57 <sup>a</sup>	0.06007 ± 0.01 <sup>a,b</sup>
T2	521.14 ± 1.83 <sup>c</sup>	31.465 ± 1.46 <sup>a</sup>	0.07375 ± 0.00 <sup>a</sup>
T3	528.13 ± 2.64 <sup>c</sup>	31.589 ± 1.38 <sup>a</sup>	0.05923 ± 0.01 <sup>a,b</sup>
T4	566.04 ± 6.08 <sup>a</sup>	31.205 ± 0.87 <sup>a</sup>	0.03145 ± 0.02 <sup>c</sup>
T5	464.07 ± 1.78 <sup>e</sup>	32.435 ± 1.53 <sup>a</sup>	<0.00008 ± 0.00 <sup>d</sup>
T6	520.75 ± 2.42 <sup>c</sup>	30.912 ± 1.22 <sup>a</sup>	0.03091 ± 0.00 <sup>c</sup>
T-C	491.53 ± 2.03 <sup>d</sup>	33.177 ± 0.75 <sup>a</sup>	0.04055 ± 0.00 <sup>b,c</sup>

Letras distintas dentro de una misma columna representan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Los datos se presentan como media ± DE (n = 3).





**Figura 21: Concentraciones de calcio, hierro y litio en los tratamientos**

En la Figura 21, muestra el tratamiento T1 registró la concentración más elevada de calcio entre las formulaciones analizadas, seguido en orden decreciente por los tratamientos T2, T3 y T4. Esto refleja una disminución progresiva del contenido de calcio entre los tratamientos, la distribución de hierro sigue una tendencia similar a la del calcio, donde T1 concentra el mayor porcentaje y T4 el menor. Esto indica que el tratamiento T1 no solo es rico en calcio, sino también en hierro. A diferencia del calcio y hierro, el mayor contenido de litio se registró en el tratamiento T2, seguido en orden descendente por T1, T3 y T4. Aunque el valor absoluto del litio es pequeño en comparación con los otros minerales, esta visualización permite identificar claramente que T2 tiene el mayor aporte relativo de litio entre todos los tratamientos.

## 4.7. ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS

### 4.7.1. Determinación de acidez titulable

La Tabla 30, presenta los valores de acidez titulable correspondientes a los distintos tratamientos, incluyendo el control. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre algunas formulaciones ( $p < 0,05$ ). El tratamiento T2 registró el menor nivel de acidez (0,38 %), mientras que T3 alcanzó el valor más alto, con un 0,50 % expresado como ácido láctico. Exceptuando este último caso, los resultados se mantuvieron dentro del límite permitido por la Norma Técnica Peruana (NTP), que establece un máximo de 0,46 % de acidez titulable para productos con una humedad no superior al 14 %.

En otro estudio, Ortiz (2017), formuló una pasta utilizando quinua, arroz y chífa, en la cual determinó niveles de acidez expresados como equivalente de ácido sulfúrico, con valores comprendidos entre 1,83 % y 2,17 %. Estos resultados se encontraron dentro de los límites permitidos por la norma venezolana COVENIN 283:1994, que establece un máximo de 10,5 % de acidez. En contraste, los hallazgos de Espinoza et al. (2018) fueron más cercanos a los obtenidos en la presente investigación, al reportar un nivel de acidez de 0,2 % de ácido láctico en pastas fortificadas con harina de quinua y pasta de espinaca. De forma similar, Rivera (2012) informó un valor de 0,38 % de ácido láctico en pastas enriquecidas con harina de quinua.

**Tabla 30: Determinación de Acidez titulable de los tratamientos y control**

<b>Tratamientos</b>	<b>Acidez titulable (% ácido láctico)</b>
T1	0.42 ± 0.01 <sup>c</sup>
T2	0.38 ± 0.01 <sup>e,f</sup>
T3	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>
T4	0.39 ± 0.00 <sup>d,e</sup>
T5	0.46 ± 0.01 <sup>b</sup>
T6	0.39 ± 0.00 <sup>d</sup>
T-C	0.37 ± 0.00 <sup>f</sup>

Nota. Las letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los resultados se expresan como promedio  $\pm$  DE ( $n = 3$ ).

#### **4.7.2. Análisis microbiológicos de los tallarines**

En la Tabla 31, presenta los resultados del análisis microbiológico realizado sobre las muestras de tallarines, de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 206.010 (2016). Los límites máximos permisibles para cada parámetro evaluado fueron previamente detallados en la Tabla 19.

En cuanto al recuento de mohos, cuyo límite permisible es de  $10^3$  UFC/g, Los resultados obtenidos para todos los tratamientos se ubicaron dentro del rango aceptado, con valores que varían desde ausencia por gramo hasta  $5 \times 10^1$  UFC/g. De manera similar, los niveles de coliformes totales también cumplen con el límite establecido por la NTP ( $\leq 10^2$  UFC/g), registrando concentraciones entre 1 y  $6,03 \times 10^1$  UFC/g.

Respecto al recuento de *Staphylococcus aureus*, todos los tratamientos, con excepción del control (T-C), se encuentran dentro del límite permitido de  $10^3$  UFC/g. El tratamiento control presentó un recuento significativamente elevado de  $3,33 \times 10^4$  UFC/g, lo cual podría atribuirse a condiciones deficientes de higiene durante el procesamiento o al método de secado utilizado para la materia prima, que habría favorecido el desarrollo de este patógeno oportunista.

**Tabla 31: Agentes microbianos en UFC/g determinados para los tallarines**

Tratamiento	Mohos	Coliformes	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella sp.</i>
T1	$5 \times 10^1$	$4.03 \times 10^1$	$6 \times 10^1$	Ausencia/g
T2	$1 \times 10^1$	1.01	$4 \times 10^1$	Ausencia/g
T3	$3 \times 10^1$	1.02	$2.65 \times 10^1$	Ausencia/g
T4	$2 \times 10^1$	$6.03 \times 10^1$	$1.75 \times 10^1$	Ausencia/g
T5	$4.55 \times 10^1$	$2.7 \times 10^1$	$2.65 \times 10^2$	Ausencia/g
T6	Ausencia/g	1	$6 \times 10^2$	$0.5 \times 10^1$
T-C	Ausencia/g	$5.07 \times 10^1$	$3.33 \times 10^4$	Ausencia/g

En relación con la presencia de *Salmonella sp.*, la normativa exige su ausencia total por tratarse de un microorganismo patógeno e indicador de contaminación. En los resultados obtenidos, todos los tratamientos cumplieron con esta exigencia, con excepción del tratamiento T6, en el que se detectó una concentración de  $0.5 \times 10^1$  UFC/g. Este resultado reviste importancia, dado que la detección de *Salmonella* afecta directamente la inocuidad del alimento y podría constituir un riesgo potencial para la salud del consumidor.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Se identificó la formulación óptima de mezcla entre harina de trigo y harinas de quinua (Salcedo INIA e INIA 420 - Negra Collana), con el propósito de desarrollar tallarines que presenten un contenido adecuado de micronutrientes esenciales, específicamente calcio, hierro y litio. La herramienta estadística permitió generar proporciones exactas de las mezclas, siendo HQNC con 31.65%, 9.93% y 18.71%, y HQSI con 30.09%, 9.9% y 21.58%. La caracterización proximal de las materias primas fue similar a otros estudios, resaltando el alto contenido proteico característico de los granos andinos, especialmente en la muestra HQNC, que alcanzó un 15.99 % de proteína. En relación con los micronutrientes, la harina de trigo (HT) presentó la mayor concentración de hierro (89.9 mg/kg), mientras que la HQNC destacó por registrar los niveles más altos de calcio (751.9 mg/kg) y litio (0.17 mg/kg) entre todas las muestras analizadas.
- La evaluación sensorial de los tallarines, fue llevada a cabo por un panel de 112 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica de cinco puntos. Los resultados indicaron que el tratamiento T6 obtuvo las calificaciones más altas en cuanto a apariencia general, color, sabor y textura, mostrando una aceptación comparable al tratamiento control (TC). Este sugiere que la incorporación del 21.58 % de HQSI contribuyó positivamente. En cuanto al olor, la mayoría de los tratamientos fueron estadísticamente similares al TC ( $p > 0.05$ ), lo que indica que las sustituciones de HQNC y HQSI no alteraron el perfil olfativo del producto. Respecto al color, el tratamiento T5 fue similar ( $p > 0.05$ ) al TC, lo que sugiere que la sustitución del 9.90% de HQSI no alteró la percepción del color. En la textura, los tratamientos T6 y T3 presentaron una textura similar al TC, lo que indica que la sustitución del 21.58% de HQSI y el 18.71% de HQNC ayudaron a mantener una textura deseable.

- La calidad de cocción de los tallarines, vario significativamente entre los tratamientos con un tiempo de cocción que oscilo entre 14.06 y 16.78 minutos, siendo inferior al grupo control con 18.39 minutos, encontrándose una diferencia estadística significativa. El perfil de textura que la mayor presencia de harina de quinua incremento la dureza del tallarín, mientras que la cohesividad y elasticidad presenta valores similares al grupo control, en relación a la mascabilidad, el tratamiento 4 fue superior al resto correlacionado en dureza, por último, la gomosidad es sinérgico con la dureza, el T4 (HQSI 30.09%), tuvo la mayor gomosidad, mientras que el T3 (HQNC 18.71%) la menor.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere ampliar el enfoque de investigación hacia la caracterización de micronutrientes, particularmente aquellos que no cuentan con un valor de ingesta diaria recomendado por organismos internacionales, como es el caso del litio. En este contexto, se propone realizar investigaciones orientadas a examinar la posible asociación entre las variedades pigmentadas de quinua y su contenido de litio, con el objetivo de evaluar sus potenciales propiedades tranquilizantes y sus beneficios sobre la salud humana.
- Se recomienda evaluar los tiempos de cocción de los tallarines en zonas ubicadas a menores altitudes. Debido a que el estudio se desarrolló en una zona geográfica de altitud elevada, los tiempos de cocción resultaron más prolongados, lo cual se asocia a la disminución del punto de ebullición del agua a mayores alturas, lo cual dificulta establecer comparaciones directas con estudios desarrollados en otras condiciones geográficas.
- Se considera pertinente realizar un estudio sobre la biodisponibilidad y digestibilidad proteica de los tallarines formulados. Este análisis permitiría estimar la fracción de proteína vegetal efectivamente biodisponible para el organismo humano, lo cual resulta especialmente relevante para consumidores con dietas veganas, quienes requieren alimentos con alto contenido proteico de origen vegetal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC International. (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (10th ed.). St. Paul, MN: AACC International. (1200 pp.).
- AOAC International. (2005). *Official methods of analysis* (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- AOAC International. (2002). *Official methods of analysis* (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Alonso, A. (2012, mayo 24). Los alimentos que ayudan y los que no ayudan a la depresión. En *Psyciencia*. <https://www.psyciencia.com/depresion-alimentos/>
- Álvarez-Jubete, L., Hulse, M., Hansen, Å., & et al. (2009). Impact of baking on vitamin E content of pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat. *Cereal Chemistry*, 86 (5), 511–515.
- Anke, M., Angelow, L., Arnhold, W., Müller, R., & Schäfer, U. (2005, septiembre). Lithium and rubidium in the food chain, intake by man, essentiality and toxicity. En *Satellite Symposium on Lithium, 5th International Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives*, Atenas, Grecia.
- Aguilar, I. M. (2017). *Optimización del proceso de secado en pastas alimenticias* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Arisaca, A. J. (2016). *Capacidad antioxidante de tres procesos agroindustriales de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) ecotipo Ayara y variedad INIA 420 - Negra Collana y disponibilidad de litio* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Arisaca, P. J. (2021). *El litio en la quinua negra: una alternativa para el diseño de alimentos funcionales* (1ra ed., 97 págs.). Perú: Ediciones Independientes. ISBN 978-612-00-6796-3.
- Bagd, S. A. (2014). Effect of aleurone-rich flour on composition, cooking, textural, and sensory properties of pasta. *Food Science and Technology*, 34(2), 327–334.
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa an Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>.
- Basurco, L. (2005). *Optimización de parámetros de elaboración de fideos tipo Bologna enriquecida con espirulina y saborizada con albahaca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

- Bchir, B., Rabetafika, H. N., Paquot, M., & Blecker, C. (2014). Effect of pearling process on nutritional value of whole barley flour and its pasta cooking quality. *Food Science and Technology*, 59(4), 1114–1121.
- Bejarano, E., Bravo, M., Huamán, M., Huapaya, C., Roca, A., & Rojas, E. (2002). *Tabla de composición de alimentos industrializados*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.
- Berat- Demir, Nermin – Bilgic. (2020). *Utilization of quinoa flour (Chenopodium quinoa Willd.) in gluten-free pasta formulation: Effects on nutritional and sensory properties*. *Food Science and Technology International*.
- Bianchi, F., Tolve, R., Rainero, G., Bordiga, M., Brennan, C. S., & Simonato, B. (2021). Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial by-products: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 1–11. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15168>
- Borneo, R., & Aguirre, A. (2008). Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1748–1751. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.02.011>
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (2nd ed.). Academic Press.
- Byong, H. (2000). *Fundamentos de la biotecnología en alimentos* (1ra ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.
- Callejo, M. (2002). *Industria de cereales y derivados* (1ra ed.). España: Editorial AMV.
- Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220.
- Cichyc, H. S. (2023). Extrusion and drying temperatures enhance sensory profile and iron bioavailability of dry bean pasta. *Elsevier*, 3.
- Chen, X., Zhang, Y., Cao, B., Wei, X., & Shen, Z. (2023). Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed varieties. *Food Chemistry*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/journal/food-chemistry-x>
- Collaguazo, C. N. (2017). *Evaluación sensorial de una pasta elaborada con harina de trigo y almidón nativo de fruta pan (Artocarpus altilis)* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

- COVENIN. (1994). *Pastas alimenticias* (2da rev.) (Norma Técnica Venezolana N° 283:1994). Caracas, Venezuela: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- Coulter, T. P. (2002). *Manual de química y bioquímica de los alimentos*. Cambridge, Reino Unido: The Royal Society of Chemistry.
- Demir, B., & Bilgiçli, N. (2021). Utilization of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd.) in gluten-free pasta formulation: Effects on nutritional and sensory properties. *Food Science and Technology International*, 27(3), 242–250.
- Dueñas, E., & Jiménez, A. (1991). *Aspectos técnicos de los procesos de elaboración de pastas alimenticias*. Alimentación, Equipos y Tecnología, (10), 72–92.
- Espinoza Bardales, Y., Ramírez, N. E. G., & Minaya, R. E. T. (2018). Sustitución de la harina de trigo por harina de quinua y puré de espinaca en la elaboración de una pasta enriquecida y fortificada. *Aporte Santiaguino*, (69), [pág. 69].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Lima, Perú: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013, abril 25). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *Human vitamin and mineral requirements*. Roma, Italia: FAO.
- FAO. (2011). *Quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Food and Drug Administration (FDA). (2001). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)* (V. Tournas, M. E. Stack, P. B. Mislivec, H. A. Koch & R. Bandler, Eds.). Washington, D.C.: U.S. FDA.
- Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., da Silva Borges, J. T., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Paes Chaves, J. B., & dos Reis Coimbra, J. S. (2017). Quinoa: *Nutritional, functional, and antinutritional aspects*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1618–1630. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1001811>
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. (2005). Dietary reference intakes (DRI) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington, D.C.: *National Academies Press*. Recuperado de [http://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic\\_uploads/energy\\_full\\_report.pdf](http://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/energy_full_report.pdf)

- Gaikwad, K. K., Pawar, V. S., Pawar, G. S., & Shingote, A. B. (2021). *Effect of addition of quinoa flour on cooking and sensorial qualities of noodles*. *Biological Forum – An International Journal*, 13(2), 660–665.
- Gatade, A. A., & Sahoo, A. (2015). Effect of additives and steaming on quality of air dried noodles. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2013-y>
- Graças, T. V. L. das, Cicade, M. J. A., Baccan, N., Cadore, S., & Freitas, T. M. F. (2009). *Quantificação de lítio em polpas de frutas*. Sociedade Brasileira de Química, Ceará, Brasil.
- Granito, M., Torres, A., & Guerra, M. (2003, julio). *Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol*. *Scientific Electronic Library Online*, 28(7).
- Gull, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2018). *Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta*. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 147–153.
- Guncay, I. M. (2017). *Optimización de proceso de secado de pastas* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca]. Cuenca, Ecuador.
- Gupta, A., Sharma, S., & Reddy Surasani, V. K. (2021). *Quinoa protein isolate supplemented pasta: Nutritional, physical, textural and morphological characterization*. *LWT - Food Science and Technology*, 135, 110045.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de investigación* (3ra ed.). México: McGraw-Hill.
- Ha, D.-M., & Park, Y.-K. (2011, abril 30). Quality characteristics of noodles added with domestic germinated barley. *Korean Journal of Food Preservation*, 18(2), 131–137. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2011.18.2.131>
- Huang, R., Huang, K., Guan, X., Zhang, J., & Zhang, P. (2022). Incorporation of defatted quinoa flour affects in vitro starch digestion, cooking and rheological properties of wheat noodles. *Journal of Cereal Science*, 108, 103542.
- Havva, B., Kumcuoglu, S., Vatanserver, M., & Tavman, S. (2021). Thermal and pasting properties of quinoa–wheat flour blends and their effects on production of extruded instant noodles. *Journal of Cereal Science*, 97, 103120.
- Hernández, E. (2005). *Análisis sensorial* (1ra ed.). Bogotá, Colombia: UNAD.
- Hernández Sampieri, R. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R., & Johansson, E. (2010). *Mineral composition of organically grown wheat genotypes: Contribution to daily minerals intake*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 7(9), 3442–3456.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2013a). Quinoa Salcedo INIA. Ministerio de Agricultura, Programa Nacional de Innovación Agraria en Cultivos Andinos, *Estación Experimental Agraria Illpa – Puno*. Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2013b). Quinoa INIA 420 Negra Collana. Ministerio de Agricultura, Programa Nacional de Innovación Agraria en Cultivos Andinos, *Estación Experimental Agraria Illpa – Puno*. Perú.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2008). *Tallarines de sémola con huevo*. Buenos Aires, Argentina.
- Institute of Medicine (IOM). (2011). *Dietary reference intakes for calcium and vitamin D*. Washington, DC: National Academies Press.
- Institute of Medicine (IOM). (2011). *Dietary reference intakes for calcium and vitamin D*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Itusaca-Maldonado, Y. M., Apaza-Humerez, C. R., Pumacahua-Ramos, A., & Pinto, E. M. (2024). Technological and textural properties of gluten-free quinoa-based pasta (Chenopodium quinoa Willd). *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2019). La Sierra presenta los mayores niveles de anemia del país en el año. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar – ENDES. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Endes2019/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Endes2019/Libro.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2023). Informe técnico: consumo de alimentos en el Perú. *Lima, Perú: INEI*
- International Organization for Standardization (ISO). (2008). *Microbiology of food and animal feeding stuffs*.
- Jachimowicz, K., Winiarska, A., Baranowska, E., & Akowski, M. (2021). Pasta as a source of minerals in the diets of Poles: Effect of culinary processing of pasta on the content of minerals. *Foods*, 10(7), [páginas si están disponibles]. <https://doi.org/10.3390/foods10071609>

- Kill, R., Turnbull, K., & Álvarez, L. (2004). *Tecnología de la elaboración de pasta y sémola*. Zaragoza, España: Acribia.
- Kostik, V., Bauer, B., & Kavrakovski, Z. (2014). *Lithium content in potable water, surface water, ground water, and mineral water on the territory of Republic of Macedonia*. *International Journal of Medicine and Public Health*, 4(3), 185–193.
- Koziol, M. (1992). *Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa* (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Li-Chan, E. C. Y., Powrie, W. D., & Nakai, S. (1995). *The chemistry of eggs and egg products*. En W. J. Stadelman & O. J. Cotterill (Eds.), *Egg Science and Technology* (pp. [páginas si se conocen]). Binghamton, NY: Food Products Press.
- Linares-García, L., Repo-Carrasco-Valencia, R., Glorio Paulet, P., & Schoenlechner, R. (2019). Development of gluten-free and egg-free pasta based on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) with addition of lupine flour, vegetable proteins and the oxidizing enzyme POx. *European Food Research and Technology*, 245, 2147–2156.
- Lorusso, A. (2017). *Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features*. *Food Science and Technology*, [volumen y número si están disponibles], 215–221.
- Lu, Q., Guo, S., & Zhang, S. (2009). *Effects of flour free lipids on textural and cooking qualities of Chinese noodles*. *Food Research International*, 42(2), 226–230.
- Marca, M. (2004). *Procesos e investigaciones agroindustriales en quinua* (*Chenopodium quinoa* Willd.) [Informe técnico]. Proyecto Quinua: Un cultivo multipropósito. Puno, Perú. Mataix V. J. y Llopis G. J. (2013). *Minerales*. *Tratado de Nutrición y Alimentación - Nutrientes y Alimentos*. Vol 1. Editorial Océano. Barcelona, España.
- Mataix, V. J., & Llopis, G. J. (2013). *Minerales*. En *Tratado de nutrición y alimentación: Nutrientes y alimentos* (Vol. 1). Editorial Océano.
- Mine, Y., & Kovacs-Nolan, J. (2006). *New insights in biologically active proteins and peptides derived from hen egg*. *World's Poultry Science Journal*, 62(1), 87–95.
- Mine, Y. (Ed.). (2008). *Egg bioscience and biotechnology*. John Wiley & Sons.

- Ministerio de Salud del Perú (MINSA). (2019, 20 de junio). *Plan nacional para la reducción y control de anemia materno infantil y la desnutrición crónica infantil en el Perú: 2017–2021*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4189.pdf>
- Moncrieff, J. (2018). *El litio y otros fármacos para el trastorno maníaco-depresivo y bipolar*. Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría, 38(133), 283–299.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Morales, A. P. (2008). *Elaboración de fideos enriquecidos con harina de quinua (Chenopodium quinoa) y espinaca* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte]. Ibarra, Ecuador.
- Moscoso-Mujica, G., Mujica, Á., Chávez, J., Peña, C., Begazo, N., Estrella, J., ... & Huarca, F. (2022). *Antianemic activity of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Collana Negra variety and kanihua (Chenopodium pallidicaule Aellen.) Ramis variety seed flour in anemic rats*. SN Applied Sciences, 4(11), 318. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05139-2>
- Mujica, A., & Chura, E. (2012). *Andean seeds and cereals cultivation*. Academic Vice President and University Research Office, National University of the Altiplano, Puno, Peru.
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A. S., Giménez, A., Lobo, M., Samman, N., & Castanheira, I. (2014). *Characterization of nutrient profile of quinoa (Chenopodium quinoa), amaranth (Amaranthus caudatus), and purple corn (Zea mays L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements*. Food Chemistry, 148, 420–426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>
- Nazario, C. Q. (2023). *Evaluación de pastas alimenticias a base de puré de papa nativa (Solanum tuberosum) variedad Puca Soncco y harina de quinua (Chenopodium quinoa) como sustituto de la harina de trigo* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). Norma Técnica Peruana NTP 206.010: *Pastas o fideos para consumo humano*. Requisitos. Dirección de Normalización, INACAL. Lima, Perú
- Nys, Y., & Sauver, B. (2004). *Valeur nutritionnelle des oeufs*. INRA Productions Animales, 17(5), 385–393.
- Ogungbenle, H. N. (2003). *Nutritional evaluation and functional properties of quinoa*

- (*Chenopodium quinoa*) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(2), 153–158. <https://doi.org/10.1080/0963748031000084106>
- Oh, N. H., Seib, P. A., Chung, D. S., & Deyoe, C. W. (1985). *Noodle III. Effects of processing variables on the quality of dry noodle*. *Cereal Chemistry*, 62(6), 437–440.
- Ordoñez, E. L. (2022). *Elaboración de pasta alimenticia con incorporación parcial de harina de quinua* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo]. Riobamba, Ecuador.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* (2.<sup>a</sup> ed.). Ginebra: OMS.
- Ortiz Márquez, S. C. (2017). *Desarrollo y evaluación de pastas alimenticias a base de harina de arroz, quinua y chía destinadas a regímenes alimenticios sin gluten* [Tesis doctoral, Universidad Central de Venezuela]. Caracas, Venezuela.
- Özkaya, H., & Kahveci, B. (1990). *Analyses methods of cereals and cereal products*. Ankara: Association of Food Technology.
- Pantoja-Tirado, L. G., & Paredes-Rojas, G. (2020). *Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) para su industrialización*. *Tayacaja*, 3(1), 76–83.
- Parra, G. de. (2011). *Estudio del efecto de mejoradores de harina en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y papa (*Solanum tuberosum*)* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Ambato, Ecuador.
- Pazuña, G. (2011). *Estudio del efecto de mejoradores de harina en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) y papa (*Solanum tuberosum*)* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Ambato, Ecuador.
- Pedrali, D., Giupponi, L., De la Peña-Armada, R., Villanueva-Suárez, M. J., & Mateos-Aparicio, I. (2023). *The quinoa variety influences the nutritional and antioxidant profile rather than the geographic factors*. *Food Chemistry*, 402, 133531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133531>
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & Ferreira, I. C. F.

- R. (2019). *Chemical and nutritional characterization of Chenopodium quinoa Willd. grains: A good alternative to nutritious food*. *Food Chemistry*, 280, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Pérez-Reyes, M. E., Tang, J., Barbosa-Cánovas, G. V., & Zhu, M. J. (2021). *Influence of water activity and dry-heating time on egg white powders quality*. *LWT*, 140, 110717. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110717>
- Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Suomela, J. P. (2020). *Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (Chenopodium quinoa) and kiwicha (Amaranthus caudatus)*. *Journal of Cereal Science*, 94, 102996. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102996>
- Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., & Micard, V. (2009). *Modification of pasta structure induced by high protein and high fibre raw materials*. *Food Chemistry*, 116(2), 401–412
- Pinares, C. (2019). *Formulación de pasta alimenticia (Tallarín de casa) con sustitución parcial de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y adición de cáscara de huevo en polvo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Abancay, Perú.
- Prego, I., Maldonado, S., & Otegui, M. (1998). *Seed structure and localization of reserves in Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany*, 82(4), 481–488. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0704>
- Quintero, O. Y. (2018). *Elaboración de un producto tipo pasta alimenticia a partir de harinas no convencionales (sagú, quinua, lenteja)*. *Ciencia Unisalle*, 15(1), 17–83.
- Raikos, V., Hansen, R., Campbell, L., & Euston, S. R. (2006). *Separation and identification of hen egg protein isoforms using SDS-PAGE and 2D gel electrophoresis with MALDI-TOF mass spectrometry*. *Food Chemistry*, 99(4), 702–710. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.045>
- Rakesh, N., Fellows, C. M., & Sissons, M. (2014). *Evaluation of the technological and sensory properties of durum wheat spaghetti enriched with different dietary fibres*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2), 309–320. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6723>
- Repo-Carrasco, R. (1992). *Cultivos andinos y la alimentación infantil* (Serie Investigaciones N°1). Comisión de Coordinación de Tecnología Andina (CCTA). Lima, Perú.

- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S.-E. (2010). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: *Quinoa* (*Chenopodium quinoa*), *kañiwa* (*Chenopodium pallidicaule*) and *kiwicha* (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Rivera, E. (2012). *Elaboración de pastas secas con sustitución parcial de harina de quinua* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Huaraz, Perú.
- Rodríguez, A., Monge, A., Rojas, B., & Heredia, S. (2023). *Elaboration of an energy bar from quinoa pop with oats, honey, and nuts*. *Journal of Namibian Studies*, 33S2, 2726–2764.
- Rodríguez, C. M. (2021). *Elaboración de fideos tipo tallarines fortificados con harina de hoja de moringa* (*Moringa oleifera* Lam.), en Pucallpa [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Pucallpa, Perú.
- Rodríguez, A., Pérez, M., & Torres, L. (2023). *Evaluación de minerales traza en variedades de quinua*. *Revista de Nutrición Funcional*, 10(2), 45–53.
- Rosas Huaranga, G. F. (2015). *Evaluación agronómica de diez variedades de quinua* (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo dos sistemas de cultivo en La Unión-Leticia, Tarma [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima, Perú.
- Ruales, J., & Nair, B. M. (1993). *Content of fat, vitamins and minerals in quinoa* (*Chenopodium quinoa* Willd.) *seeds*. *Food Chemistry*, 48(2), 131–136. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90047-J](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90047-J)
- Sánchez, F. de. (2015). *Evaluación del efecto de harina de quinua* (*Chenopodium quinoa* Willd) *en calidad de cocción y aceptabilidad de pastas alimenticias* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Huancayo, Perú.
- Sandhu, G., Simsek, S., & Manthey, F. (2015). *Effect of xanthan gum on processing and cooking quality of nontraditional pasta*. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1324–1330. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12774>
- Schoenlechner, R., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2005). *Pasta production from the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat*. In P. C. Morris & J. H. Bryce (Eds.),

Using cereal science and technology for the benefit of consumers (pp. 74–81). Woodhead Publishing.

Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2010). *Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 339–349. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0186-4>

Schrauzer, G. N. (2002). Lithium: *Occurrence, dietary intakes, nutritional essentiality*. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 14–21. <https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719188>

Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). *The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review*. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200–222

Surasani, A. G. (2021). *Quinoa protein isolate supplemented pasta: Nutritional, physical, textural and morphological characterization*. *Food Science and Technology*, 135, 110026. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110026>

Instituto Nacional de Salud – INS. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición – CENAN.

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). *Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* willd. genotypes*. *Food chemistry*, 166, 380–388.

Torres, M. D., Fradinho, P., Raymundo, A., & Sousa, I. (2014). *Thermorheological and textural behaviour of gluten-free gels obtained from chestnut and rice flours*. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1171–1182.

Torres, O. L., Lema, M., & Galeano, Y. V. (2021). *Effect of using quinoa flour (*Chenopodium quinoa* willd.) on the physicochemical characteristics of an extruded pasta*. *International Journal of Food Science*, Article ID 8813354.

Tejeda, G. C. (2014). *Estudio Comparativo de las Propiedades Sensoriales y de Textura de Platos Preparados a Base de Pastas de Hoja, con y sin Gluten*. Cartagena.

Unda, E. P. (2014). *Determinación de calcio, hierro, sodio y potasio en cinco variedades de fréjol: canario, bayo, blanco, rojo y negro, por espectrofotometría de absorción atómica de llama*.

- UNESCO. (2016). *Hupa, quinua: semilla sagrada, sustento ancestral. Programa Conjunto “Inclusión Económica y Desarrollo Sostenible de Productores y Productoras de QUINUA en Zonas Rurales de Extrema Pobreza de Ayacucho y Puno”* – PC Granos Andinos. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261004>
- USDA (U.S. Department of Agriculture), Agricultural Research Service (2006). USDA *National Nutrient Database for Standard Reference, release 19. Nutrient Data Lab Home Page*, <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>
- Van Immerseel, F., Nys, Y., & Bain, M. (Eds.). (2011). *Improving the safety and quality of eggs and egg products: egg safety and nutritional quality*. Elsevier.
- Vargas, E., Hurtado, V. P., Prieto, J. M., & Pinto, E. M. (2024). *Cooking quality, color, and texture profile analysis of a quinoa and lentil pasta*. *Ciência e Agrotecnologia*, 48, e015623.
- Vasiliu, M., & Navas, P. (2009). Cooking, physical and sensory properties of a fettuccine type pasta made with a mixture of durum wheat semolina and dehydrated welsh onion (*Allium fi stulosum*) flour. *Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela*, 21(1), 70-76.
- Vega-Gálvez, A; Miranda, M; Vergara, J; Uribe, E; Puente, L; Martínez, EA. (2010). *Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa willd.), an ancient Andean grain: A review*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(15):2541-2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>.
- Vietmeyer, N. (1989). *Lost crops of the Incas - Little known plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. Washington D.C. National Academy Press. 149-161.  
Consultado junio de 2024. Disponible en: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=159](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=159)
- Villar Lozano, N. (2021). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua*. Universitat Politècnica de València.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ottawa, Canadá: Internacional Development Research Centre.
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>.
- World Health Organization. (2006). *Guidelines on food fortification with micronutrients*. Geneva:

- WHO/FAO.U.S. Food and Drug Administration. (2020). *Fortification Policy*. Retrieved from <https://www.fda.gov>
- World Health Organization (WHO), & Food and Agriculture Organization (FAO). (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* (2nd ed.). Geneva: WHO.
- Yan, H.-L., & Lu, Q.-Y. (2020). Effect of A- and B-granules of wheat starch on Chinese noodle quality. *Journal of Cereal Science*, *91*, 102860.
- Zhang, J., Zhong, J., Lei, F., & Qin, X. (2019). Effects of chickpea flour on rheological properties of dough and the quality of composite noodles. *Food and Fermentation Industries*, *45*(1), 171-176.
- Zhou, Y., Cao, H., Hou, M., Nirasawa, S., Tatsumi, E., Foster, T. J., & Cheng, Y. (2013). Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour. *Food Research International*, *51*(2), 879–885.

## ANEXOS

### Anexo 1: Procedimiento para determinar la humedad (NTP 205.037)

Se basa en la determinación del contenido de agua en la muestra, por diferencia entre su masa inicial y la masa de la muestra secada en la estufa.

Se pesaron 5 gramos de muestra ( $m$ ) en una placa de Petri previamente tarada ( $P_1$ ) y se colocaron con la tapa respectiva a un costado, en una estufa a  $130\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$  durante 1 hora. Luego, se transfirieron a una campana de desecación hasta que llegaron a temperatura ambiente. Se determinó la masa de la placa con la muestra seca ( $P_2$ ) para calcular el porcentaje de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (g/100g)} = \frac{(P_1 - P_2) + 100}{m}$$

Donde:

$P_1$ : Masa de la placa más la muestra sin secar (g)

- $P_2$ : Masa de la placa más la muestra seca (g)

- $m$ : Masa de la muestra (g)

### Anexo 2: Procedimiento para determinar la ceniza (NTP 205.038)

Se tomaron 3 a 5 gramos de muestra homogenizada y se pesaron en un crisol previamente tarado y desecado. Posteriormente, se incineró la muestra y se transfirió el crisol a una mufla, donde se mantuvo a  $550\text{ }^\circ\text{C} \pm 25\text{ }^\circ\text{C}$  durante 8 horas. Después de este proceso, la muestra adquirió un color gris claro. Una vez enfriada en un desecador, se registró el peso para calcular el porcentaje de cenizas utilizando la ecuación x.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_3 - P_2) + 100}{(P_1 - P_2)}$$

Donde:

- $P_1$ : Peso de crisol + muestra (g)

- $P_2$ : Peso del crisol (g)

- $P_3$ : Peso de crisol + ceniza (g)

### Anexo 3: Procedimiento para determinar los lípidos (AOAC 920.85)

Se pesaron 2 gramos de muestra en cartuchos de papel filtro y se introdujeron en el sistema Soxhlet. Se llevó a cabo la extracción calentando 250 ml de éter de petróleo durante 5 horas. Sin embargo, para las bebidas vegetales, el tiempo de extracción fue extendido a un promedio de 10 horas debido a su composición particular. Después, los cartuchos fueron colocados en una estufa a 100°C durante 30 minutos, y se registró el peso para calcular el porcentaje de lípidos utilizando la ecuación correspondiente.

$$\% \text{ Lípidos: } \left( \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right) * 100$$

**Donde:**

- P<sub>1</sub>: Peso inicial del cartucho con muestra (g)
- P<sub>2</sub>: Peso final del cartucho (g)

### Anexo 4: Procedimiento para determinar la fibra cruda (AOAC 920.86)

Para la determinación de fibra cruda se colocaron 0.5 gramos de muestra en un balón junto con 50 ml de HCl al 1.25% y se llevó a cabo una destilación en reflujo a ebullición durante 30 minutos. Después, se agregaron 50 ml de NaOH al 3.52% y se hirvió la mezcla durante 30 minutos adicionales. Se pesó separadamente el papel filtro y se filtró la muestra con agua caliente hasta alcanzar un cambio de pH ácido, seguido de lavado con alcohol. El papel filtro con la muestra se secó en una estufa a 100°C durante 30 minutos, se enfrió en una desecadora por 30 minutos y finalmente se pesó. Se utilizó una ecuación:

$$\% \text{ Fibra cruda: } \frac{(P_3 - P_2) * 100}{(P_1)}$$

**Dónde:**

- P<sub>1</sub>: Peso de la muestra (g)
- P<sub>2</sub>: Peso de papel filtro (g)
- P<sub>3</sub>: Peso de papel filtro seco (g)

#### Anexo 5: Procedimiento para determinar la proteína (AOAC 2001.11)

Se colocaron 1 g de catalizador de sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) y sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ), junto con 1 g de muestra y 3 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). La digestión se realizó durante 6 horas a  $420^\circ C$  en una campana de extracción. Posteriormente, se añadieron 5 ml de agua destilada a la muestra catalizada, 10 ml de NaOH al 40 por ciento y 2 gotas de fenolftaleína al 1 por ciento para alcalinizar la muestra. En la base del destilador de nitrógeno se colocaron 10 ml de ácido bórico al 2.5 por ciento, y para recibir el amoníaco se añadieron 2 gotas de indicador rojo metilo al 0.5 por ciento y verde de bromocresol al 1 por ciento. Finalmente, se tituló con ácido clorhídrico (HCl) al 0.01N.

$$\% \text{ Proteína} = \left( \frac{V * N * mEqN * 100}{\text{Peso muestra} * 1000} \right) * 6.25$$

#### Dónde:

- *V*: Gasto del HCl al 0.01N (ml)
- *N*: Normalidad del HCl
- *mEq*: mil-equivalente 14/1000
- *100*: Porcentaje al 100 por ciento
- *6.25*: Factor, relación nitrógeno-proteína 100/16

## Anexo 6: Elaboración de los fideos: Trefilado y laminado de la pasta



Proceso de laminado



Observación de laminado

## Anexo 7: Secado de los tallarines



Oreado de tallarines

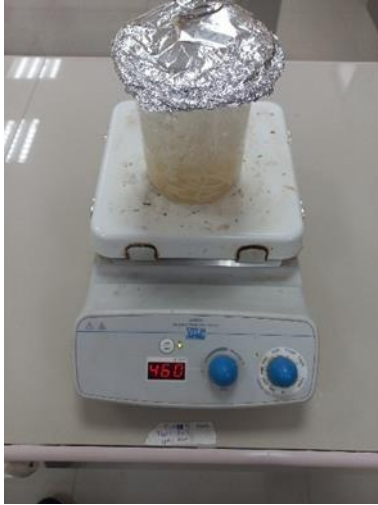


Secado de tallarines HQSI



Secado de tallarines HQN

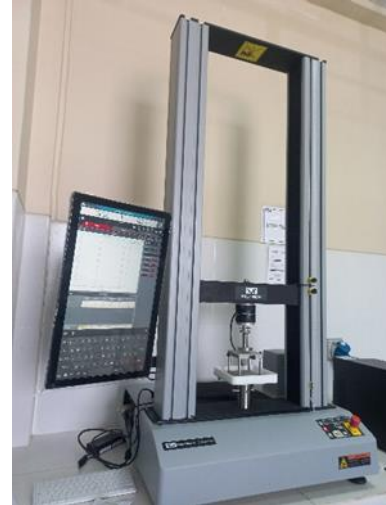
## Anexo 8: Análisis de calidad de cocción y textura de los tallarines



Cocción de tallarines



Pruebas de cocción de tallarines



Medición de textura - tallarines

## Anexo 9: Evaluación sensorial de los tallarines



Indicaciones para análisis sensorial



Análisis sensorial con panelistas

## Anexo 10: Análisis de varianza de micronutrientes en materia prima- calcio

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	4	AH, HQNC, HQSI, HT

Análisis de Varianna

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	3	957102	319034	238130.83	0.000
Error	8	11	1		
Total	11	957113			

Resumen del modelo

	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
	1.15747	100.00%	100.00%	100.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	VIF
		coef.	Valor T			
Constante	381.178	0.324	1140.80	0.000		
Muestra						
AH	-377.878	0.579	-652.94	0.000	1.50	
HQNC	370.715	0.579	640.56	0.000	1.50	
HQSI	142.842	0.579	246.82	0.000	1.50	

Ecuación de regresión

$$\text{Calcio} = 381.178 - 377.878 \text{ Muestra\_AH} + 370.715 \text{ Muestra\_HQNC} + 142.842 \text{ Muestra\_HQSI} - 135.678 \text{ Muestra\_HT}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco común

esid	Obs	Calcio	Resid	est.	R
2	521.510	524.020	-2.510	-2.66	R

Residuo grande R

## Anexo 11: Análisis de varianza de micronutrientes en materia prima - hierro

**Método:** Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para evaluar la influencia del tipo de muestra en el contenido de hierro presente en diferentes materias primas. Las muestras analizadas fueron: AH (harina artesanal de hoja), HQNC (harina de quinua no cocida), HQSI (harina de quinua sin industrializar) y HT (harina tratada). Los factores fueron codificados en tres niveles (-1, 0, +1) para facilitar su modelado.

### Diseño Experimental

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	4	AH, HQNC, HQSI, HT

### Resultados del ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	3	12315.3	4105.09	18923.96	0.000
Error	8	1.7	0.22		
Total	11	12317.0			

Los resultados muestran un efecto altamente significativo del tipo de muestra sobre el contenido de hierro (valor  $p < 0.001$ ), indicando que las diferencias observadas entre las muestras no son atribuibles al azar.

### Resumen del Modelo

R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	R <sup>2</sup> predicho	Error estándar (S)
99.99%	99.98%	99.97%	0.465752

**Ecuación de Regresión:** La ecuación de regresión obtenida es:

$$\text{Hierro} = 41.922 - 41.873(\text{AH}) + 0.880(\text{HQNC}) - 6.987(\text{HQSI}) + 47.980(\text{HT})$$

Donde cada coeficiente representa el efecto estimado de la correspondiente muestra sobre el contenido de hierro.

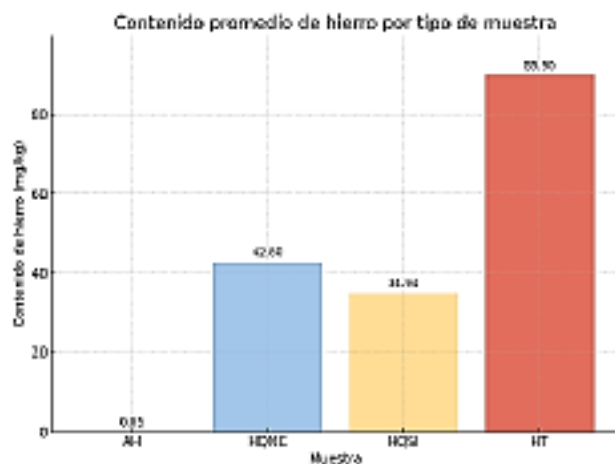
### Coefficientes del Modelo

Término	Coefficiente	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	41.922	0.134	311.80	0.000	—
Muestra: AH	-41.873	0.233	-179.81	0.000	1.50
Muestra: HQNC	0.880	0.233	3.78	0.005	1.50
Muestra: HQSI	-6.987	0.233	-30.00	0.000	1.50

## Diagnóstico de Observaciones Atípicas

Obs.	Hierro	Ajuste	Residuo	Residuo estandarizado	Nota
7	88.980	89.903	-0.923	-2.43	R
9	90.770	89.903	0.867	2.28	R

Se identificaron dos observaciones con residuos estandarizados superiores a  $\pm 2$ , lo cual indica posibles puntos de influencia que deben analizarse con cautela.



## Anexo 12: Análisis de varianza de micronutrientes en materia prima - litio

**Método:** Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para evaluar el efecto del tipo de muestra sobre el contenido de litio en la materia prima. Las muestras analizadas fueron AH, HQNC, HQSI y HT, utilizando una codificación en niveles (-1, 0, +1) para facilitar la modelación.

### Diseño Experimental

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Muestra	Fijo	4	AH, HQNC, HQSI, HT

### Resultados del ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	3	0.056999	0.019000	12525.82	0.000
Error	8	0.000012	0.000002		
Total	11	0.057011			

El análisis muestra un efecto altamente significativo del tipo de muestra sobre el contenido de litio (valor  $p < 0.001$ ), lo que indica diferencias sustanciales entre las muestras.

### Resumen del Modelo

R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	R <sup>2</sup> predicho	Error estándar (S)
99.98%	99.97%	99.95%	0.0012316

### Ecuación de Regresión

$$\text{Litio} = 0.053870 - 0.053870(\text{AH}) + 0.114693(\text{HQNC}) - 0.007030(\text{HQSI}) - 0.053793(\text{HT})$$

$$\text{Litio} = 0.053870 - 0.053870(\text{AH}) + 0.114693(\text{HQNC}) - 0.007030(\text{HQSI}) - 0.053793(\text{HT})$$

Los coeficientes muestran que la muestra HQNC presentó un contenido significativamente mayor de litio, mientras que AH y HT contribuyen con valores negativos.

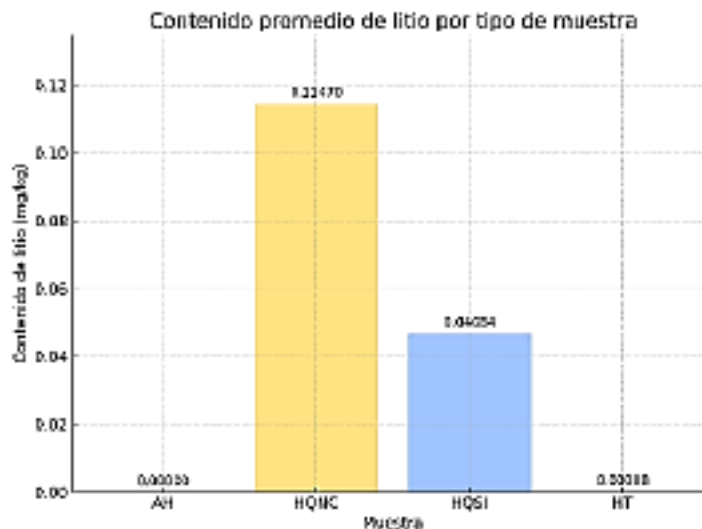
### Coefficientes del Modelo

Término	Coefficiente	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	0.053870	0.000356	151.52	0.000	—
Muestra: AH	-0.053870	0.000616	-87.48	0.000	1.50
Muestra: HQNC	0.114693	0.000616	186.25	0.000	1.50
Muestra: HQSI	-0.007030	0.000616	-11.42	0.000	1.50

### Diagnóstico de Observaciones Atípicas

Obs.	Litio	Ajuste	Residuo	Residuo estandarizado	Nota
2	0.044800	0.046840	-0.002040	-2.03	R

Se identificó una observación con residuo estandarizado mayor a  $\pm 2$ , considerada potencialmente influyente.



## Anexo 13: Análisis de Tukey de micronutrientes en materia prima – calcio

**Método:** Se aplicó el método de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de confianza del 95% para evaluar diferencias significativas entre los promedios del contenido de calcio en las diferentes muestras de materia prima: AH, HQNC, HQSI y HT.

### Agrupamiento de Medias

El agrupamiento por letras indica diferencias significativas entre las medias. Las muestras que no comparten letras presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

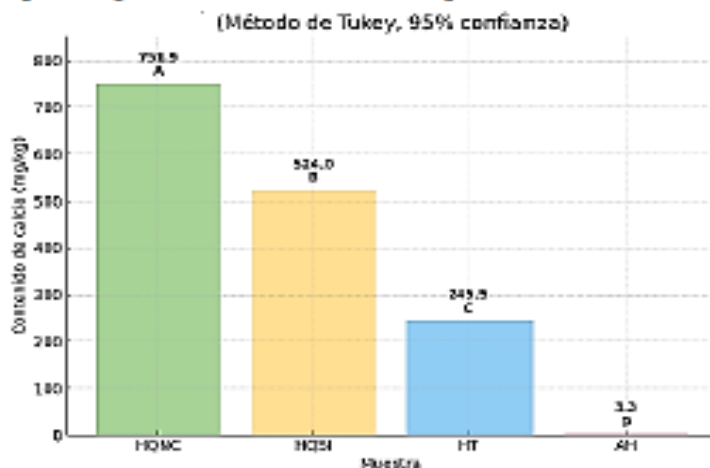
Muestra	N	Media (mg/kg)	Agrupación
HQNC	3	751.893	A
HQSI	3	524.020	B
HT3		245.500	C
AH	3	3.300	D

El orden de los grupos sugiere una marcada disminución del contenido de calcio desde HQNC (alta concentración) hasta AH (concentración mínima).

### Pruebas Simultáneas de Tukey (IC del 95%)

Comparación	Diferencia de Medias	EE diferencia	IC 95%	Valor T	valor p ajustado
HQNC – AH	748.593	0.945	(745.566, 751.621)	792.10	0.000
HQSI – AH	520.720	0.945	(517.693, 523.747)	550.98	0.000
HT – AH	242.200	0.945	(239.173, 245.227)	256.28	0.000
HQSI – HQNC	-227.873	0.945	(-230.901, -224.846)	-241.12	0.000
HT – HQNC	-506.393	0.945	(-509.421, -503.366)	-535.82	0.000
HT – HQSI	-278.520	0.945	(-281.547, -275.493)	-294.71	0.000

Todos los pares de muestras presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, confirmando que el tipo de muestra tiene un impacto marcado sobre el contenido de calcio.



## Anexo 14: Análisis de Tukey de micronutrientes en materia prima – hierro

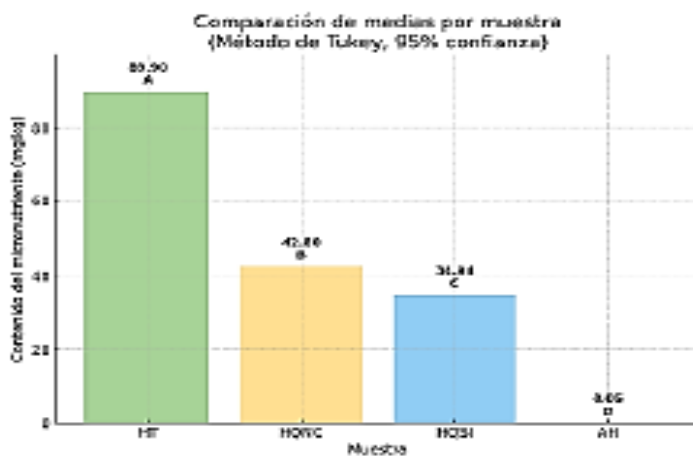
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
HT	3	89.9027	A
HQNC	3	42.8027	B
HQSI	3	34.9350	C
AH	3	0.0490	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.  
Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de medias	EE diferencia	IC simultáneo 95%	Valor T	ajustado
HQN C - AH	42.754	0.380	(41.536, 43.972)	112.43	0.000
HQSI - AH	34.886	0.380	(33.668, 36.104)	91.74	0.000
HT - AH	89.854	0.380	(88.636, 91.072)	236.28	0.000
HQSI - HQNC	-7.868	0.380	(-9.086, -6.650)	-20.69	0.000
HT - HQNC	47.100	0.380	(45.882, 48.318)	123.85	0.000
HT - HQSI	54.968	0.380	(53.750, 56.186)	144.54	0.000

Nivel de confianza individual = 98.74%



## Anexo 15: Análisis de Tukey de micronutrientes en materia prima - litio

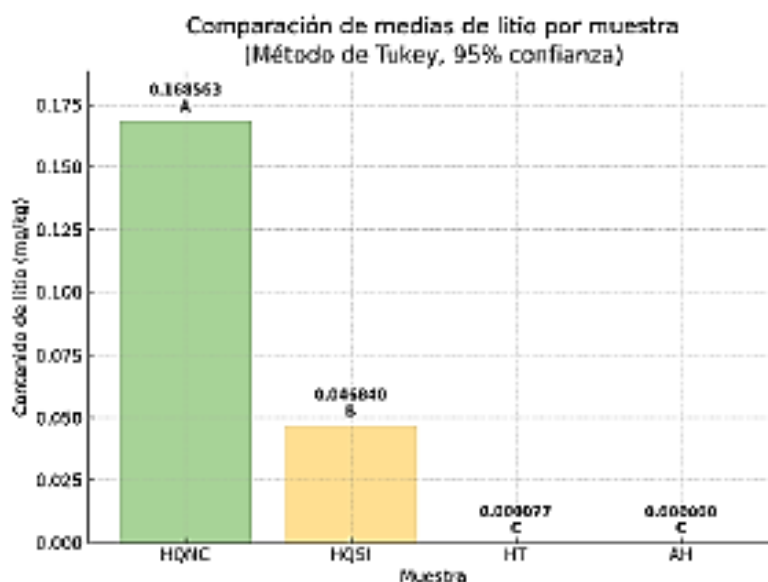
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
HQNC	3	0.168563	A
HQSI	3	0.046840	B
HT	3	0.000077	C
AH	3	0.000000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.  
Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de Muestra niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
HQN C - AH	0.16856	0.00101	(0.16534, 0.17178)	167.62	0.000
HQSI - AH	0.04684	0.00101	(0.04362, 0.05006)	46.58	0.000
HT - AH	0.00008	0.00101	(-0.00314, 0.00330)	0.08	1.000
HQSI - HQNC	-0.12172	0.00101	(-0.12494, -0.11850)	-121.05	0.000
HT - HQNC	-0.16849	0.00101	(-0.17171, -0.16527)	-167.55	0.000
HT - HQSI	-0.04676	0.00101	(-0.04998, -0.04354)	-46.50	0.000

Nivel de confianza individual = 98.74%



## Anexo 16: Análisis de Componentes Principales del sensorial de los tratamientos

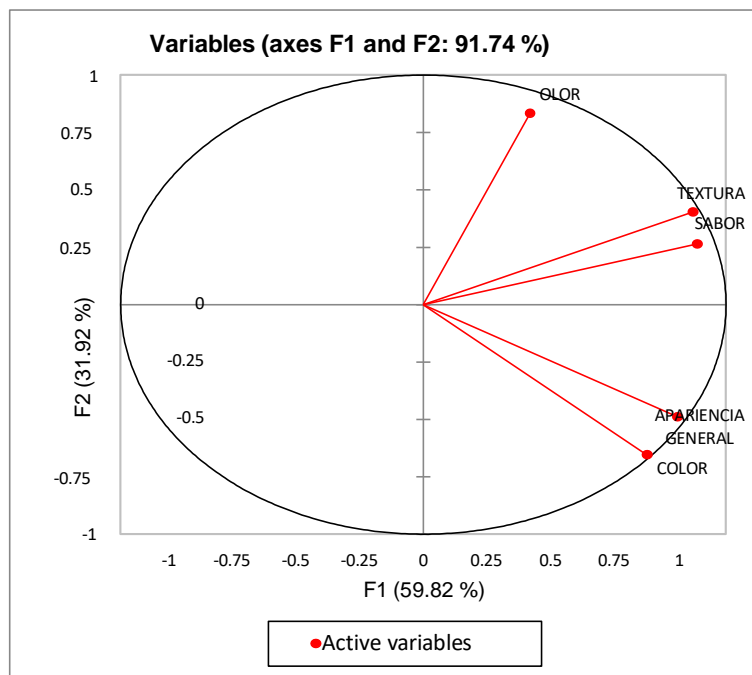
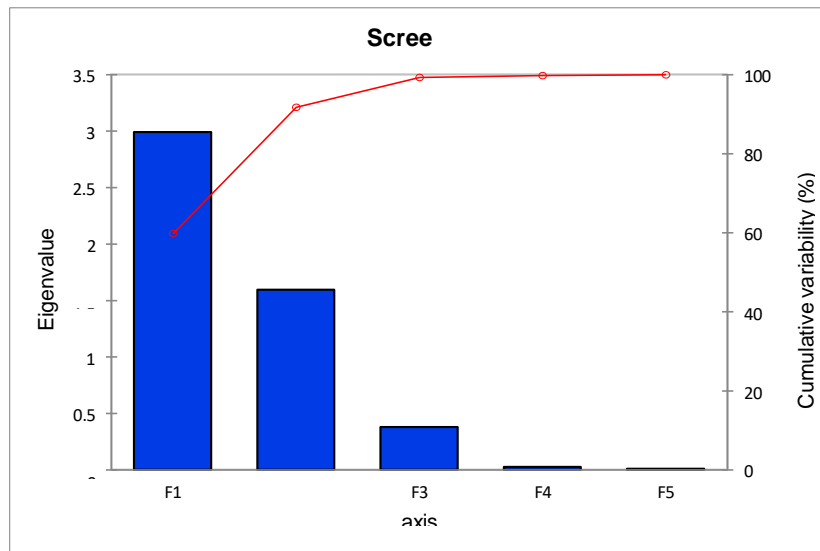
### Correlación de Pearson

APARIENCIA					
Variables	GENERAL	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
APARIENCIA					
GENERAL	<b>1</b>	-0.017	<b>0.966</b>	<b>0.563</b>	<b>0.510</b>
OLOR	-0.017	<b>1</b>	-0.225	<b>0.408</b>	<b>0.576</b>
COLOR	<b>0.966</b>	-0.225	<b>1</b>	<b>0.449</b>	<b>0.372</b>
SABOR	<b>0.563</b>	<b>0.408</b>	<b>0.449</b>	<b>1</b>	<b>0.958</b>
TEXTURA	<b>0.510</b>	<b>0.576</b>	<b>0.372</b>	<b>0.958</b>	<b>1</b>

Values in bold are different from 0 with a significance level  $\alpha=0.95$

### Contribución de las variables (%)

	F1	F2	F3	F4	F5
APARIENCIA					
GENERAL	23.606	14.960	13.082	6.689	41.662
OLOR	4.166	43.530	47.516	1.222	3.566
COLOR	18.256	26.870	5.143	5.822	43.909
SABOR	27.418	4.401	26.442	36.756	4.983
TEXTURA	26.553	10.239	7.817	49.511	5.880



## Anexo 17: Análisis de varianza del sensorial de los tratamientos

Analysis of variance (APARIENCIA GENERAL):					
Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	117	142.936	1.222	2.205	< 0.0001
Error	666	369.059	0.554		
Corrected Total	783	511.995			
<i>Computed against model Y=Mean(Y)</i>					
Analysis of variance (OLOR):					
Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	117	170.704	1.459	1.891	< 0.0001
Error	666	513.862	0.772		
Corrected Total	783	684.566			
<i>Computed against model Y=Mean(Y)</i>					
Analysis of variance (COLOR):					
Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	117	116.078	0.992	2.113	< 0.0001
Error	666	312.707	0.470		
Corrected Total	783	428.784			
<i>Computed against model Y=Mean(Y)</i>					
Analysis of variance (SABOR):					
Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	117	154.923	1.324	1.992	< 0.0001
Error	666	442.663	0.665		
Corrected Total	783	597.587			
<i>Computed against model Y=Mean(Y)</i>					
Analysis of variance (TEXTURA):					
Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	117	189.642	1.621	2.227	< 0.0001
Error	666	484.755	0.728		
Corrected Total	783	674.397			
<i>Computed against model Y=Mean(Y)</i>					

## Anexo 18: Ficha de evaluación sensorial

- ✓ Ficha de evaluación sensorial utilizado para cada panelista

### FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_  
 Edad: 21 (F) Fecha: 05/12/2023

**INSTRUCCIONES:**

- Utilice el agua proporcionada para mejorar su paladar antes de probar cada muestra
- Observe y deguste las muestras, que se presentan
- Marque con una "X" para indicar cuánto te gusta la muestra, en la frase mas adecuada a continuación.

CÓDIGO: 420		Escala hedónica de 5 puntos				
Atributo	Me disgusta muchísimo	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta muchísimo	
Apariencia general	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	(.....)	
Olor	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	(.....)	
Color	(.....)	(.X.)	(.....)	(.....)	(.....)	
Sabor	(.....)	(.X.)	(.....)	(.....)	(.....)	
Textura	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	(.....)	

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

CÓDIGO: 547		Escala hedónica de 5 puntos				
Atributo	Me disgusta muchísimo	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta muchísimo	
Apariencia general	(.....)	(.....)	(.....)	(.X)	(.....)	
Olor	(.....)	(.....)	(.....)	(.X)	(.....)	
Color	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	
Sabor	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	
Textura	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	

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

CÓDIGO: 624		Escala hedónica de 5 puntos				
Atributo	Me disgusta muchísimo	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta muchísimo	
Apariencia general	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	
Olor	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	
Color	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	
Sabor	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	
Textura	(.....)	(.....)	(.....)	(.X.)	(.....)	

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

**GRACIAS POR SU PARTICIPACION!**

## Anexo 19: Balance de materia – elaboración de tallarín

### ✓ Balance de materia de elaboración de tallarín

#### Mezclado

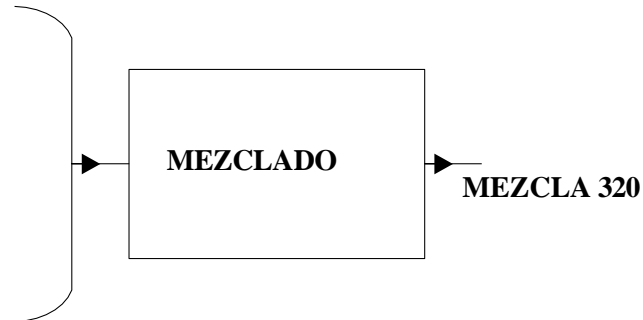
Harina de quinua HQSI = 65.48g

Harina de trigo HT = 237.93g

Albúmina de huevo ALB = 50g

Goma Xantana GX = 3g

Agua W = 146.74g



### ✓ Balance

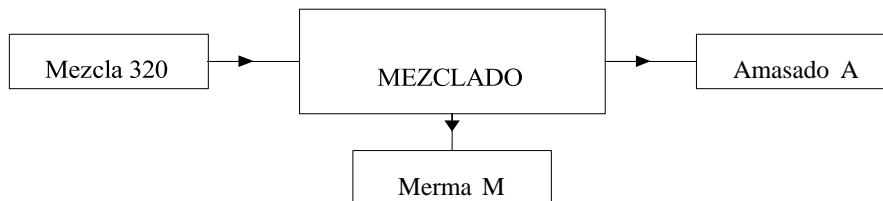
#### Masa

$$\text{HQSI} + \text{HT} + \text{ALB} + \text{GX} + \text{W} = \text{M } 320$$

$$65.48\text{g} + 237.93\text{g} + 50\text{g} + 3\text{g} + 146.74\text{g} = \text{M } 320$$

$$503.15 = \text{M } 320$$

### ✓ Proceso de Amasado



#### Balance de masa

$$\text{M } 320 = \text{A} + \text{M}$$

$$503.15\text{g} = \text{A} + 1.5\text{g}$$

$$\text{A} = 501.65\text{g}$$

### ✓ Balance parcial de masa para agua

$$65.48\text{g} (0.087) + 237.93\text{g} (0.078) + 50\text{g} (0.06) + 3\text{g} (1) + 146.74\text{g} (0) = 503.15\text{g} (\text{X1})$$

$$30.001 = 503.15(\text{x1}) \quad \text{X1} = 0.059$$

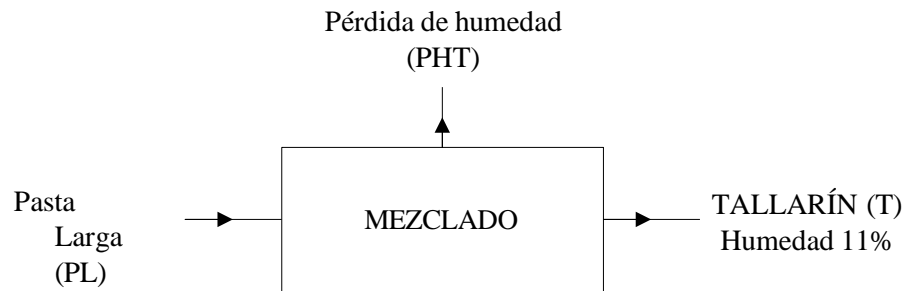
### ✓ Balance parcial de masa para solidos

$$65.48\text{g} (0.913) + 237.93\text{g} (0.875) + 50\text{g} (0.94) + 3\text{g} (0) + 146.74\text{g} (0) = 503.15\text{g} (\text{X1}) + 3\text{g}$$

$$314.97 = 503.15(\text{x2})$$

$$\text{X2} = 0.625$$

✓ **Proceso de Secado**



✓ **Balance de material**

$$PT - PHT = T$$

$$90 - PHT = 70.50$$

$$19.5g = PHT$$

**Anexo 20: Balance de energía – elaboración de tallarín**

✓ Determinación del calor específico de los tallarines

$$C_p = 1.424x_c + 1.55x_p + 1.68x_g + 0.84x_m + 4.19x_w$$

**Donde:**

- **C<sub>p</sub>**: calor específico
- **x<sub>c</sub>**: fracción de carbohidrato
- **x<sub>p</sub>**: fracción de proteína
- **x<sub>g</sub>**: fracción de grasa
- **x<sub>m</sub>**: fracción de mineral
- **x<sub>w</sub>**: fracción de agua

$$C_p = 1.424(0.70) + 1.55(0.20) + 1.68(0.0049) + 0.84(0.0326) + 4.19(0.10)$$

$$C_p = 0.97 + 0.31 + 0.008 + 0.027 + 0.419$$

$$C_p = 1.735 \text{ Kcal/Kg}^\circ$$

✓ **Calor específico del tallarín de la formulación F4**

✓ **Proceso de mezclado**

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.1 \text{Kg} \cdot 1.735 \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \cdot (28 - 13)^\circ\text{C}$$

$$Q = 2.60 \text{Kcal}$$

✓ **Proceso de amasado y laminado**

$$Q = hA(T_x - T)$$

- **A** = superficie externa de un sólido que es calentado por convección
- **T<sub>x</sub>** = temperatura del medio calefactor
- **T** = temperatura de la superficie del sólido
- **h** = coeficiente de transferencia superficial de calor (4W/m<sup>2</sup>·K)
- **Q** = (4W/m<sup>2</sup>·K) (0.1320m<sup>2</sup>) (28-0°C)

$$Q = 14784 \text{KJ}$$

$$Q = -AdT/dx$$

Donde:

- **Q** = conductividad térmica
- **D<sub>x</sub>** = superficie de la masa en contacto con el gancho de mezclado
- **dT** = diferencia de temperaturas entre la temperatura final y la inicial del mezclado de la masa
- **A** = superficie
- **Q** = -0.1320m<sup>2</sup> (28-0°C) / 1.518m<sup>2</sup>
- **Q** = -2.4348KJ

En este proceso de amasado se presencia transferencia de calor por convección y Conducción

✓ **Proceso de secado**

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.0933 \text{Kg} \cdot 1.735 \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \cdot (30 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q = 1.618 \text{Kcal}$$



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

UNW