

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS:**

**Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de  
quinua (*Chenopodium quinoa* W.) germinada y sin germinar**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

**Bach. Willy CHUCHON GARCIA**

ASESOR:

**Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, fuente inagotable de la vida, salud y sabiduría, por ser la guía constante en mi camino y darme la fortaleza para enfrentar cada desafío.*

*A mi familia, A mi madre Rosa Epifania García Cabana, a mis hermanos, por su gran sacrificio y apoyo incondicional en mi formación profesional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, alma mater que me refugio toda mi formación de pregrado, a los docentes por ser parte de mi formación de valores, principios y ética que han sido pilares para mi formación profesional.*

*Al Dr. Saúl Ricardo Chuqui Diestra por su asesoría para que este trabajo se concluya satisfactoriamente.*

*A toda mi familia por el apoyo invaluable para concluir esta etapa académica, que será de mucho apoyo en mi desarrollo profesional y personal.*

*Willy Chuchón García*

## RESUMEN

Esta investigación tuvo por finalidad realizar el estudio comparativo de las harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad blanca de Junín sin germinar y germinada sobre las propiedades tecnofuncionales. Los valores fisicoquímicos obtenidos para harina de quinua sin germinar y germinada fueron: humedad (9,03%) y (8,97%); proteína (16,97%) y (17,08%); grasa (4,75%) y (4,81%)

respectivamente, no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en comparación de ambas harinas. Los valores de cenizas (2,38%) y (2,91%); fibra cruda (6,74%) y (7,61%) y carbohidratos (60,15%) y (58,63%) respectivamente, presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambas harinas, comprobándose que la harina de quinua germinada mostró mejores promedios en cuanto a cenizas y fibra y mejor promedio en carbohidratos la harina de quinua sin germinar. Las propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua sin germinar y germinada fueron: capacidad de retención de agua (3,10 g agua/g harina) y (3,34 g agua/g harina); estabilidad de la emulsión (41,23%) y (45,32%); capacidad espumante (24,55%) y (29,29%); capacidad de hinchamiento (2,67 mL/g) y (3,26 mL/g) y concentración mínima de gelificación (23,70%) y (17,92%) respectivamente, cuyos valores mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) cuya harina de quinua germinada presentó mejores valores, excepto en la concentración mínima de gelificación la harina de quinua sin germinar presentó mejor valor. Los valores para la capacidad de absorción de aceite fueron (1,24 g aceite/g harina) y (1,27 g aceite/g harina); actividad emulsificante fue de (39,29%) y (41,01%) y para estabilidad de la espuma (79,14%) y (80,98%) respectivamente, valores que no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) esto implica que las harinas de quinua sin germinar y germinada presentaron valores estadísticos similares para estas propiedades evaluadas. Con los resultados obtenidos de las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua sin germinar y germinada se pudo recomendar su uso como ingrediente en pastelería, sopas instantáneas, helados, entre otros.

**Palabras clave:** *Chenopodium quinoa*, *harina de quinua germinada*, *propiedades tecnofuncionales*.

## ABSTRAC

The purpose of this research was to conduct a comparative study of the techno-functional properties of ungerminated and germinated white quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour from Junín. The physicochemical values obtained for ungerminated and germinated quinoa flour were: moisture (9.03%) and (8.97%); protein (16.97%) and (17.08%); fat (4.75%) and (4.81%), respectively, showing no significant differences ( $p>0.05$ ) between the two flours. The values for ash (2.38%) and (2.91%); crude fiber (6.74%) and 7.61%) and carbohydrates (60.15%) and (58.63%) respectively, showed significant differences ( $p<0.05$ ) between the two flours, with the germinated quinoa flour showing better averages in terms of ash and fiber and the non-germinated quinoa flour showing a better average in terms of carbohydrates. The techno-functional properties of the ungerminated and germinated quinoa flours were: water retention capacity (3.10 g water/g flour) and (3.34 g water/g flour); emulsion stability (41.23%) and (45.32%); foaming capacity (24.55%) and (29.29%); swelling capacity (2.67 mL/g) and (3.26 mL/g); and minimum gelation concentration (23.70%) and (17.92%), respectively, whose values showed statistically significant differences ( $p<0.05$ ), with germinated quinoa flour presenting better values, except for the minimum gelation concentration, where ungerminated quinoa flour presented a better value. The values for oil absorption capacity were (1.24 g oil/g flour) and (1.27 g oil/g flour); emulsifying activity was (39.29%) and (41.01%) and foam stability was (79.14%) and (80.98%) respectively, values that did not show significant differences ( $p>0.05$ ). This implies that ungerminated and germinated quinoa flours presented similar statistical values for these evaluated properties. Based on the results obtained for the techno-functional properties of ungerminated and germinated quinoa flour, its use as an ingredient in pastries, instant soups, ice cream, among others, can be recommended.

**Key words:** *Chenopodium quinoa*, sprouted quinoa flour, technofunctional properties.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Justificación	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes	5
2.2 La quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> )	7
2.2.1 Generalidades	7
2.2.2 Clasificación taxonómica	8
2.2.3 Valor nutricional	8
2.2.4 Usos	9
2.2.5 Variedades de quinua en el Perú	9
2.3 Proceso de germinación de granos	11
2.3.1 Características de la germinación	11
2.3.2 Etapas de la germinación	11
2.4 Propiedades tecnofuncionales de las harinas	12
2.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)	14
2.4.2 Capacidad de absorción de aceite (CAA)	15
2.4.3 Capacidad emulsificante y estabilidad de la emulsión	15
2.4.4 Capacidad espumante y estabilidad de la espuma	17
2.4.5 Capacidad de hinchamiento	18
2.4.6 Concentración mínima de gelificación	19
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1 Tipo de investigación	20
3.2 Nivel de investigación	20
3.3 Población y muestra	20
3.4 materiales	20
3.4.1 Materia prima y otros	20
3.4.2 Materiales de laboratorio	21

3.4.3	Equipos e instrumentos	21
3.5	Métodos de análisis	21
3.5.1	Análisis fisicoquímico de las harinas de quinua sin germinar y germinada	21
3.5.2	Análisis de las propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua sin germinar y germinada	21
3.6	Diseño metodológico	23
3.6.1	Diseño experimental para obtener harina de quinua	23
3.6.2	Diseño experimental para obtener harina de quinua germinada	26
3.7	Diseño estadístico	30
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Caracterización química de las harinas de quinua	31
4.2	Propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua sin germinar y germinada	32
4.2.1	Capacidad de retención de agua (CRA)	32
4.2.2	Capacidad de absorción de aceite (CAA)	34
4.2.3	Actividad emulsificante	35
4.2.4	Estabilidad de la emulsión	37
4.2.5	Capacidad espumante y estabilidad de la espuma	39
4.2.6	Capacidad de hinchamiento (CH)	41
4.2.7	Concentración mínima de gelificación	43
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	45
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	46
<b>VII</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	47
<b>VIII</b>	<b>ANEXOS</b>	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Usos diversos del grano de quinua</i>	9
Figura 2	<i>Selección de granos de quinua</i>	24
Figura 3	<i>Lavado y desinfectado de granos de quinua</i>	24
Figura 4	<i>Secado de granos de quinua</i>	25
Figura 5	<i>Molienda de granos de quinua</i>	25
Figura 6	<i>Separación de impurezas de granos de quinua</i>	26
Figura 7	<i>Pesado de granos de quinua seleccionados</i>	26
Figura 8	<i>Lavado y desinfectado de granos de quinua seleccionados</i>	27
Figura 9	<i>Remojo de granos de quinua seleccionados</i>	27
Figura 10	<i>Germinado de granos de quinua seleccionados</i>	28
Figura 11	<i>Secado de granos de quinua germinados</i>	28
Figura 12	<i>Molienda de granos de quinua germinados</i>	
Figura 13	<i>Flujograma para obtener harina de quinua germinada y evaluación de sus propiedades tecnofuncionales</i>	29

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Valor nutricional de la quinua (Chenopodium quinoa)</i>	8
Tabla 2	Variedades, características y lugares de producción de quinua	10
Tabla 3	<i>Diseño experimental para comparar las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua sin germinar y germinada</i>	30
Tabla 4	<i>Composición química de las harinas de quinua sin germinar y germinada</i>	31
Tabla 5	<i>Capacidad de retención de agua (CRA) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	32
Tabla 6	<i>ANOVA de la (CRA) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	33
Tabla 7	<i>Valores de capacidad de absorción de aceite de las harinas de quinua sin germinar y germinada</i>	34
Tabla 8	<i>ANOVA de la (CAA) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	34
Tabla 9	<i>Actividad emulsificante (AE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada</i>	36
Tabla 10	<i>ANOVA de la (AE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	36
Tabla 11	<i>Estabilidad de la emulsión (EE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	37
Tabla 12	<i>ANOVA de la (EE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	38
Tabla 13	<i>Capacidad espumante (CE) y estabilidad de la espuma (EEs) de las harinas de quinua sin germinar y germinada</i>	39
Tabla 14	<i>ANOVA de la (CE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	40
Tabla 15	<i>ANOVA de la (EEs) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	40
Tabla 16	<i>Capacidad de hinchamiento (CH) de las harinas de quinua sin</i>	

	<i>germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	41
Tabla 17	<i>ANOVA de la capacidad de hinchamiento de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	42
Tabla 18	<i>Concentración mínima de gelificación (CMG) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	43
Tabla 19	<i>ANOVA de la concentración mínima de gelificación de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín</i>	43

## ANEXOS

Anexo 1	<i>Ficha técnica de la quinua</i>	57
Anexo 2	<i>Panel fotográfico del trabajo de investigación</i>	58

## INTRODUCCIÓN

La malnutrición en los países en vías de desarrollo constituye un desafío de salud pública persistente, derivado principalmente de hábitos de consumo deficientes y dietas con escasa densidad de proteínas, energía y micronutrientes esenciales. Ante este escenario, los pseudocereales han cobrado relevancia como una alternativa nutricional estratégica. Estas especies dicotiledóneas, entre las que destacan el amaranto, la cañihua y la quinua (*Chenopodium quinoa*), se caracterizan por ser granos libres de gluten con un perfil superior en carbohidratos, lípidos, vitaminas y proteínas de alta calidad (Sindhu y Khatkar, 2019; USDA, 2020).

En años recientes, el consumo de alimentos germinados ha crecido exponencialmente debido a sus propiedades nutraceuticas y su alta digestibilidad. En el caso específico de la quinua, el proceso de germinación activa un complejo sistema enzimático donde las amilasas hidrolizan el almidón, transformando carbohidratos complejos en azúcares simples. Este fenómeno no solo reduce la viscosidad y el volumen de las preparaciones, sino que incrementa significativamente la densidad energética, resultando especialmente beneficioso para la nutrición infantil y de adultos mayores (Bravo et al., 2013).

Asimismo, la evidencia científica demuestra que la germinación actúa como un proceso de bioenriquecimiento natural. Según Campos-Rodríguez et al. (2022), este tratamiento biológico incrementa la disponibilidad de minerales como el calcio (49.04%), el hierro (39.43%) y el zinc (20.25%), además de potenciar los niveles de vitamina C y carotenoides. Paralelamente, se logra una reducción crítica de factores antinutricionales, disminuyendo los niveles de saponinas, ácido fítico y taninos en un 59.60%, 50.0% y 11.32%, respectivamente.

A pesar de que el mercado actual ofrece harinas de quinua en presentaciones crudas o precocidas, existe un vacío comercial y técnico respecto a las harinas derivadas de granos germinados. Por consiguiente, la presente investigación reviste una importancia fundamental para el sector agroindustrial, ya que busca establecer las bases técnicas sobre las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de la harina de quinua germinada. Los resultados obtenidos permitirán sustentar futuras estrategias de comercialización y desarrollo de productos con un respaldo científico sólido.

El presente trabajo tendrá por finalidad realizar el estudio comparativo en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar.

## CAPITULO I

### PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, la búsqueda de alimentos con perfiles nutricionales superiores ha posicionado a la quinua (*Chenopodium quinoa*) como un recurso estratégico para la salud pública. Investigaciones recientes han corroborado su alto valor biológico, destacando no solo su contenido de nutrientes esenciales, sino también la presencia de compuestos bioactivos, como fenoles totales y una elevada capacidad antioxidante, que inciden directamente en la prevención de enfermedades y en la mejora de la calidad de vida de los consumidores.

A pesar de estas bondades, uno de los mayores desafíos en los países en desarrollo es la malnutrición persistente. En este contexto, la germinación se presenta como un proceso biotecnológico capaz de potenciar la densidad de proteínas, vitaminas y minerales del grano, reduciendo simultáneamente factores antinutricionales. Según Parillo (2020), el aprovechamiento de la quinua germinada podría ser una herramienta clave para combatir la desnutrición en comunidades donde este grano es un pilar alimenticio.

Sin embargo, existe una brecha crítica de conocimiento técnico y científico que limita su aprovechamiento industrial. Aunque se conocen sus beneficios nutricionales básicos, se desconocen las propiedades tecnofuncionales de la quinua cuando es sometida a procesos combinados de germinación y molienda. Esta falta de caracterización técnica impide que la harina de quinua germinada sea integrada de manera eficiente como insumo en la formulación de nuevos productos alimenticios industriales.

Sumado a esto, la carencia de información comparativa clara genera incertidumbre en el consumidor final, quien se enfrenta a la ambigüedad de elegir entre productos germinados y no germinados sin una base científica que respalde su decisión. Por lo tanto, se hace imperativo realizar investigaciones detalladas que describan y contrasten las propiedades fisicoquímicas y funcionales de ambos estados del grano, con el fin de proporcionar datos precisos que sustenten su valor en la agroindustria y orienten al consumidor de manera informada.

En esta investigación se busca comparar las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar a fin de brindar información al consumidor de las bondades de este producto, que puede ser utilizado como un alimento funcional y nutritivo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

**1.2.2.** ¿Qué resultados se obtendrá al comparar las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar?

### **1.2.3. Problemas Específicos**

- ¿Cuáles serán las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar?
- ¿En qué medida difieren las propiedades tecnofuncionales, específicamente la densidad aparente, capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de aceite, propiedades emulsificantes (capacidad y estabilidad), propiedades espumantes (capacidad y estabilidad), capacidad de hinchamiento y concentración mínima de gelificación, entre la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en estado germinada y la harina en estado sin germinar?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar el estudio comparativo de las propiedades tecnofuncionales en la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada.
- Determinar las propiedades tecnofuncionales (Densidad aparente, Capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad de emulsión, estabilidad de la emulsión, capacidad espumante y estabilidad de la espuma, capacidad de hinchamiento, concentración mínima de gelificación) de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar utilizando metodologías de análisis instrumental.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada tendrá influencias mejores valores comparados con la harina sin germinar.

#### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Mediante metodologías analíticas estandarizados será posible determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada
- Al evaluar las propiedades tecnofuncionales (Densidad aparente, Capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad de emulsión, estabilidad de la emulsión, capacidad espumante y estabilidad de la espuma, capacidad de hinchamiento, concentración mínima de gelificación) con metodologías de análisis instrumental será posible compararlos entre la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada y sin germinar.

#### 1.5. Justificación

La alimentación contemporánea se caracteriza por una marcada deficiencia de micronutrientes y compuestos bioactivos esenciales. Los germinados representan una alternativa biotecnológica de alto valor, al ser considerados "alimentos vivos" que mantienen intacto su potencial enzimático y nutricional hasta el consumo (Mira, 2019). En la quinua (*Chenopodium quinoa*), la germinación desencadena transformaciones bioquímicas que incrementan la biodisponibilidad de aminoácidos, vitaminas (C, B, E), clorofila y fibra, además de potenciar la presencia de microorganismos beneficiosos como *Lactobacillus spp.* y *Saccharomyces spp.*

Desde una perspectiva tecnológica, la germinación no solo optimiza el perfil químico del grano, sino que modifica sus propiedades tecnofuncionales. Es fundamental determinar cómo este proceso altera parámetros críticos como la capacidad de retención de agua, la absorción de aceite y el poder gelificante. La caracterización de estas propiedades es esencial para la agroindustria, ya que define la viabilidad de la harina de quinua germinada como un insumo funcional en la formulación de nuevos productos alimenticios, permitiendo su uso como sustituto parcial o total en diversas matrices.

El presente estudio adquiere relevancia social al buscar proporcionar información científica rigurosa sobre las bondades de la quinua germinada. Al validar sus beneficios nutritivos y funcionales, se ofrece al consumidor una base sólida para mejorar la calidad de su dieta mediante el consumo directo o procesado. De este modo, la investigación contribuye a la salud pública, proponiendo soluciones viables para combatir las carencias nutricionales en la población a través del aprovechamiento de un recurso autóctono altamente eficiente.

## CAPÍTULO II MARCO TEORICO

### 2.1 ANTECEDENTES

**Urbina-Dicao et al. (2023)** realizaron un estudio centrado en la caracterización fisicoquímica y la funcionalidad de las harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). El objetivo de su investigación fue determinar la viabilidad de estos pseudocereales como insumos para productos de alto valor nutricional y promover el desarrollo sostenible de sus cultivos en las zonas andinas. En cuanto a la composición proximal, los autores hallaron que el amaranto destacó por un mayor contenido de proteínas (12.41%), grasas (6.74%) y carbohidratos totales (67.09%), además de un índice de semilla superior (5.37 mg). Por el contrario, la quinua mostró una mayor eficiencia en parámetros físicos de la semilla, como la capacidad de hidratación (0.55 g/semilla) e hinchamiento (0.56 ml/semilla). Respecto a las propiedades funcionales de las harinas, se determinó que, si bien el tipo de cereal no generó diferencias estadísticas significativas en las características generales ( $p > 0.05$ ), sí existieron comportamientos específicos notables: Interacción con fluidos: La harina de amaranto presentó una mejor capacidad de absorción (137.60 ml/100 g) y retención (83.60 ml/100 g) en agua. En contraste, la quinua mostró mayor afinidad por los lípidos, con una capacidad de absorción de 96.03 ml/100 g y retención de 90.50 ml/100 g en aceite. Propiedades de superficie: La harina de amaranto superó a la de quinua en actividad (3.00%) y estabilidad (5.67%) emulsionante, así como en capacidad (2.52%) y estabilidad (2.62%) espumante. Finalmente, los investigadores concluyeron que ambos pseudocereales poseen propiedades tecnofuncionales adecuadas para la obtención de harinas industriales y el desarrollo de diversos productos derivados, fortaleciendo la seguridad alimentaria regional.

**Guardianelli (2022)** llevó a cabo una investigación enfocada en la optimización del perfil nutricional de las harinas de amaranto (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). El estudio subraya que estos pseudocereales, debido a su elevado contenido proteico (1% a 18%) en comparación con los cereales convencionales, poseen una aptitud excepcional para la elaboración de productos panificados y otros derivados industriales. El autor destaca la germinación controlada como una estrategia

biotecnológica clave para mejorar la calidad nutricional de las harinas. Según los hallazgos de la investigación, durante este proceso ocurren transformaciones bioquímicas profundas que modifican la matriz del grano: **Modificación de Macronutrientes:** Se observó que la enzima  $\alpha$  -amilasa hidroliza los gránulos de almidón, mientras que las proteínas se degradan en oligopéptidos y aminoácidos libres. Asimismo, se reportó la hidrólisis de triglicéridos, alterando la relación entre ácidos grasos saturados e insaturados. **Reducción de Antinutrientes:** El proceso permitió una disminución significativa de factores antinutricionales, tales como fitatos, taninos e inhibidores de tripsina, los cuales suelen limitar la absorción de nutrientes en granos crudos. **Potenciación de Compuestos Bioactivos:** Se documentó un incremento sustancial en las concentraciones de fenoles, fitoesteroles, folatos y GABA (ácido  $\gamma$  -aminobutírico), elevando la capacidad antioxidante del producto final. Finalmente, concluye que la germinación garantiza que los nutrientes sean plenamente biodisponibles, lo que permite categorizar a las harinas de semillas germinadas como "ingredientes funcionales" con un alto valor añadido para la industria alimentaria actual.

**Villar Lozano (2021)**, en su estudio sobre las propiedades físicas, funcionales y químicas de la harina de semillas de quinua, determinó que este insumo posee un alto potencial para la formulación de alimentos altamente proteicos y libres de gluten.

Entre sus hallazgos más relevantes destacan: **Capacidad de retención de agua:** Su elevada capacidad para retener humedad aporta viscosidad y favorece texturas suaves, lo que la hace idónea para mejorar la consistencia en salsas, sopas, masas y productos de panadería. **Capacidad de absorción de grasa:** Esta propiedad resulta clave para la retención de sabor y la mejora de la palatabilidad, características altamente deseables en la industria de la panificación y en derivados cárnicos. **Propiedades espumantes:** La harina mostró aptitud para productos que requieren esponjosidad, tales como batidos, helados y repostería fina (pasteles). **Limitaciones en la gelificación:** El autor observó una baja eficiencia en alimentos tipo pudín debido a deficiencias en la gelificación. Para mitigar esto, se recomienda el ajuste del pH hacia valores próximos al punto isoelectrónico de las proteínas de la quinua.

**Paucar-Menacho et al. (2018)** evaluaron el impacto de las condiciones de germinación sobre el perfil fitoquímico y la capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa*). Mediante el uso de metodologías de optimización, los autores determinaron que las condiciones ideales para maximizar el contenido de fenoles totales (TPC) y la actividad antioxidante fueron una temperatura de 20°C durante un periodo de 42 h. Bajo estos parámetros, los brotes incrementaron su TPC en un 80% y su actividad antioxidante en un 30% en comparación con las semillas sin germinar, registrando además una alta concentración de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA).

Aunque los modelos predictivos para TPC y antioxidantes mostraron una alta fiabilidad (ajuste significativo y  $r^2$  elevados), el modelo para el GABA no resultó significativo ( $r^2 < 0.75$ ) dentro del rango estudiado. No obstante, la germinación óptima potenció significativamente los compuestos flavonoides y no flavonoides, destacando incrementos notables en kaempferol-O-dirhamnosyl-galactopyranose y quercetin-O-glucuronide. Los investigadores concluyeron que la germinación controlada es una estrategia eficaz para mejorar los compuestos promotores de la salud en este pseudocereal.

## **2.2 La quinua (*Chenopodium quinoa*)**

### **2.2.1. Generalidades**

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal dicotiledóneo originario de las zonas circundantes al Lago Titicaca, cuyo cultivo se ha expandido históricamente a todos los países andinos y, recientemente, a diversas regiones del mundo (FAO, 2013). Esta planta destaca por una extraordinaria adaptabilidad a condiciones ecológicas extremas, siendo capaz de desarrollarse desde el nivel del mar hasta altitudes de 4,000 msnm (Bravo et al., 2013; Edel & Rosell, 2007).

El cultivo muestra una resistencia notable a factores abióticos; puede tolerar temperaturas que oscilan entre los -4°C y los 40°C, así como niveles de humedad relativa del 40% al 88% (Bravo et al., 2013). Además, es una especie altamente eficiente en el uso del recurso hídrico, logrando rendimientos aceptables con precipitaciones anuales de apenas 100 a 200 mm, y posee una tolerancia a la salinidad que incluso supera la del agua de mar (Bravo et al., 2013). Fenotípicamente, la quinua presenta una amplia variabilidad en forma y color, con tonalidades que transitan por el verde, rojo, púrpura oscuro, amarillo y anaranjado granate, dependiendo del genotipo y la etapa fenológica (Apaza et al., 2013).

Desde una perspectiva nutricional, el grano de quinua es valorado por poseer proteínas de alta calidad que satisfacen los requerimientos de aminoácidos esenciales humanos (Spehar et al., 2011). Debido a su composición, responde a la creciente demanda de alimentos funcionales y equilibrados, posicionándose como una alternativa dietética clave debido a la ausencia de gluten (Spehar et al., 2011).

A pesar de sus beneficios, el aprovechamiento tecnológico y el consumo de la quinua enfrentan la presencia de saponinas localizadas en el epispermo del grano. Estos compuestos constituyen un factor limitante debido a su sabor amargo y propiedades antinutricionales, por lo que deben ser eliminados mediante procesos de fricción (escarificado) y lavado antes de su transformación industrial o ingesta (Edel & Rosell, 2007).

### **2.2.2. Clasificación taxonómica**

La clasificación taxonómica de la quinua según Apaza et al., (2013) es como sigue: Reino

	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas
Subclase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Género	: <i>Chenopodium</i>
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

### **2.2.3. Valor nutricional**

La quinua es considerada un alimento excepcional para la nutrición humana debido a la excelente calidad de su proteína y su equilibrado perfil de aminoácidos esenciales (Mujica & Jacobsen, 2006). Además de su aporte proteico, destaca por su contenido de ácidos grasos esenciales (omega 3, 6 y 9), así como por la presencia de vitaminas y minerales críticos como el calcio y el hierro (Mujica & Jacobsen, 2006).

La localización de los nutrientes dentro de la semilla no es uniforme, lo que influye en su procesamiento y aprovechamiento: Carbohidratos: Las principales reservas se concentran en el perispermo (Mujica & Jacobsen, 2006). Proteínas, lípidos y minerales: Se ubican mayoritariamente en el endospermo y el embrión (Mujica & Jacobsen, 2006). El Germen:

Representa aproximadamente el 30% del peso total de la semilla y es donde se localiza la mayor parte de la fracción proteica (Edel & Rosell, 2007).

La composición química de la quinua presenta variaciones significativas según la variedad o el ecotipo evaluado (Edel & Rosell, 2007). No obstante, de manera general, las proteínas predominantes son de tipo albúmina y globulina, las cuales se caracterizan por ser solubles (Repo-Carrasco et al., 2003). Estas proteínas poseen una composición balanceada de aminoácidos esenciales muy similar a la de la caseína (proteína de la leche), lo que eleva su valor biológico en comparación con otros cereales (Repo-Carrasco et al., 2003).

En la tabla 1 se muestra el valor nutricional de la quinua.

**Tabla 1**

*Valor nutricional de la quinua (Chenopodium quinoa)*

<b>Componente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor en 100 g.</b>
Energía	Kcal	399
Humedad	g	12,5
Proteína	g	16,5
Grasa	g	4,5
Cenizas	g	2,4
Carbohidratos	g	70,0
Fibra cruda	g	4,1

Obtenido de Minagri, 2014

#### **2.2.4. Usos**

La quinua destaca por su aprovechamiento integral, ya que el grano puede ser consumido en su totalidad (Mujica et al., 2006). En la actualidad, las investigaciones científicas se centran en profundizar en el conocimiento de sus propiedades tecnofuncionales para diversificar su uso en la industria alimentaria. Según Mujica et al. (2006), esto ha permitido evaluar y desarrollar diversas preparaciones y derivados, entre los que destacan: Consumo directo: Uso del grano entero en preparaciones tradicionales. Almidones: Extracción de carbohidratos para su aplicación como espesantes o estabilizantes. Malteados: Procesos de germinación controlada para mejorar el perfil enzimático y

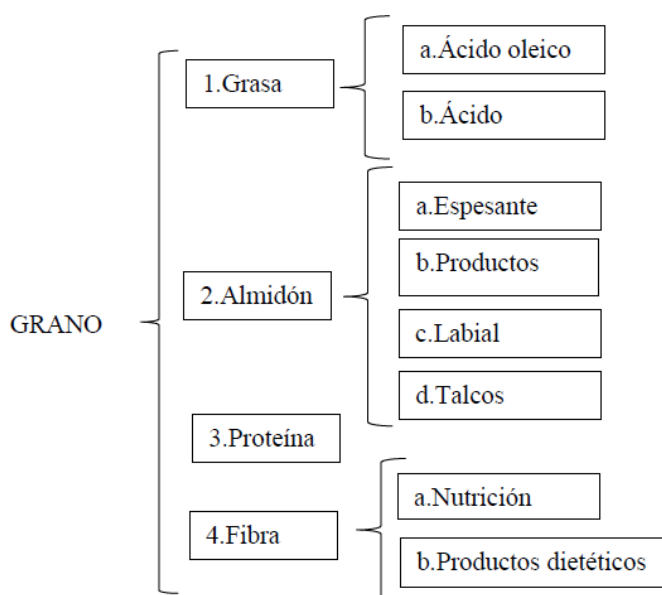
nutricional. Aislados proteicos: Obtención de concentrados de alta pureza destinados a la fortificación de otros alimentos o la creación de suplementos.

Esta versatilidad permite que la quinua no solo se limite al ámbito culinario doméstico, sino que se posiciona como un insumo clave para el diseño de nuevos productos procesados.

En la figura 1 se muestra los usos diversos del grano de quinua.

## Figura 1

### Usos diversos del grano de quinua



Obtenido de Montoya, Martínez y Peralta, 2005

### 2.2.5. Variedades de quinua en el Perú

La quinua se caracteriza por una amplia variabilidad genética, lo que le otorga una capacidad de adaptación excepcional a diversos rangos de humedad relativa y altitudes que oscilan desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm (Sánchez, 2013). Asimismo, esta plasticidad biológica permite al cultivo tolerar fluctuaciones térmicas extremas, situadas entre los -8°C y los 38°C (Sánchez, 2013).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), se han identificado aproximadamente 100 variedades de quinua. En el Perú, existen alrededor de 3,000

ecotipos, de los cuales el INIA mantiene bajo conservación el material genético de aproximadamente 2,000 de ellos (Sánchez, 2013).

La clasificación de la planta se fundamenta en su diversidad morfológica y adaptación ecológica. El INIA (2005) reconoce categorías básicas según su zona de desarrollo, destacando las siguientes:

Tipo Valle: Se cultiva en los valles interandinos, en altitudes comprendidas entre los 2,000 y 3,600 msnm. Se caracteriza por ser una planta de gran porte y poseer un periodo vegetativo extenso.

Tipo Altiplánico: Se desarrolla principalmente en la zona de influencia del Lago Titicaca. Son plantas de baja estatura, con escasa ramificación, ciclo de crecimiento corto y una notable resistencia a las heladas.

Tipo Salares: Originaria de las llanuras salinas del altiplano boliviano. Esta variedad destaca por su alta tolerancia a suelos salinos y alcalinos, produciendo semillas amargas con un elevado contenido proteico.

## Tabla 2

Variedades, características y lugares de producción de quinua

Cultivar	Sabor de grano	Color de grano	Tamaño de grano	Regiones de producción
Amarilla Marangani	Amargo	Anaranjado	Grande	Cusco, Apurímac, Ayacucho
Blanca de Junín	Semidulce	Blanco	Mediano	Junín, Cusco, Cajamarca, Huancavelica, Huánuco
Rosa Junín	Dulce	Crema	Pequeño	La Libertad, Cajamarca, Junín, Cusco, Apurímac
Ayacuchana INIA	Dulce	Crema	Pequeño	Ayacucho, Apurímac, Huancavelica
Quillahuaman INIA	Semidulce	Crema	Mediano	Cusco
Huacariz	Semidulce	Blanco	Mediano	Junín
Hualhuas	Dulce	Blanco	Mediano	Junín
Mantaro	Dulce	Blanco	Mediano	Junín, Ayacucho, Ancash, Cajamarca
Rosada Yanamango	Semidulce	Blanco	Mediano	Junín, La Libertad
Salcedo INIA	Dulce	Blanco	Grande	Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua
Illpa INIA	Dulce	Blanco	Grande	Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua
Blanca de Juli	Semidulce	Blanco	Pequeño	Puno, Arequipa
Kancolla	Semidulce	Blanco	Mediano	Puno, Arequipa, Cusco
Cheweca	Semidulce	Blanco	Mediano	Puno, Arequipa, Cusco
INIA 415 Pasancalla	Dulce	Rojo	Mediano	Puno, Arequipa

*Obtenido de Pérez (2018)*

## **2.3 Proceso de germinación de granos**

La germinación se presenta como un método eficaz, sencillo y de bajo costo para potenciar el valor nutricional de los granos andinos. Este proceso biológico no solo mejora la palatabilidad y la digestibilidad de las semillas, sino que también incrementa la biodisponibilidad de nutrientes clave (López-Martínez et al., 2017).

El proceso de germinación induce modificaciones significativas en la composición química de los granos. Investigaciones orientadas a la optimización de estas condiciones en cultivos como la quinua (*Chenopodium quinoa*) y la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) han demostrado beneficios específicos, tales como: Se observa un aumento en el contenido de proteínas totales y fibra dietética total. La germinación eleva la concentración de compuestos fenólicos, tanto en su forma libre como unida. Se potencia significativamente la actividad de búsqueda de radicales libres, mejorando las propiedades funcionales del grano (Perales-Sánchez et al., 2014).

En suma, la germinación controlada constituye una técnica de bioprocesamiento ideal para transformar granos convencionales en ingredientes con un perfil nutricional y antioxidante superior.

### **2.3.1 Características de la germinación**

La germinación de la quinua es un proceso biológico complejo que está intrínsecamente ligado tanto a las condiciones del medio ambiente (humedad, temperatura y disponibilidad de oxígeno) como al estado fisiológico de la semilla (Editorial Grudemi, 2022). Este fenómeno puede manifestarse de diversas formas según el ciclo de vida de la planta: Temporalidad y latencia: El proceso germinativo puede iniciarse inmediatamente después de la dispersión de la semilla si las condiciones son óptimas. No obstante, en escenarios desfavorables, la semilla puede entrar en un período de latencia; durante esta etapa, el embrión permanece viable, pero en estado de reposo hasta que el entorno sea propicio para su desarrollo (Editorial Grudemi, 2022).

Mobilización de reservas: La germinación conlleva una serie de reacciones bioquímicas que implican el consumo de las reservas nutritivas (almidones, proteínas y lípidos) almacenadas en el grano. Esta energía es fundamental para que el embrión inicie su crecimiento y logre establecerse como una plántula autónoma (Editorial Grudemi, 2022).

### 2.3.2 Etapas de la germinación

De acuerdo con López-Martínez et al. (2017), el proceso de germinación de la quinua se divide en tres fases fisiológicas bien definidas, de las cuales las dos primeras poseen un carácter reversible bajo ciertas condiciones ambientales:

**Fase de Hidratación o Imbibición.** Esta etapa inicial consiste en la absorción de agua por parte de la semilla. Su duración está supeditada a la disponibilidad hídrica del medio y a las características de la cubierta seminal. Factores como el déficit o exceso de humedad, así como las temperaturas reducidas, pueden comprometer el éxito de esta fase. La hinchazón resultante de la hidratación desencadena las reacciones metabólicas esenciales para activar las etapas subsecuentes (López-Martínez et al., 2017).

**Fase de Germinación (en sentido estricto).** En esta segunda fase se produce la activación plena del metabolismo de la semilla. Durante este periodo, la absorción de agua es mínima; sin embargo, ocurre una transformación crítica de las reservas nutritivas (glúcidos, proteínas y lípidos complejos) en sustancias simples y asimilables que el embrión utiliza para la generación de energía (López-Martínez et al., 2017).

**Fase de Crecimiento.** Esta etapa se identifica por la emergencia de la radícula a través de la envoltura seminal, dando inicio al desarrollo de la plántula. A diferencia de la fase anterior, aquí se registra un nuevo incremento en la absorción de agua, una mayor actividad respiratoria y un elevado gasto energético. Una vez alcanzada esta fase, el proceso es irreversible; si las condiciones del entorno se tornan desfavorables, el embrión perecerá (López-Martínez et al., 2017).

### 2.4 Propiedades tecnofuncionales de las harinas

Las propiedades tecnofuncionales se definen como las características fisicoquímicas que modifican el comportamiento físico y los atributos sensoriales de un alimento, determinando la calidad final del producto (Aguilar & Vélez, 2013). Estas propiedades reflejan las características intrínsecas de las proteínas y otros biopolímeros, impactando directamente en la apariencia, color, jugosidad, textura y sensación en boca. Además, influyen en la eficiencia de procesos industriales como el corte, mezclado, transporte y formación de masas (Aguilar & Vélez, 2013; Suresh & Samsher, 2013).

La funcionalidad de un ingrediente depende de la interacción compleja entre sus estructuras moleculares y el entorno. Según Aguilar y Vélez (2013) y Suresh y Samsher (2013), estas propiedades están supeditadas a:

- ✓ Factores intrínsecos: Tamaño y forma de la partícula, composición y secuencia aminoacídica, conformación molecular y balance hidrofobicidad/hidrofilicidad.
- ✓ Componentes del material: La presencia y proporción de carbohidratos (almidón y azúcares), lípidos, fibras, cenizas y aditivos (Awuchi & Echeta, 2019).
- ✓ Factores extrínsecos: Condiciones del medio como el pH, temperatura, fuerza iónica y la presencia de compuestos asociados como taninos (Aguilar & Vélez, 2013).

### **Clasificación de las Propiedades Tecnofuncionales**

De acuerdo con Sánchez-Mendoza et al. (2017), estas propiedades se categorizan en tres grupos principales según el tipo de interacción molecular predominante:

Grupo de Interacción	Propiedades Específicas
Proteína - Agua (Hidratación)	Solubilidad, absorción, retención de agua, viscosidad y dispersabilidad.
Proteína - Fases Inmiscibles (Superficie)	Emulsificación, capacidad de espumado y formación de películas lipoproteicas.
Proteína - Proteína (Estructura)	Gelificación, coagulación, elasticidad, cohesividad, dureza y adhesividad.

Cada componente del alimento ejerce una función tecnológica específica. El almidón es el principal responsable de la gelatinización, el pardeamiento y la formación de geles, actuando primordialmente como espesante. Por su parte, las proteínas son las encargadas de la formación de espumas, emulsificación y coagulación (Awuchi et al., 2019). Las grasas y aceites cumplen un rol crítico en la aireación y la palatabilidad del sistema alimentario.

La forma en que se procesan las semillas determina tanto sus características nutricionales como su adaptabilidad tecnológica (Luna-Jiménez, 2007). Si bien procesos tradicionales como la cocción pueden elevar la disponibilidad proteica, también pueden degradar propiedades como la capacidad emulsificante (Esmat et al., 2010). Debido a esto, se recomienda el uso de tecnologías que preserven la calidad de los nutrientes, tales como la extrusión, el calentamiento óhmico, el tostado o el uso de microondas (Lázaro-Cajusol & Sotelo-Herrera, 2017; Lima-Becerra, 2020).

Las proteínas vegetales provenientes de cereales, leguminosas y pseudocereales (como la quinua) han cobrado gran interés industrial. Su capacidad para formar geles, espumas y absorber agua y aceite las hace ideales para el desarrollo de productos de panificación, derivados cárnicos, bebidas, lácteos y alimentos destinados a la nutrición especializada (Aguilar & Vélez, 2013).

#### **2.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua (CRA), también denominada absorción de agua, se define como la cantidad de humedad que un alimento o harina puede absorber para alcanzar una consistencia deseable y garantizar la calidad del producto final (Awuchi et al., 2019). Desde una perspectiva técnica, representa la cantidad óptima de agua que debe incorporarse a una masa para su procesamiento adecuado antes de que esta adquiera una textura pegajosa.

**Factores Influyentes y composición:** Las variaciones en la CRA entre distintos cereales y pseudocereales están determinadas por su perfil químico intrínseco. Factores como la concentración y el tipo de proteínas, el contenido de fibras dietéticas y la presencia de almidón resistente configuran el comportamiento tecnofuncional de las harinas, impactando no solo en la retención hídrica, sino también en la solubilidad y la capacidad de gelificación (Lin & Fernández-Fraguas, 2020).

##### **Mecanismos de Hidratación**

El proceso de absorción ocurre a nivel molecular mediante interacciones específicas entre los componentes de la harina y el solvente:

- ✓ **Interacciones Químicas:** Al mezclar el agua con la harina, las moléculas de agua hidratan tanto al almidón como a las proteínas formadoras de gluten (glutenina y gliadina). Esto se logra mediante la creación de enlaces de hidrógeno e interacciones hidrofílicas (Zghal et al., 2001).
- ✓ **Dinámica de Difusión:** La hidratación es un proceso continuo. Parámetros mecánicos como la presión y la agitación son fundamentales, ya que permiten eliminar la capa superficial ya hidratada, exponiendo nuevas capas de partículas al exceso de agua para facilitar la difusión (Zghal et al., 2001).

En la industria y la investigación, esta propiedad suele definirse en función del peso del material seco. Por ejemplo, una absorción del 30% indica que se requieren 30 g de agua para hidratar correctamente 100 g de harina (Awuchi et al., 2019).

#### **2.4.2 Capacidad de absorción de aceite (CAA)**

La capacidad de absorción de aceite (CAA), también denominada capacidad de retención de aceite, se define como el proceso de unión de las grasas mediante las cadenas laterales no polares de las proteínas (Iwe et al., 2016). Esta propiedad tecnofuncional es esencial en la industria alimentaria, ya que contribuye significativamente a mejorar la sensación en boca y a la conservación del sabor en los productos terminados (Iwe et al., 2016).

Factores Determinantes de la Unión de Lípidos: La eficiencia con la que una harina interactúa con las grasas depende de variables intrínsecas de su fracción proteica. Según Chandra y Singh (2013), la capacidad de unión de aceite está supeditada a:

- ✓ La conformación estructural de la proteína.
- ✓ La composición específica de aminoácidos.
- ✓ La hidrofobicidad y polaridad de la superficie molecular.

La capacidad de las harinas para ligarse con el aceite las convierte en insumos valiosos para aplicaciones donde se busca una retención lipídica óptima. Esto otorga a las harinas un alto potencial funcional en la elaboración de productos como pasteles, embutidos y otros derivados cárnicos, donde la grasa es fundamental para la textura y jugosidad (Chandra & Singh, 2013).

A pesar de sus beneficios en panificación y embutidos, una elevada CAA suele ser indeseable durante la fritura de alimentos, especialmente en aquellos con alto contenido proteico, debido a que incrementa significativamente el valor calórico del producto (Awuchi et al., 2019). Se estima que, por lo general, los alimentos fritos absorben entre el 8% y el 25% de su peso en aceite, lo cual debe ser controlado para mantener perfiles nutricionales equilibrados (Awuchi et al., 2019).

#### **2.4.3 Capacidad emulsificante y estabilidad de la emulsión**

Una emulsión se define como la combinación macroscópica de dos o más líquidos que son normalmente inmiscibles, formando parte de los sistemas coloidales (Harper, 2019). En este sistema, una fase dispersa (gotas líquidas) se distribuye uniformemente dentro de una fase continua (medio líquido). Ejemplos comunes en la industria alimentaria incluyen la leche homogeneizada, aderezos para ensaladas y vinagretas (Harper, 2019; Khan et al., 2006).

La naturaleza de la emulsión depende de qué líquido actúe como fase continua. Según Khan et al. (2006) y Harper (2019), se distinguen principalmente:

**Aceite en agua (O/W):** El aceite es la fase dispersa y el agua la continua (p. ej., la leche). Las proteínas, al ser más solubles en agua, tienden a favorecer este tipo de sistemas (Awuchi et al., 2019).

**Agua en aceite (W/O):** El agua se dispersa en una fase continua de aceite (p. ej., la mantequilla). Aunque a veces se denomina "emulsión inversa", este término no se recomienda por ser técnicamente impreciso (Slomkowski et al., 2011).

**Emulsiones múltiples:** Sistemas más complejos como aceite en agua en aceite (O/W/O) o agua en aceite en agua (W/O/A).

La Capacidad Emulsionante (CE) se refiere a la aptitud de un compuesto para facilitar la formación de la emulsión. Esta propiedad está intrínsecamente ligada a la presencia de moléculas anfipáticas, las cuales poseen una región hidrofílica y otra hidrofóbica, permitiendo la interacción simultánea con ambas fases (Tapia, 2022). En las proteínas, la CE aumenta cuando existe un mayor número de unidades de aminoácidos no polares en su superficie, lo que reduce la barrera energética necesaria para la adsorción en la interfase (Awuchi et al., 2019).

**Estabilidad de la Emulsión (EE):** se define como la capacidad del sistema para resistir alteraciones fisicoquímicas a lo largo del tiempo, evitando procesos de descomposición como la floculación y la coalescencia (Awuchi et al., 2019).

Para evaluar esta propiedad, se consideran los siguientes criterios:

**Potencial Zeta:** Este parámetro indica la fuerza de repulsión entre las gotas; un valor adecuado previene la agrupación de las partículas (McClements, 2007).

**Cinética de almacenamiento:** Una emulsión se considera estable si el tamaño de las gotas no varía durante el tiempo de vida útil. Por ejemplo, emulsiones con proteínas lácteas y glicéridos han demostrado estabilidad en el tamaño de gota durante 28 días a 25 °C (Loi et al., 2019).

#### **2.4.4 Capacidad espumante y estabilidad de la espuma**

Una espuma se define técnicamente como un sistema alimentario compuesto por burbujas de gas atrapadas en una fase líquida o sólida (Cantat et al., 2013). En estos sistemas, el volumen de gas es predominante y las regiones gaseosas se encuentran separadas por películas delgadas de material (Cantat et al., 2013).

Capacidad de Formación de Espuma (CEp): La capacidad de formación de espuma se mide a través de la cantidad de área interfacial creada durante el batido del alimento o harina (Mauer, 2003). La proteína es el componente principal responsable de este fenómeno, ya que actúa como un agente tensioactivo que reduce la tensión superficial en la interfaz aire-agua (Cousminer, 2017; Kaushal et al., 2012).

Para que se genere una espuma, deben confluír tres condiciones esenciales:

1. Aplicación de trabajo mecánico para incrementar el área de superficie.
2. Presencia de componentes tensioactivos que disminuyan la tensión superficial.
3. Una velocidad de formación de burbujas superior a su tasa de ruptura (Cantat et al., 2013).

Estabilidad de la Espuma (EEp): La estabilidad se define como la medida del tiempo necesario para que la espuma pierda el 50% de su volumen o el 50% de su líquido (Mauer, 2003). Esta propiedad depende de la formación de una película interfacial delgada, cohesiva y continua alrededor de las burbujas de aire, lo cual ralentiza la tasa de coalescencia (Cousminer, 2017; Kaushal et al., 2012). Un ejemplo clásico es la clara de huevo, que produce espumas de mayor volumen que la yema debido a su mayor concentración proteica (Cousminer, 2017).

Una óptima capacidad y estabilidad de espuma son atributos altamente valorados en harinas destinadas a la elaboración de productos horneados, tales como tortas, muffins y galletas (El-Adawy & Taha, 2001). En estas formulaciones, las proteínas de la harina actúan como agentes funcionales que permiten mantener la estructura aireada y la ligereza del producto final (El-Adawy & Taha, 2001).

#### **2.4.5 Capacidad de hinchamiento**

La capacidad de hinchamiento de las harinas se define como una medida de hidratación que describe la aptitud de los gránulos de almidón para absorber agua e incrementar su volumen durante el calentamiento (Kolawole et al., 2013). Esta propiedad es un parámetro crítico en la industria alimentaria, especialmente en la panificación y el sector cárnico, debido a que la calidad sensorial y estructural de los productos terminados depende directamente de la capacidad del almidón para atrapar agua (Kolawole et al., 2013).

El perfil de hinchamiento y la solubilidad de las harinas están intrínsecamente relacionados con el incremento de la temperatura del sistema. De acuerdo con Kolawole et al. (2013), este fenómeno ocurre en dos etapas térmicas diferenciadas:

Primera etapa (60 °C a 70 °C): Se observa un rápido incremento inicial en el volumen del gránulo.

Segunda etapa (80 °C a 90 °C): Se produce un segundo aumento significativo tras un ligero periodo de estabilización.

Este comportamiento bifásico se atribuye a la relajación de dos conjuntos de fuerzas de enlace internas que se activan a distintas temperaturas (Kolawole et al., 2013).

Cuando la harina se somete a un sistema acuoso con exceso de agua y calor, los gránulos de almidón experimentan cambios estructurales profundos. Singh et al. (2001) refieren que la estructura cristalina del almidón se altera debido al rompimiento de los enlaces de hidrógeno intrínsecos.

Como consecuencia de este rompimiento, los grupos hidroxilo de las moléculas de amilosa y amilopectina quedan expuestos, permitiendo que las moléculas de agua se enlacen mediante nuevos puentes de hidrógeno. Este proceso de solvatación provoca el aumento progresivo del tamaño del gránulo y el incremento de su solubilidad en el medio (Singh et al., 2001).

#### **2.4.6 Concentración mínima de gelificación**

La concentración mínima de gelificación (CMG), también denominada capacidad de gelificación o propiedad de transición de gel, se define como la aptitud de un sistema alimentario para formar una estructura de gel a partir de sus componentes biopoliméricos, principalmente almidón y proteínas (Ahmed, 2015). Esta característica es fundamental para determinar la textura, consistencia y viscoelasticidad de los productos que utilizan harinas como ingrediente base.

El proceso de gelificación implica una transición desde un estado fluido hacia uno semisólido mediante la interconexión de cadenas moleculares. Según Odian (2004), este fenómeno ocurre a través de los siguientes mecanismos:

**Ramificación y Asociación:** Los polímeros presentes en la harina establecen asociaciones químicas entre sus cadenas, generando estructuras ramificadas de mayor tamaño.

Punto de Gel: Al alcanzar un grado crítico de reacción, los enlaces entre biopolímeros dan lugar a una única molécula macroscópica. En este punto, el sistema pierde su fluidez original y experimenta un incremento exponencial de la viscosidad.

Formación de la Red: Una vez establecido el punto de gel, el sistema se transforma en una red tridimensional de tamaño infinito que, aunque no se disuelve en el solvente, posee la capacidad de hincharse en él (Chanda, 2006).

La CMG es una propiedad tecnofuncional crítica para las harinas, ya que permite predecir el comportamiento de ingredientes agroalimentarios en formulaciones que requieren una estructura definida. Un valor bajo de CMG indica una mayor capacidad del ingrediente para formar geles a bajas concentraciones, lo que resulta eficiente en la elaboración de productos como pudines, postres y ciertos derivados cárnicos procesados.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología industrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

#### **3.1. Tipo de investigación**

Investigación cuantitativa, porque se evaluó las propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua entera sin germinar y germinada. Según el manejo de variables es descriptiva, dado que las variables cuantitativas evaluadas fueron las siguientes: Características fisicoquímicas (% humedad, % proteína, % grasa, % ceniza, % fibra bruta y % carbohidratos totales) y propiedades tecnofuncionales (densidad aparente, capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de agua, capacidad emulsificante, estabilidad de la emulsión, capacidad espumante y estabilidad de la espuma, capacidad de hinchamiento y concentración mínima de gelificación).

#### **3.2. Nivel de investigación**

Esta investigación fue del nivel descriptivo, explicativo y aplicativo.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **1.3.1 Población**

Quinua entera (*Chenopodium quinoa*) variedad Blanca de Junín, procedente del mercado Nery García Zarate.

##### **1.3.2 Muestra**

Se utilizaron 400 gramos de quinua entera para obtener harina de quinua entera y para quinua germinada.

#### **3.4. Materiales**

##### **3.4.1 Materia prima e Insumos**

- Quinua entera, variedad blanca de Junín.
- Agua potable

### 3.4.2 Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado de 250 y 500 mL.
- Frascos de vidrio de 500 y 1 L.
- Tubos de ensayo con rejilla
- Fuentes de plástico
- Frasco rociador
- Utensilios varios

### 3.4.3 Equipos e instrumentos

- Balanza digital, capacidad 2500 g.
- Estufa eléctrica.
- Agitador magnético
- Cocina eléctrica
- Baño María
- Centrífuga
- Molino de laboratorio para granos.

## 3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

### 3.5.1 Análisis fisicoquímico de la harina de quinua entera sin germinar y germinada.

Se determinó los análisis siguientes:

- ✓ **Humedad.** Método 925.10. Método oficial AOAC
- ✓ **Proteínas.** Método Kjeldahl 920.87. Método oficial AOAC
- ✓ **Grasa.** Método 922.06. Método oficial AOAC
- ✓ **Cenizas.** Método 923.03. Método oficial AOAC
- ✓ **Fibra.** Método 962.09. Método oficial AOAC
- ✓ **Carbohidratos.** Pro diferencia, método matemático. Método oficial AOAC.

### 3.5.2 Análisis de las propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua sin germinar y germinada

- ✓ **Capacidad de retención de agua.** Método descrito por Heywood et al., (2002) con algunas modificaciones.

Previamente, se prepararon soluciones con HCl 0.1 y NaOH 0.1 N a los pH 3, 5, 7 y

9. Como también, soluciones de NaCl 0,1; 0,25 y 0,5 M a 18°C. En un tubo de ensayo se dispuso 1 g de harina de las harinas y se le añadió 10 ml de agua; después se agitó en un agitador magnético durante 30 s. Luego se centrifugó a 2500 rpm por 10 min, el sobrenadante se eliminó, la diferencia entre la masa de la muestra antes y después de absorber el agua, se consideró como la cantidad de agua absorbida. La capacidad de absorción de agua se determinó dividiendo la cantidad de agua retenida por la cantidad de muestra, expresada como sólidos.

- ✓ **Capacidad de absorción de aceite.** Método descrito por Ahn et al., (2005) con algunas modificaciones.

Las harinas de quinua sin germinar y germinada se secaron en estufa a 40°C hasta peso constante. Luego, se tomaron 1 gramo de harina en un tubo de ensayo y se adicionó 10 ml (pesado en g) de aceite vegetal; se agitó por un lapso de dos minutos. Posteriormente se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos; se eliminó el sobrenadante y se pesó la harina junto con el aceite absorbido. Los resultados fueron expresados como g de aceite absorbido por g de muestra como sólido seco.

- ✓ **Actividad emulsificante.** Método descrito por Cadena *et al.* (2023) con algunas modificaciones.

Se mezcló 1 g de harina de quinua (sin germinar y germinada) con 20 ml de agua destilada a diferentes valores de pH y concentración de NaCl. Luego, se agitó durante 15 min y se añadió agua destilada hasta 25 ml. Luego se mezclaron volúmenes iguales (25 ml) de esta solución con aceite vegetal en una licuadora por 3 min. La mezcla se colocó en tubos de ensayo hasta un volumen de 10 ml para posteriormente calentarlo a 80°C por 30 min. La estabilidad de la emulsión fue expresada en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

- ✓ **Capacidad espumante y estabilidad de la espuma.** Método descrito por Alu'datt et al., (2012) con algunas modificaciones.

En un matraz de 250 mL se adicionó 0.5 g de muestra con 25 mL de agua se mezcló con un agitador a alta velocidad durante 3 min. Con ayuda de un vernier, se midió el incremento del volumen final a los 30 s. La capacidad espumante se expresó como el

porcentaje de aumento en volumen. La estabilidad de la espuma se midió en intervalos de tiempo de 10, 20, 30 y 60.

- ✓ **Capacidad de hinchamiento.** Método descrito por Robertson *et al.*, (2000) con algunas modificaciones.

En una probeta graduada de 100 mL se adicionó harina hasta 10 mL y se añadió agua destilada hasta un volumen total de 50 mL. La parte superior de la probeta se cubrió con plástico film y se mezcló invirtiendo la probeta. La suspensión se invirtió de nuevo tras 2 minutos, se dejó reposar durante 30 minutos y se tomó el volumen ocupado por la muestra tras ese tiempo. La capacidad de hinchamiento se calculó como los mL ocupados por la muestra por gramo de muestra seca.

- ✓ **Concentración mínima de gelificación.** Método descrito por Chau y Cheung (1997) con algunas modificaciones.

Se prepararon tubos de ensayo con suspensiones de harina en agua a 4, 8, 12, 18, 22, 26, 28 y 30% (p/v) en 5 mL de agua destilada. Se llevaron a un baño maría a ebullición durante 1 hora, luego se procedió a enfriar con agua helada aproximadamente a 4°C durante 1 hora. La concentración mínima de gelificación fue aquel tubo de ensayo que al invertirlo no se deslizaba el gel, mejor dicho, el gel estable y firme.

### 3.6 Diseño metodológico

#### 3.6.1 Diseño experimental para obtener harina de quinua

Para obtener harina de quinua se realizó con el procedimiento descrito por Calla y Cortez (2011) con algunas modificaciones y se describen a continuación:

- ✓ **Recepción y selección:** Se empleó quinua variedad blanca de Junín, se eliminó las impurezas como restos de cosecha entre otros, así como materias extrañas en el grano, como deteriorados, entre otros.

**Figura 2**

*Selección de granos de quinua*



- ✓ **Lavado y desinfectado:** los granos de quinua se lavaron con agua corriente por aproximadamente 30 minutos. Se lavó sucesivas veces en la proporción quinua: agua/1:2; hasta que no produzca espuma. Se realizó el desinfectado del grano de quinua con hipoclorito de sodio a una concentración de 10 ppm durante 5 minutos.

**Figura 3**

*Lavado y desinfectado de granos de quinua*



- ✓ **Secado:** se realizó aproximadamente por 3 horas a una temperatura de 60°C en una estufa hasta alcanzar una humedad del 10%.

#### Figura 4

*Secado de granos de quinua*



- ✓ **Molienda y tamizado:** con esta operación se uniformizó los granos de quinua, obteniéndose harina de quinua. Se realizó en un molino de laboratorio para luego ser tamizado.

#### Figura 5

*Molienda de granos de quinua*



### 3.6.2 Diseño experimental para obtener harina de quinua germinada

El procedimiento para obtener harina de quinua germinada se presenta en la figura 2, las diferentes etapas del proceso se describen a continuación:

- ✓ **Recepción y selección:** Se empleará quinua variedad blanca de Junín, se separó las impurezas como restos de cosecha entre otros, así como materias extrañas en el grano. La selección consistió en separar los granos dañados de los de buena calidad y otros granos ajenos a la quinua.

#### Figura 6

*Separación de impurezas de granos de quinua*



- ✓ **Pesado:** Se trabajó con 400 g de quinua, se utilizó una balanza de precisión.

#### Figura 7

*Pesado de granos de quinua seleccionados*



- ✓ **Lavado y desinfección:** El lavado se realizó con agua potable y se empleó como agente desinfectante hipoclorito de sodio al 0.01% con un tiempo de inmersión de 30 min.

### Figura 8

*Lavado y desinfectado de granos de quinua seleccionados*



- ✓ **Maceración o remojo:** Se empleó agua potable hervida enfriada a temperatura ambiente (25°C), la relación de grano: agua (1:5) un tiempo de maceración de 6 a 8 horas.

### Figura 9

*Remojo de granos de quinua seleccionados*



- ✓ **Germinación:** La germinación se realizó en bandejas de plástico, rejillas de acero inoxidable y papel filtro. Las condiciones de germinación para la quinua fue a una temperatura de 20°C con un tiempo de 36 horas, se cuidó que se mantenga a una humedad aproximadamente del 90%.

### **Figura 10**

*Germinado de granos de quinua seleccionados*



- ✓ **Secado:** Se realizó en una en una estufa a 40°C de 24 a 30 horas tiempo aproximado para conseguir una humedad entre el 3 – 5%.

### **Figura 11**

*Secado de granos de quinua germinados*



- ✓ **Molienda:** Se realizó en un molino de laboratorio, luego se envasó en frascos de vidrio previamente desinfectados para garantizar el almacenamiento para el posterior análisis.

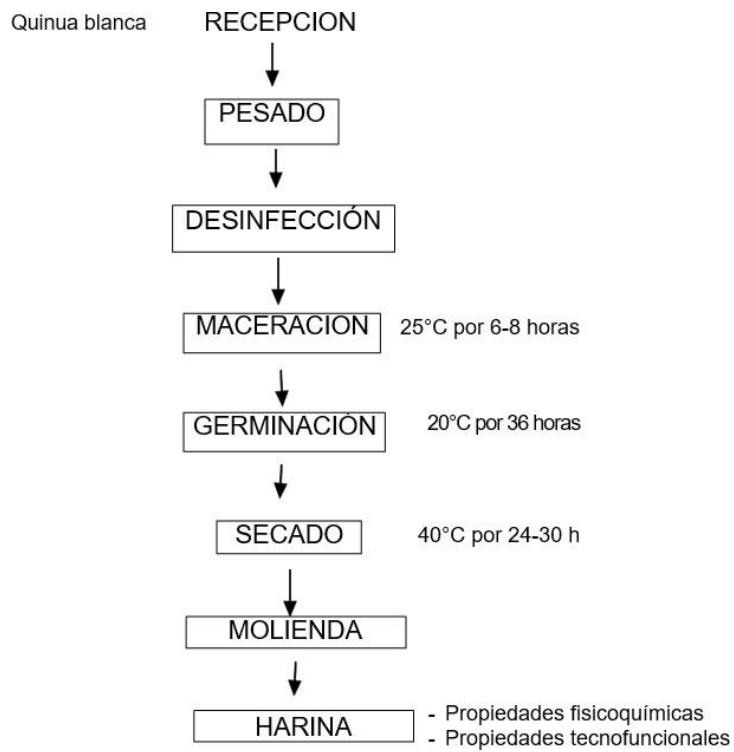
**Figura 12**

*Molienda de granos de quinua germinados*



**Figura 13**

*Flujograma para obtener harina de quinua germinada y evaluación de sus propiedades tecnofuncionales*



Una parte de la harina se caracterizó fisicoquímicamente, y otra, se determinó las propiedades tecnofuncionales consistente en capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad de emulsión, estabilidad de la emulsión, capacidad espumante y estabilidad de la espuma, capacidad de hinchamiento, capacidad de gelificación.

En la tabla 3 se presenta el diseño experimental en la determinación de las propiedades tecnofuncionales. Se consideraron 3 repeticiones para cada variable estudiada (propiedad tecnofuncional).

**Tabla 3**

*Diseño experimental para comparar las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua sin germinar y germinada*

<b>Variable</b>	<b>Propiedad tecnofuncional</b>
Harina de quinua germinada	
Harina de quinua germinada	

### **3.7 Diseño estadístico**

Los resultados se muestran como el promedio aritmético de tres repeticiones  $\pm$  la desviación estándar. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) donde los valores de las propiedades tecnofuncionales mostrados en la tabla 3 fueron procesadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre las harinas de quinua germinada y sin germinar. También se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey, para evaluar si existirá diferencia significativa entre tratamientos

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Caracterización química de las harinas de quinua

La composición química de las harinas de quinua sin germinar y germinada se presentan en la tabla 4, en la que se visualiza que presentaron diferencias estadísticas significativas en sus valores composicionales.

**Tabla 4**

*Composición química de las harinas de quinua sin germinar y germinada*

Componente	Harina de quinua sin germinar (%)	Harina de quinua germinada (%)
Humedad	$9,03 \pm 0,08^a$	$8,97 \pm 0,07^a$
Proteína	$16,97 \pm 0,22^a$	$17,08 \pm 0,19^a$
Grasa	$4,75 \pm 0,15^a$	$4,81 \pm 0,12^a$
Cenizas	$2,38 \pm 0,09^b$	$2,91 \pm 0,10^a$
Fibra cruda	$6,74 \pm 0,13^b$	$7,61 \pm 0,16^a$
Carbohidratos	$60,15 \pm 1,14^a$	$58,63 \pm 1,09^b$

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

Los resultados obtenidos muestran que el proceso de germinación no alteró significativamente el contenido hídrico del grano, registrándose niveles de 9.03% en la harina de quinua sin germinar y de 8.97% en la germinada. Estas cifras se encuentran dentro de los parámetros esperados, considerando que la humedad en un producto alimenticio está determinada por su composición intrínseca y el método de procesamiento aplicado (Damodaran & Parkin, 2017). Asimismo, la estabilidad de estos valores durante el almacenamiento depende estrechamente de factores ambientales como la temperatura y la humedad relativa. Estas variables regulan la presión de vapor del alimento en relación con su entorno, definiendo así el punto de humedad en equilibrio necesario para garantizar su conservación (Schmidt, 2020).

Se determinaron diferencias significativas en el contenido de cenizas, fibra cruda y carbohidratos en las dos harinas evaluadas. El contenido total de proteínas de las harinas de quinua sin germinar (16,97%) y de quinua germinada (17,08%) fueron similares. El

contenido de proteínas y grasa mostraron valores estadísticamente similares en ambas harinas. Estos valores proteicos encontrados en ambas harinas de quinua, respaldan la importancia de la quinua con un pseudocereal con alto valor nutritivo, específicamente por su perfil completo de aminoácidos esenciales (Sammán et al., 2023). Si bien el contenido de lípidos y proteínas encontrados para las harinas de quinua sin germinar y quinua germinada fueron ligeramente mayores con los valores reportados por Contreras-Jiménez et al. (2019), los valores de humedad y carbohidratos fueron más bajos. Los valores de fibra en quinua sin germinar (6,74%) y quinua germinada (7,61%) reportados fueron superiores a lo encontrado por Cayambe (2024). El contenido de fibra en los productos alimenticios ejerce un impacto directo sobre sus atributos fisicoquímicos y tecnológicos. De acuerdo con Figuerola et al. (2008), propiedades críticas como la viscosidad, la formación de geles, la capacidad de hinchamiento y la retención de agua están supeditadas a diversas variables estructurales y extrínsecas: El balance entre las fracciones de fibra soluble e insoluble, el tamaño de partícula de la harina resultante y el tipo de fuente vegetal de donde proviene la fibra y el método empleado para su extracción o procesamiento. En consecuencia, la manipulación de estos factores permite modular la funcionalidad de la harina para aplicaciones industriales específicas.

## 4.2. Propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua sin germinar y germinada

### 4.2.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

**Tabla 5**

*Capacidad de retención de agua (CRA) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Repeticiones	g agua retenida/ g harina	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	3,16	3,29
R2	3,09	3,33
R3	3,04	3,38
Promedio	3,10 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,34 ± 0,047 <sup>a</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

**Tabla 6**

*ANOVA de la (CRA) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	0,091	1	0,091	31,114	0,005
Dentro de grupos	0,012	4	0,003		
Total	0,103	5			

En el ANOVA de la tabla 6 se visualiza que la CRA muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que la CRA de la harina de quinua germinada (3,34 g agua/g harina) mostró mejor valor de CRA que la harina de quinua sin germinar (3,10 g agua/g harina).

La capacidad de retención de agua (CRA) es un indicador técnico que mide la aptitud de una harina para mantener el agua bajo fuerzas de gravedad centrífuga. Esta propiedad está estrechamente vinculada a la presencia de macromoléculas como carbohidratos y proteínas, cuyas cadenas laterales hidrófilas facilitan la captura de humedad (Ghumman et al., 2021).

A diferencia de cereales convencionales como el trigo, el maíz o la cebada, la quinua posee una amilopectina de cadenas cortas. Esta característica estructural le otorga una viscosidad superior, una mayor CRA y mejores propiedades de hinchamiento (Valdez-Arana et al., 2020). Debido a estos atributos, la harina de quinua se posiciona como un insumo idóneo para la elaboración de: Sopas y salsas (como agente espesante), masas fermentadas y no fermentadas y productos horneados, donde contribuye a obtener texturas suaves y uniformes (Ogunbenle, 2003).

La germinación potencia las características reológicas de la harina. Según Awuchi et al. (2019), la actividad enzimática durante el brotado incrementa la CRA y favorece la reacción de Maillard, mejorando las propiedades sensoriales del producto final.

En la industria, la CRA es un parámetro crítico para evaluar el desempeño de ingredientes en la formulación de geles alimentarios, embutidos y productos de panadería (Abugoch, 2006). Esta propiedad no solo condiciona la eficiencia del procesamiento, sino que determina de manera directa la calidad y estabilidad del alimento terminado (Abugoch, 2006).

#### 4.2.2. Capacidad de absorción de aceite (CAA)

La capacidad de absorción de aceite en las harinas de quinua sin germinar y germinada se muestran en la tabla 7

**Tabla 7**

*Valores de capacidad de absorción de aceite de las harinas de quinua sin germinar y germinada*

Repeticiones	g aceite/ g harina	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	1,23	1,21
R2	1,31	1,28
R3	1,17	1,33
Promedio	1,24 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,27 ± 0,07 <sup>a</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

En la tabla 8 se presenta el ANOVA de la capacidad de absorción de aceite de las harinas de quinua sin germinar y germinada.

**Tabla 8**

*ANOVA de la (CAA) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	,002	1	0,002	0,471	<b>0,530</b>
Dentro de grupos	,017	4	0,004		
Total	,019	5			

En el ANOVA de la tabla 8 se visualiza que la CAA no muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que la CAA de la harina de quinua sin germinar (1,24 g aceite/g harina) y harina de quinua germinada (1,27 g aceite/g harina) estadísticamente son similares. Valores ligeramente superiores de CAA en harina de quinua encontraron Gonzáles et al. (2018) que ascendió a 1,63 g aceite/g harina.

La capacidad de absorción de aceite (CAA) proporciona información crítica sobre la interacción química entre los lípidos y las regiones hidrofóbicas de las proteínas. Este fenómeno se fundamenta en la unión de las grasas con las cadenas laterales no polares de los aminoácidos presentes en la harina, lo cual es determinante para la retención del sabor y la palatabilidad o sensación en boca del producto alimenticio (Ghumman et al., 2021).

La eficiencia con la que una proteína liga las cadenas hidrocarbonadas del aceite depende directamente de su estructura molecular. De acuerdo con Sgarbieri (1986), un mayor número de cadenas laterales no polares expuestas en las moléculas proteicas incrementa significativamente la afinidad y el enlace con los lípidos, elevando así la capacidad de absorción.

Asimismo, la CAA es el resultado de una interacción compleja entre variables químicas y estructurales. Según Chandra y Samsher (2013), esta propiedad se ve influenciada por los siguientes parámetros:

**VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS:** El contenido de humedad inicial, la composición de aminoácidos, la conformación tridimensional de la proteína y la naturaleza de los ácidos grasos presentes.

**ATRIBUTOS FÍSICOS DEL MATERIAL:** La estructura de la superficie del alimento, su porosidad, la relación superficie/peso y el balance de hidrofobicidad o polaridad superficial.

En esta investigación se pudo comprobar que la harina germinada no muestra influencia sobre la capacidad de absorción de aceite, pues durante el germinado este componente no se ve afectado por el proceso germinativo de los granos de quinua.

Según Jan et al., (2018) la existencia de grupos no polares en las proteínas de la quinua, indica la presencia de más interacciones no polares en la harina de quinua en comparación con la harina de trigo, lo que mejora la absorción de aceite. Además, las diferencias en la absorción de aceite podrían atribuirse a las estructuras secundarias de las proteínas de la quinua (albúminas y globulinas) y a los enlaces entre sus subunidades, según los datos de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) (Dakhili et al., 2019).

En base a los fundamentos investigativo, es deseable una mayor capacidad de absorción de aceite en harinas para mantener el sabor del producto y mejorar la sensación en boca.

### 4.2.3. Actividad emulsificante

**Tabla 9**

*Actividad emulsificante (AE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada*

Repeticiones	Actividad emulsificante (%)	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	38,42	39,11
R2	40,08	41,56
R3	39,37	42,35
Promedio	39,29 ± 0,83 <sup>a</sup>	41,01 ± 1,69 <sup>a</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas (p<0,05)*

En la tabla 10 se presenta el ANOVA de la actividad emulsificante de las harinas de quinua sin germinar y germinada.

**Tabla 10**

*ANOVA de la (AE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	4,420	1	4,420	2,492	<b>0,190</b>
Dentro de grupos	7,095	4	1,774		
Total	11,516	5			

Al observar el ANOVA de la tabla 10 se desprende que la AE no muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que la AE de la harina de quinua sin germinar (39,29%) y harina de quinua germinada (41,01%) estadísticamente fue similares. Valores superiores de AE en harina de quinua encontraron Gonzáles et al. (2018) que ascendió a 52,86%. Estudios similares determinaron una actividad emulsionante de 12,50% en harina de té negro (Tao et al., 2020). Delgado y Albarracín (2012) reportaron valores de actividad emulsificante de 43,81; 52,56; 55,90 y 49,76% para harinas de chanchafrunto, quinua, soja y trigo respectivamente.

La actividad emulsificante se define como la aptitud de las proteínas para migrar hacia la interfase aceite-agua, determinando la cantidad máxima de lípidos que un sistema proteico puede dispersar (Mangino, 1994). Este fenómeno ocurre porque las proteínas actúan como agentes surfactantes, capaces de estabilizar las emulsiones mediante la generación de fuerzas de repulsión electrostática en la superficie de las gotas de aceite, lo que evita su coalescencia (Kaushal et al., 2012).

Una emulsión es esencialmente una suspensión de dos líquidos inmiscibles donde convergen diversas interacciones moleculares. Según Chel et al. (2003), la estabilidad de este sistema depende de un equilibrio complejo entre fuerzas de: atracción y repulsión electrostática, Impedimento estérico y fuerzas de agotamiento.

La capacidad de una harina para formar sistemas estables no depende exclusivamente de un solo componente, sino de la interacción de toda su matriz. Al respecto, se destacan los siguientes factores: Balance Hidrofílico-Lipofílico: La formación de la emulsión está supeditada a la proporción y equilibrio entre los grupos afines al agua y los afines a las grasas presentes en los componentes de la harina (Khalid et al., 2003).

Composición Macromolecular: Las propiedades emulsificantes están vinculadas tanto a la fracción de proteína soluble e insoluble como a la presencia de otros biopolímeros, específicamente los polisacáridos, que pueden modificar la viscosidad y estabilidad de la fase continua (McWatters & Cherry, 1977).

#### 4.2.4. Estabilidad de la emulsión

**Tabla 11**

*Estabilidad de la emulsión (EE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Repeticiones	Estabilidad de la emulsión (%)	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	39,77	44,19
R2	41,02	45,42
R3	42,91	46,35
Promedio	41,23 ± 1,58 <sup>b</sup>	45,32 ± 1,08 <sup>a</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

**Tabla 12**

*ANOVA de la (EE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	25,051	1	25,051	13,641	,021
Dentro de grupos	7,346	4	1,836		
Total	32,397	5			

Al observar el ANOVA de la tabla 12 se comprueba que la EE muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que la EE de la harina de quinua sin germinar (41,23%) y harina de quinua germinada (45,32%) estadísticamente tuvo influencia sobre este parámetro. El ligero aumento de la EE en la harina de quinua germinada se puede deber al aumento proteico que contiene esta harina comparada con la harina sin germinar. El comportamiento de las proteínas en la interfase aceite-agua está condicionado por su concentración en el sistema. Según Phillips (1981), cuando los niveles proteicos son bajos, el proceso de absorción se rige principalmente por la difusión; sin embargo, en concentraciones elevadas, se activa una barrera de absorción. En este escenario, la eficacia del agente emulsionante depende de la capacidad de la proteína para penetrar, generar espacio y reordenarse dentro de la película interfacial ya establecida.

La funcionalidad de una proteína como estabilizador de emulsiones depende de su estado físico y su conformación estructural:

**Solubilidad Proteica:** Existe una correlación directa y positiva entre la solubilidad de las proteínas y sus propiedades emulsificantes. El uso de proteínas solubles favorece significativamente tanto la formación inicial como la estabilidad a largo plazo del sistema coloidal (Ramírez, 2011).

**Hidrofobicidad Superficial:** El despliegue de las moléculas proteicas en la interfase agua-aceite incrementa la hidrofobicidad, lo que potencia la capacidad y estabilidad del sistema (Jayaprakasha et al., 1999).

No obstante, Badui (2006) advierte que, si bien la hidrofobicidad superficial permite reducir la tensión interfacial e incrementar el índice de actividad emulsificante, no se debe

asumir una relación lineal simplista; es decir, una mayor hidrofobicidad no garantiza necesariamente que la proteína actúe como un mejor agente emulsificante.

#### 4.2.5. Capacidad espumante y estabilidad de la espuma

**Tabla 13**

*Capacidad espumante (CE) y estabilidad de la espuma (EEs) de las harinas de quinua sin germinar y germinada*

Repeticiones	Capacidad espumante (%)		Estabilidad de la espuma (%)	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	23,62	29,02	78,06	79,22
R2	25,93	28,13	80,31	82,05
R3	24,09	30,71	79,07	81,68
Promedio	24,55 ± 1,22 <sup>b</sup>	29,29 ± 1,31 <sup>a</sup>	79,14 ± 1,12 <sup>a</sup>	80,98 ± 1,54 <sup>a</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

Valores inferiores de capacidad espumante (CE) (20%) encontraron Ramesh y Prakash (2020) y valores superiores de estabilidad de espuma (90,5%) en harina de amaranto. Se aprecia una relación directa entre la capacidad espumante y estabilidad de la espuma, ya que ambas harinas reflejan que a mayor capacidad espumante mayor estabilidad de la espuma, mostrando alta estabilidad de espuma. Iwe et al., (2016) encontraron una capacidad espumante para harina de arroz y haba africana de 10,40 y 18,17% respectivamente.

La capacidad espumante de la harina se refiere a la cantidad de área interfacial que puede crear la proteína y depende de moléculas de proteína flexibles que pueden reducir la tensión superficial del agua, en cambio la estabilidad de la formación de espuma se refiere a la capacidad de la proteína para estabilizarse frente a las tensiones gravitatorias y mecánicas (Fennema et al., 2019).

Ramírez (2011) que la formación de la espuma, así como su estabilidad está estrechamente afectado por la concentración de lípidos.

Chandra et al., (2015) refieren que la baja capacidad de formación de espuma de las harinas de pseudocereales está relacionada con proteínas globulares altamente

ordenadas que no forman fácilmente grandes burbujas de aire rodeadas por una laminilla de proteína menos flexible; también precisan que estas burbujas de aire podrían colapsar con más dificultad y así aumentar la estabilidad de la espuma.

**Tabla 14**

*ANOVA de la (CE) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	33,701	1	33,701	21,012	<b>0,010</b>
Dentro de grupos	6,416	4	1,604		
Total	40,117	5			

Al observar el ANOVA de la tabla 14 se comprueba que la CE muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que la CE de la harina de quinua sin germinar (24,55%) y harina de quinua germinada (29,29%) estadísticamente mostró influencia en los valores de este parámetro.

**Tabla 15**

*ANOVA de la (EEs) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	5,060	1	5,060	2,783	<b>0,171</b>
Dentro de grupos	7,273	4	1,818		
Total	12,333	5			

Al observar el ANOVA de la tabla 15 se verifica que la EEs no mostró diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que las harinas de quinua sin germinar (79,14%) y harina de quinua germinada (80,98%) no tuvieron influencia estadísticamente sobre la estabilidad de la espuma.

Una espuma se define como un sistema coloidal constituido por múltiples burbujas de aire de dimensiones reducidas, las cuales se encuentran confinadas por una película líquida delgada. En las harinas, la capacidad de generar espuma durante el batido se debe fundamentalmente a la acción de las proteínas tensoactivas, que reducen la tensión

interfacial en el límite aire-líquido, estabilizando el sistema y previniendo la coalescencia de las burbujas (Ghumman et al., 2021).

El comportamiento de la espuma depende de dos procesos fisiológicos distintos de la proteína:

**Capacidad Espumante (CEp):** Representa el incremento porcentual del volumen tras la agitación mecánica. Esta propiedad está vinculada a la velocidad con la que las proteínas se difunden hacia la interfase, logrando reorganizarse y formar una película viscosa sin llegar a una coagulación o agregación excesiva (Shevkani et al., 2014).

**Estabilidad de la Espuma (EEp):** Es el indicador de la aptitud proteica para preservar la estructura de la espuma a lo largo del tiempo. Este factor depende de la viscosidad de la película interfacial y de la cohesión intermolecular que se establezca en dicha capa (Shevkani et al., 2014).

En conclusión, mientras que la formación de la espuma es un proceso de difusión y reorganización rápida, su permanencia en el tiempo es una función de la resistencia mecánica y cohesiva de la película que rodea las burbujas de aire.

Se puede inferir que las harinas de quinua sin germinar y germinada estudiadas en este trabajo no son óptimas para utilizar como agentes aireadores en productos alimenticios como cobertores batidos, postres, helados y productos de bollería.

#### 4.2.6. Capacidad de hinchamiento (CH)

**Tabla 16**

*Capacidad de hinchamiento (CH) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Repeticiones	Capacidad de hinchamiento (mL/g)	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	2,67	3,37
R2	2,72	3,19
R3	2,61	3,22
Promedio	2,67 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,26 ± 0,09 <sup>a</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

En la tabla 17 se presenta el ANOVA de la capacidad de hinchamiento de las harinas de quinua sin germinar y germinada.

**Tabla 17**

*ANOVA de la capacidad de hinchamiento de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	0,528	1	0,528	85,632	<b>&lt;0.001</b>
Dentro de grupos	0,025	4	0,006		
Total	0,553	5			

Al observar el ANOVA de la tabla 12 se comprueba que la capacidad de hinchamiento muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que las harinas de quinua sin germinar y harina de quinua germinada mostraron influencia sobre los valores de CH. Singh y Punia (2020) encontraron valores de 2,54 mL/g en harina de kiwicha. La capacidad de hinchamiento es una propiedad tecnofuncional que describe el nivel de interacción entre las cadenas de almidón en sus regiones amorfas y cristalinas, proceso regulado por la proporción de amilosa y amilopeptina (Chandra et al., 2015). Esta capacidad actúa como un indicador predictivo de la calidad en harinas panaderas, ya que macromoléculas como las proteínas, los carbohidratos y el almidón dañado incrementan la retención hídrica mediante la exposición de cadenas laterales hidrofílicas (Ghumman et al., 2021).

Según Chandra y Samsheer (2013), el grado de hinchamiento de una harina está supeditado a su variedad botánica, composición química y granulometría. Se han identificado tres condiciones específicas que potencian esta propiedad:

**Tamaño de partícula:** Una mayor relación superficie/volumen (partículas más finas) facilita la absorción.

**Contenido proteico:** Niveles elevados de proteína favorecen la retención de agua. **Composición del almidón:** Una menor proporción de amilosa se traduce en una mayor capacidad de hinchamiento.

La resistencia al hinchamiento también ofrece información sobre la estructura interna del gránulo. Un poder de hinchamiento reducido sugiere la existencia de fuerzas de unión

internas más robustas dentro del almidón. En este escenario, adquieren mayor relevancia los complejos amilosa-lípido, los cuales restringen la expansión del gránulo al estabilizar su estructura frente a la hidratación (Tester & Morrison, 1990).

#### 4.2.7. Concentración mínima de gelificación

Los valores obtenidos de concentración mínima de gelificación (CMG) de las harinas de quinua sin germinar y germinada se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18**

*Concentración mínima de gelificación (CMG) de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Repeticiones	Concentración mínima de gelificación (%)	
	Harina de quinua sin germinar	Harina de quinua germinada
R1	23,09	18,11
R2	24,17	17,36
R3	23,84	18,29
Promedio	23,70 ± 0,55 <sup>a</sup>	17,92 ± 0,49 <sup>b</sup>

*Letras diferentes en la misma fila precisan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )*

En la tabla 19 se presenta el ANOVA de la concentración mínima de gelificación de las harinas de quinua sin germinar y germinada.

**Tabla 19**

*ANOVA de la concentración mínima de gelificación de las harinas de quinua sin germinar y germinada variedad blanca de Junín*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tipo de harina	50,113	1	50,113	182,360	<b>&lt;0.001</b>
Dentro de grupos	1,099	4	0,275		
Total	51,212	5			

Al observar el ANOVA de la tabla 18 se comprueba que la concentración mínima de gelificación muestra diferencias significativas en los dos tipos de harina de quinua, comprobándose que las harinas de quinua sin germinar y harina de quinua germinada mostraron influencia sobre los valores de CMG. Fernández (2017) encontró valores de 20% de concentración mínima de gelificación en harina de trigo sarraceno y 24% en harina de trigo tef; estos valores se encuentran en el rango de las harinas evaluadas en este estudio. Martín (2022) reportó valores de concentración mínima de gelificación de 26,22% en harina de amaranto. En este estudio se encontró que la harina de quinua sin germinar presentó mejor concentración mínima de gelificación (23,70%) en comparación con la harina de quinua germinada (17,92%). La concentración mínima de gelificación (CMG) define la capacidad de una harina para establecer una matriz estructural capaz de retener agua y solutos, como sales y azúcares (Sathe et al., 1982). Esta propiedad es un indicador crítico para determinar la aptitud de las harinas en la elaboración de productos como pastas, panes y galletas, reflejando una interacción compleja entre su estructura molecular, composición y las condiciones del entorno (Chandra et al., 2015).

El proceso de gelificación se fundamenta en la agregación de proteínas desnaturalizadas. En cultivos como el amaranto, este fenómeno involucra principalmente a las albúminas y globulinas, que constituyen el 44.59% y 43.14% de su contenido proteico total, respectivamente (Singh & Punia, 2020).

En leguminosas, las harinas de granos crudos requieren una concentración del 16%, mientras que en granos germinados este valor se reduce al 8%, aunque genera geles de consistencia débil (Sangronis et al., 2004).

En harinas de quinchoncho, se ha observado la formación de gel a partir de una concentración del 12% (García et al., 2012).

La facilidad con la que una harina gelifica está directamente vinculada al tipo de proteínas predominantes en la semilla. Existe una correlación entre la CMG y los niveles de globulinas; mientras que las albúminas se desnaturalizan con relativa facilidad (Adebowale et al., 2005), las proteínas de naturaleza globular suelen demandar concentraciones significativamente más altas para lograr la gelificación (Okezie & Bello, 1998)

## CONCLUSIONES

- ✓ Se evaluaron las características fisicoquímicas de las harinas de quinua sin germinar y germinada. El contenido de humedad de la harina de quinua sin germinar fue de 9,03% y germinada de 8,07%. Los valores de proteína fueron de 16,97% en harina sin germinar y 17,08% en harina germinada. Los valores de grasa bruta fueron de 4,75% y 4,81% respectivamente. Las sales minerales fueron 2,38% y 2,91% respectivamente. Los valores de fibra cruda ascendieron a 6,74% y 7,61% respectivamente. Los carbohidratos totales fueron 60,15% para harina de quinua sin germinar y 58,63% para germinada.
- ✓ Se analizaron las propiedades tecnofuncionales de harina de quinua variedad blanca de Junín sin germinar y germinada. Para la capacidad de retención de agua (CRA) se obtuvieron valores de 3,10 g agua/ g harina y 3,34 g agua/g harina respectivamente, comprobándose que la harina de quinua germinada presentó mejor valor estadístico ( $p < 0,05$ ). En la capacidad de absorción de aceite (CAA) resultó 1,24 g aceite/g harina y 1,27 g aceite/g harina, valores similares estadísticamente. En la actividad emulsificante (AE) se obtuvo 39,29% y 41,01% respectivamente, no mostrando diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). La estabilidad de la emulsión (EE) obtenida fue de 41,23% y 45,32% respectivamente, mostrando diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ). Para la capacidad espumante (CE) se obtuvo 24,55% y 29,29% respectivamente, mostrando diferencias significativas en ambas harinas. En tanto la estabilidad de la espuma (EEs) no mostraron diferencias estadísticas cuyos valores ascendieron a 79,14% y 80,98% respectivamente. En el caso de capacidad de hinchamiento (CH) se encontró valores de 2,67 y 3,26 mL/g harina respectivamente, mostrando diferencias significativas. Para la concentración mínima de gelificación (CMG) se obtuvieron valores de 23,70% y 17,92% respectivamente, mostrando diferencias estadísticas donde la harina de quinua sin germinar mostró mejor valor para esta propiedad.
- ✓ Las propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua sin germinar y germinada mostraron diferencias significativas en algunas de estas propiedades, pero en general las dos harinas presentaron valores tecnofuncionales importantes recomendando su uso como ingrediente para utilizarse en diferentes productos de pastelería, sopas instantáneas, embudidos entre otras que requieran estas propiedades.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar el estudio de las propiedades tecnofuncionales aplicando cambios de pH en las soluciones con harinas, así como adición de cloruro de sodio para comprobar si la acción de sales mejora estas propiedades.
- ✓ Estudiar la acción de la temperatura sobre las harinas de quinua obtenidas, tanto germinada y si germinar, para evaluar si tiene mejor comportamiento las propiedades tecnofuncionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. (2006). Citado en Rivera, M. (2006). Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica. Extraído de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105605>.
- Adebowale Y.A., Adeyemi I.A. and Oshodi A.A. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six mucuna species. *African Journal of Biotechnology*, 4 (12): 1461-1468.
- Aguilar Raymundo, V. G., & Vélez Ruiz, J. F. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 25–34. <https://www.researchgate.net/publication/319185894>.
- Ahamed, N., Singhal, R., Kulkarni, P & Pal, M. (1998). A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*. 19: 61-70. <https://doi.org/10.1177/156482659801900110>.
- Ahmed, E. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 6(2), 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.
- Ahn H.J., Kim J.H. and Ng P.K.W. 2005. Functional and thermal properties of wheat, barley and soy flours and their blends treated with a microbial transglutaminase. *Journal Food Science*, 70: 380-386.
- Alu'datt M.H., Rababah T., Ereifeh K., Alli I., Alrababah M.A., Almajwal A., Masadeh N. and Alhamad M.N. 2012. Effects of barley flour and barley protein isolate on chemical, functional, nutritional and biological properties of Pita bread. *Food Hydrocolloids*, 26: 135-143.
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (Noviembre de 2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Primera edición. Lima, Peru: JB Grafic E.I.R.L.
- Awuchi, C. y Echeta, K. (2019). Current developments in sugar alcohols: chemistry, nutrition, and health concerns of sorbitol, xylitol, glycerol, arabitol, inositol, maltitol, and lactitol. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5 (11), 1-33. <https://www.researchgate.net/publication/336923362>.
- Awuchi, C., Igwe, V. y Echeta, C. (2019). The functional properties of foods and flours. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5(11), 139-160. <https://www.researchgate.net/publication/337403804>.

- Badui, S. 2006. *Química de los alimentos*. Cuarta edición. Editorial Pearson Educación, México.
- Bravo, M., Reyna, J., Gómez, L., & Huapaya, M. (2013). Estudio Químico Y Nutricional De Granos Andinos Germinados De Quinoa ( *Chenopodium Quinoa*) Y Kiwicha (*Amarantus Caudatus*). In *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* (Vol. 16, Issue 1, pp. 54–60). <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/6558>.
- Cadena, F., Arias, J. L., García, A., Rodríguez, G., & Cuevas, D. A. (2023). *Technofunctional characterization of wheat flours and X Triticosecale wittmack*.
- Calla Joel. & Cortez Gladys. (2011). *Guía técnica. Curso-taller. "Post Cosecha y Transformación de quinua orgánica". "Jornada de capacitación UNALM-AGROBANCO". Ayaviri-Puno-Perú.*
- Campos-Rodríguez, Y., 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. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>.
- Cantat, I., Cohen-Addad, S., Elias, F., Graner, F., Höhler, R., Pitois, O., Rouyer, F. y Saint-Jalmes, A. (2013). *Foams: structure and dynamics*. Oxford University Press
- Cayambe Lema, F. (2024) *Caracterización De Germinado De Quinoa (Chenopodium quinoa)*. (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Disponible en <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13324>.
- Chanda, M. (2006). *Introduction to Polymer Science and Chemistry. A Problem-Solving Approach*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420007329>.
- Chandra, S. y Samsher, A. (2013). *Assessment of functional properties of different flours*. *African Journal of Agricultural Research*, 8(38), 4849-4852. Obtenido de <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.6905>.
- Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). *Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits*. *J Food Sci Technol*, 52(6). Obtenido en <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>.
- Chel, L.; Corzo, L.; Betancur, D. 2003. *Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas*. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 227: 34-43. <https://www.researchgate.net/publication/262299470>.

- Cousminer, J. (2017). *Culinology: Blending Culinary Arts & Food Science*. John Wiley and Sons, Inc.
- Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee-Aliabadi, S., & Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*, 299, 125161. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>.
- Damodaran, S. y Parkin, K. (2017). *Fennema's food chemistry. Fifth Edition*. CRC Press, USA.
- Delgado, N. y Albarracín, W. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. *Vitae*, 19 (S1), 430-432. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914135>.
- Edel, A; Rosell, C. (2007). De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Hugo Báez).
- Editorial Grudemi. (2022). *Enciclopedia de Biología*. Obtenido de <https://enciclopediaebiologia.com/germinacion/>.
- El-Adawy, T. y Taha, K.(2001). The characteristics and the composition of watermelon, pumpkin, & paprika seed oils and flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1253-1259. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf001117%2B>.
- Esmat, A., Abou Arab, I., Helmy, M. F., & Bareh, G. F. (2010). Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum L.*) flour and the improvement of spaghetti produced from its. *Journal of American Science*, 6(10), 1055–1072.
- Fennema, O. R., Damodaran, S., y Parkin, K. L. (2019, 2019). *Introducción a la química de los alimentos*.
- Fernández Salvador, N. (2017). *Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y tef. Tesis de maestría. Universidad de Valladolid. España*. Obtenido en <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/29440>.
- Figuerola, F., Muñoz, O. y Estévez A. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Revista Agro Sur*, 36(2), 49-58. Obtenido en <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v36n2/art01.pdf>.
- García, O., Aiello, C., Peña, M., Ruiz, J. y Acevedo, I. (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de

- quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 919-928.
- Ghumman, A.; Mudgal, S.; Singh, N.; Ranjan, B.; Kaur, A.; Rana, J. C. 2021. *Physicochemical, functional and structural characteristics of grains, flour and protein isolates of Indian quinoa lines. Food Research International*, 140:109982. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109982>.
- Guardianelli, L. (2022). *Mejora nutricional de harinas de amaranto y quinoa. Aplicaciones en panes de trigo saludables. Teis de grado doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas.* <https://doi.org/10.35537/10915/135132>.
- Harper, D. (2019). *Online Etymology Dictionary.* [www.etymonline.com](http://www.etymonline.com). <https://www.etymonline.com/>.
- Heywood A.A., Myers D.J., Bailey T.B. and Johnson L.A. 2002. *Functional properties of low-fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. JAOCS* 79: 12.
- Iwe, M., Onyeukwu, U. y Agiriga, A. (2016). *Proximate, functional & pasting properties of FARO 44 rice, African yam bean and brown cowpea seeds composite flour. Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1142409. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1142409>.
- Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018). *Textural, in vitro antioxidant activity and sensory characteristics of cookies made from blends of wheat-quinoa grown in India. Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13542. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/jfpp.13542>.
- Jayaprakasha H, Brueckner H. *Whey protein concentrate: A potential functional ingredient for food industry. Int J Food Sci Technol* 1999. 36 (3): 189-204.
- Kaushal, P., Kumar, V., y Sharma, H. K. (2012). *Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. LWT-Food Science and Technology*, 48(1), 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.02.028>.
- Khalid, E. K., Babiker, E. E., & Tinay, A. E. (2003). *Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. Food chemistry*, 82(3), 361-366. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00555-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00555-1).

- Khan, A., Talegaonkar, S., Iqbal, Z., Jalees Ahmed, F., & Krishan Khar, R. (2006). Multiple emulsions: an overview. *Current drug delivery*, 3(4), 429-443. <https://doi.org/10.2174/156720106778559056>.
- Kolawole, S., Igwemmar, S. Bello, H. 2013. Comparison of the physicochemical properties of starch from ginger (*Zingiber officinale*) and maize (*Zea mays*). *International Journal of Science and Research (IJSR)* 11(2): 71-75. <https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=17101302>.
- Lázaro-Cajusol, J. E., & Sotelo-Herrera, M. G. (2017). Optimización por diseño de mezcla de un snack de grits de maíz amarillo (*Zea mays*), harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) obtenido mediante extrusión. Tesis profesional. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería. <https://hdl.handle.net/20500.14278/3054>.
- Lima-Becerra, I. I. (2020). Calentamiento óhmico como herramienta para el mejoramiento de las propiedades tecno-funcionales de harina de frijol. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química.
- Lin, T., & Fernández-Fraguas, C. (2020). Effect of thermal and high-pressure processing on the thermo-rheological and functional properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109325>.
- Loi, C., Eyres, G. y Birch, E. (2019). Effect of mono- and diglycerides on the physical properties and the stability of a protein-stabilised oil-in-water emulsion. *Journal of Food Engineering*, 240, 56-64. <https://www.researchgate.net/publication/326451131>.
- López-Martínez, L; Leyva-López, N; Gutiérrez-Grijalva, E; & Heredia, B. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of functional foods*, 38(2), 624-634.
- Mangino, M. 1994. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. In Hettiarachchy, N.S. and Ziegler, G.R. (Ed.). *Protein functionality in food systems*. New York: Marcel Dekker.
- Martín Herrero, A. (2022). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto. *Universitat Politècnica de València*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/185390>.
- Mauer, L. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences & Nutrition (Second Edition)*. Elsevier Science Ltd.

- McClements, D. (2007). Critical review of techniques & methodologies for characterization of emulsion stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(7), 611-649. <https://doi.org/10.1080/10408390701289292>.
- McWatters, K.; Cherry, J. 1977. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, fieldpea and pecan flours. *Journal of Food Science* 42: 1444-1450.
- MINAGRI (Ministerio Nacional de Agricultura y Riego Perú). 2012. La quinua como oportunidad. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/02/LA-QUINUA-COMO-OPORTUNIDAD-06-02.pdf>.
- Montoya Restrepo, Luz Alexandra, Vianchá, Lucero Martínez, & Peralta Ballesteros, Johanna. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*, 15(25), 103-119. Recuperado: October 20, 2024, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-50512005000100007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512005000100007&lng=en&tlng=es).
- Mujica, A., & Jacobsen, S. E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 32, 449-457. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Monica-Moraes-R/publication/312313242\\_Botanica\\_Economica\\_de\\_los\\_Andes\\_Centrales/links/5879](https://www.researchgate.net/profile/Monica-Moraes-R/publication/312313242_Botanica_Economica_de_los_Andes_Centrales/links/5879).
- Odian, G. (2004). *Principles of Polymerization* (4th edition). Wiley-Interscience.
- Ogunbenle, H. N. 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54:153-158. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/0963748031000084106>.
- Okezie and Bello. 1998. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*; 53 (2): 450-454
- Perales-Sánchez, J.X.K., Reyes-Moreno, C., Gómez-Favela, M.A., Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, E.O., Valdez-Ortiz, A. & Gutiérrez-Dorado, R. (2014). Increasing the antioxidants activity, total phenolic and flavonoid contents by optimizing the germination conditions of amaranth seeds. *Plant Foods Human Nutrition* 69:196-202.
- Pérez W. (2018). Adaptación y rendimiento de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones agroecológicas de San Pedro de Chonta – Maraón – 2017.

- Tesis de pregrado. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Huánuco. Perú.  
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/3302/TAG%2000730%20P45.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Phillips M. Protein conformation at liquid interfaces and its role in stabilizing emulsions and foams. *Food Technol.* 1981; 35 (2):50.
- Ramesh, D. and Prakash, J. (2020). Nutritional and functional properties of amaranth grain flour fractions obtained by differential sieving. *Progress in Chemical and Biochemical Research*, 3(3), 272-286.  
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26767090.2020.3.3.10.8>.
- Ramírez, R. (2011). *Propiedades emulsionantes*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Colombia.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). 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>.
- Sammán, N., Rossi, M. C., Calliope, S., & Repo-Carrasco-Valencia, R. A. M. (2023). Nutritional composition, bioactive and anti-nutritional compounds of Latin-American crop grains. In *Latin-American seeds* (pp. 303-340). CRC Press. Extraído de <https://doi.org/10.19159/tutad.460892>.
- Sánchez, F. (2013). *Proyecto de factibilidad de inversión privada para instalación de un semillero de quinua*. Sierra Exportadora. Lima, Perú.
- Sánchez-Mendoza, N. A., Ruiz-Ruiz, J. C., Dávila-Ortiz, G., & Jiménez-Martínez, C. (2017). *Propiedades tecnofuncionales y biológicas de harina, aislado y fracciones proteicas mayoritarias de semillas de Inga paterno*. *CYTA-Journal of Food*, 15(3), 400-408.
- Sangronis, E., Machado, C. y Cava, R. (2004). *Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (Phaseolus vulgaris y Cajanu)*.
- Sathe, S.K., Desphande, S.S & Salunkhe, D.K. (1982) *Functional properties of lupin seed (Lupinus mutabilis) protein and protein concentrater*. *Journal of Food Science*, 47, 491-497.
- Schmidt, S. (2020). *Water mobility in foods*. In: *Water activity in foods. Fundamentals and applications*. Barbosa, G., Fontana, A., Schmidt, S. y Labuza, T. (Eds.), (pp 61-122) Second Edition. John Wiley & Sons, USA.

- Sgarbieri, V. (1998). *Propiedades funcionais de proteínas em alimentos*. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 32, 105-126.
- Shevkani K., Singh N., Kaur A. and Rana J.C. 2014. *Physicochemical, Pasting, and functional properties of Amaranth seed flours: effects of lipids removal*. Institute of Food Technologists. *Journal of Food Science*; 79 (7). Obtenido de <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12493>.
- Sindhu R. and Khatkar B.S. 2019. *Pseudocereals: Nutritional Composition, Functional Properties and Food Applications* (edited by S.Deka, D. Seth and N. Hulle). *Food Bioactives: Functionality and Applications in Human Health*; 1: 129-147.
- Singh A. y Punia D. (2020). *Caracterización y valores nutritivos de semillas de amaranto*. *Revista actual de ciencia y tecnología aplicadas*; 39 (3): 27-33
- Singh, U. (2001). *Functional properties of grain legume flours*. *Journal of food science and technology* (Mysore), 38(3), 191–199. <https://www.researchgate.net/publication/279573127>.
- Slomkowski, S., Alemán, J., Gilbert, R., Hess, M., Horie, K., Jones, R., Kubisa, P., Meisel, I., Mormann, W., Penczek, S. y Stepto, R. (2011). *Terminology of polymers and polymerization processes in the dispersed systems (IUPAC Recommendations 2011)*. *Pure and Applied Chemistry*. 83(12), 2229-2259. <https://doi.org/10.1351/PAC-REC-10-06-03>.
- Spehar, C. R., Rocha, J. E. D. S., & Santos, R. L. D. B. (2011). *Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no cerrado*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41, 145-147
- Suresh, C. y Samsher, S. (2013). *Assessment of functional properties of different flours*. *African Journal of Agricultural Research*, 8(38), 4849-4852. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.6905>.
- Tao, C., Wang, K., Liu, X., Shi, W., Liu, Y., & Gou, E. (2020). *Effects of Potato Powder and Starch on the Pasting, Rheological, and Thermal Properties of Dough*. *Food Science and Technology Research*, 26(5), 579-587. <https://doi.org/10.3136/fstr.26.579>.
- Tapia, P. (2022). *Evaluación in vivo de la eficacia cosmética de la emulsión elaborada con aceite fijo de kañiwa (chenopodium pallidicaule aellen)*. Universidad Nacional de San Antonio Abad, Cusco, Perú

- Tester, R. F., y Morrison, W. R. (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal chem*, 67(6), 551-557. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1993.1002>.
- Urbina-Dicao, K. S., Santacruz-Terán, S. G., Guapi-Álava, G. M., Revilla-Escobar, K. Y. y Aldas-Morejón, J. P. (2023). Caracterización fisicoquímica de los cereales y funcionalidad de las harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10 (2), 33-41. <https://doi.org/10.23850/24220582.5708>.
- USDA. 2020. NAL Agricultural Glossary. National Agricultural Library. <https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?s=1&n=1&y=0&l=91&k=glossary&t=2&w=pseudocereales>
- Valdez-Arana, J. del C.; Steffolani, M. E.; Repo-Carrasco-Valencia, R.; Pérez, G. T.; Condezo Hoyos, L. 2020. Physicochemical and functional properties of isolated starch and their correlation with flour from the Andean Peruvian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147:997-1007. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.067>.
- Vegas Niño, R. M. (2021). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades tecnofuncionales de harina de semillas residuales de linaza (*Linum usitatissimum* L.). *Cátedra Villarreal*, 9(1), 25–37. <https://doi.org/10.24039/cv2021911071>.
- Villar Lozano, N. (2021). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinoa. *Universitat Politècnica de València*. <http://hdl.handle.net/10251/175400>.
- Zghal, M., Scanlon, M. y Sapirstein, H. (2001). Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb. *Cereal Chemistry Journal*, 78(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.1.1>.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Ficha técnica de la quinua



#### Características Físicas

PUREZA		CALIDAD de GRANO <sup>(2)</sup>		
PARAMETRO	VALORES	PARAMETRO	VALORES	
Material	< 0.002	Tamaño	Grande	Mediano
Extraño	< 0.002		Valor	Valor
Piedra	Ausencia		máx.	máx.
Cuarzo	Ausencia	Quebrados	1	2
Pajillas	< 0.003	Dañados	0.5	0.5
Excreta	Ausencia	Germinado	0.25	0.5
Otras	< 0.002	Recubierto	0	0
Semillas	< 0.002	Inmaduros	0.5	0.7
Lavas secas	Ausencia	Contrastantes	0.5	2
<b>PUREZA</b>	<b>99.99%</b>			

#### Características Microbiológicas

Agente MICROBIANO	Categoría	Clase	n	c	LÍMITE por Gr.	
					m	M
Aerobias Mesófilos (UFC/gr.)	2	3	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>
Mohos	2	3	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>
Coliformes	5	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Salmonella sp.	10	2	5	0	0/25 grs.	-

- **CALIDAD<sup>(2)</sup>:** Nuestro producto es inspeccionado de acuerdo a nuestro plan de calidad.
- **CONSUMIDOR POTENCIAL:** Producto destinado a público en general sin contraindicaciones.
- **ENVASADO:** Bolsas de papel kraft multipliegos cocidas en la presentación de 25 lb., 50 lb., 25 kg. y/o en bolsas de polipropileno en presentaciones según solicitud del cliente.
- **VIDA ÚTIL:** 24 meses desde la fecha de producción en condiciones normales de almacenamiento (25°C, 75% humedad relativa), asegurando las características propias e inherentes del producto.
- **MÉTODOS DE CONSERVACIÓN:** Conservar en el envase original, en lugar fresco, limpio, seco y bajo techo fuera del alcance de los rayos solares.
- **UTILIZACIÓN DEL PRODUCTO:** Requiere proceso previo de cocción, posteriormente puede ser consumido de diferentes formas como: sopas, guisos, ensaladas, desayunos, postres y refrescos.
- **MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN:** El producto es embarcado y apilado en rumas, así como son transportados en vehículos y contenedores cerrados, debidamente higienizados y acondicionados.
- **AGENTE CERTIFICADOR:** KIWA BCS ÖKO GARANTIE.
- **CERTIFICADOS:** National Organic Program (NOP) y Europe Union (EU)

#### Información Técnica

**Nombre:** Quinua Blanca  
**Nombre Científico:** Chenopodium Quinoa  
**Partida Arancelaria:** 1008.50.90.00

#### Especificaciones

##### ORGANOLÉPTICAS

**Color:** Claro levemente amarillento.  
**Olor:** Característico del producto.  
**Sabor:** Característico del producto.  
**Apariencia:** Grano de tamaño mínimo 1,7 mm. de diámetro, dureza media.

##### FÍSICO-QUÍMICAS

**Humedad:** Máximo 12%.  
**Fibra alimentaria:** < 3,00g/100grs.  
**Cenizas:** 2,49%.  
**Insectos o parte de ellos:** Ausencia.  
**% de grano defectuoso:** 1% máximo (grano enfermo + grano picado + otros defectos).

##### COMPOSICIÓN (100 grs. de producto)

**Energía (Kcal):** 370  
**Agua:** 10.1  
**Proteínas:** 14.4  
**Grasa:** 5.2  
**Carbohidratos:** 67.8  
**Fibra:** 6.5  
**Cenizas:** 3.5

##### MINERALES MG.

**Calcio (Ca):** 120  
**Fósforo (P):** 220  
**Hierro (Fe):** 5.0

##### VITAMINAS MG.

**Retinol (Vitamina A):** -  
**Tiamina (Vitamina B1):** 0.13  
**Riboflavina (Vitamina B2):** 0.38  
**Niacina (Vitamina B3):** 1.1  
**Vitamina C:** -

## Anexo 2

### Panel fotográfico del trabajo de investigación



**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y**  
METALURGIA

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

### **Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) germinada y sin germinar**

**Expositor: Willy Chuchon Garcia**  
**Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 2576506 Resolución Decanal N° 208-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 12-12-2025

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las dos de la tarde con cinco minutos del día lunes veintinueve de diciembre del año dos mil veinticinco, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Willy Chuchon Garcia**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Wilfredo TRASMONTÉ PINDAY, Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI (Miembros) y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) germinada y sin germinar**, presentado por el Bachiller **Willy Chuchon Garcia**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 208-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Willy Chuchon Garcia**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembro-Asesor), Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI y Dr. Wilfredo TRASMONTÉ PINDAY (Miembros).

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14)**.



**UNSCH**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y  
METALURGIA**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

### Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (Chenopodium quinoa W.) germinada y sin germinar

**Expositor: Willy Chuchon Garcia**  
**Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 2576506 Resolución Decanal N° 208-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 12-12-2025

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Willy Chuchon Garcia**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las cuatro de la tarde con diez minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....  
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA  
Presidente

.....  
Dr. Wilfredo TRASMONTE PINDAY  
Miembro

.....  
Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI  
Miembro

.....  
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA  
(Miembro-Asesor)

.....  
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE  
(Secretario Docente)



**UNSCH**

FACULTAD DE  
**INGENIERIA QUÍMICA  
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

**Tesis** Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) germinada y sin germinar

Nombre y Apellido : Bach. **WILLY CHUCHON GARCIA**  
Identificador de entrega : 2932502565  
Fecha : 14-abr-2026 11:38p.m. (UTC-0500)  
Archivo : Tesis\_Final\_Willy\_CHuch\_n\_Garc\_a\_ok.pdf (1.6M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 21 % de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 20 abril del 2026

  
MSc. Percy F. VELÁSQUEZ CCOSI  
Director de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Agroindustrial

C.c.  
Const. N°002-2026  
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL  
Av. Independencia S/N - Ayacucho  
Telf. 066-303496  
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

# Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) germinada y sin germinar

*por* Willy Chuchon Garcia

---

**Fecha de entrega:** 14-abr-2026 11:38p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2932502565

**Nombre del archivo:** Tesis\_Final\_Willy\_CHuch\_n\_Garc\_a\_ok.pdf (1.6M)

**Total de palabras:** 16654

**Total de caracteres:** 93385

# Comparación en las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) germinada y sin germinar

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

6 %

PUBLICACIONES

6 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2 %
2	<a href="http://www.dspace.unitru.edu.pe">www.dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	2 %
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	2 %
4	<a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	2 %
5	<a href="http://digital.csic.es">digital.csic.es</a> Fuente de Internet	2 %
6	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
7	<a href="http://ri-ng.uaq.mx">ri-ng.uaq.mx</a> Fuente de Internet	1 %
8	<a href="http://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	1 %

---

9	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://cicytac.cba.gov.ar">cicytac.cba.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://dspace.unach.edu.ec">dspace.unach.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://latam.redilat.org">latam.redilat.org</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://dspace.umh.es">dspace.umh.es</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="#">Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</a> Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://colposdigital.colpos.mx:8080">colposdigital.colpos.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1 %

---

[uvadoc.uva.es](http://uvadoc.uva.es)

20	Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
23	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
24	bibliotecadigital.udea.edu.co Fuente de Internet	<1 %
25	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
26	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 30 words