

**UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

**NUTRICIÓN Y TÉCNICAS ALIMENTARIAS**

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE  
LA CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”**

**Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Nutrición y Técnicas  
Alimentarias**

**AUTOR:**

**Narvaez Montoya Carlos Vicente**

**ASESORA:**

**Dra. Salvá Ruiz Bettit Karim**

**Lima, Perú**

**2024**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. Soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:  
"Título de tesis o trabajo de suficiencia profesional"


El mismo que presento (presentamos) ante la Universidad para optar el Título Profesional de: *indicar el título que corresponde al Programa que estudió.*

2. El texto del trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En tal sentido, no ha sido plagiado total ni parcialmente, se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas, el Código de Ética y el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Le Cordon Bleu. Lo que ha sido corroborado por el asesor (es) designado(s).
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuimos a nuestra autoría son veraces.
5. Declaro que el trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Le Cordon Bleu, habiendo sido revisado mediante el software antiplagio turnitin obteniendo un porcentaje de similitud de 16 %, el cual consta en el informe emitido por turnitin.
6. Declaro que en el trabajo final se ha utilizado inteligencia artificial para la mejora de la redacción en un porcentaje de 0 %, el cual consta en el informe emitido por turnitin.


El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del (de los) declarantes y del asesor, en consecuencia; a través del presente documento asumimos frente a terceros, a la Universidad Le Cordon Bleu y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado.

Fecha: 28/11/2024

Autor:

Nombres y apellidos	Firma
<b>Narvaez Montoya Carlos Vicente</b>	

Asesora:

Nombres y apellidos	Firma
<b>Salvá Ruiz Bettit Karim</b>	

## ANEXO N° 8

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

#### TÍTULO DE LA TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA CAÑIHUA  
(*CHENOPODIUM PALLIDICAULE AELLEN*)”**

#### AUTOR: Nombres y apellidos:

**CARLOS VICENTE NARVAEZ MONTOYA**

D.N.I N° del autor de la tesis	72394109
Financiamiento	Carlos Vicente Narvaez Montoya
Ubicación geográfica	Lima Metropolitana – distrito Lima
Duración de la investigación	Diciembre 2021 - noviembre 2024 / año 2024

#### ASESOR:

Nombres y apellidos	D.N.I N° /C.E. N°	Código ORCID
Dra. BETTIT KARIM SALVÁ RUIZ	093394953	0000000153830890

#### JURADO EXAMINADOR:

Nombres y apellidos	Cargo	D.N.I N° /C.E. N°	Código ORCID
Dr. VICTOR JESÚS SAMILLÁN SOTO	Presidente	16709515	0000000312582856
Mg. KAREN VENESSA QUIROZ CORNEJO	Primer Miembro	40277208	0000000266733587
Mg. GUSTAVO ADOLFO ABAD FERNÁNDEZ	Primer Miembro	44930171	0000000290154067



En la ciudad de Lima, Distrito de Magdalena del Mar, a las 12:00 horas del día 27 del mes de noviembre del año 2024, se reunió el Jurado Examinador de sustentación y defensa de la Tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA CAÑIHUA (*CHENOPODIUM PALLIDICAULE AELLEN*", presentado por el bachiller **CARLOS VICENTE NARVAEZ MONTOYA** para optar el título profesional de Nutrición y Técnicas Alimentarias; conformado por los profesores:

Presidente: Dr. Victor Jesús Samillán Soto

Primer Miembro: Mg. Karen Vanessa Quiroz Cornejo

Segundo Miembro: Mg. Gustavo Adolfo Abad Fernández

Instalado el Jurado Examinador, se procedió dar cumplimiento a las etapas:

- El Presidente del Jurado invitó al sustentante a realizar su presentación por un tiempo no mayor de 30 minutos.
- Terminada la presentación, el Jurado Examinador procedió a realizar preguntas sobre aquellos aspectos pertinentes para determinar los conocimientos sobre el tema y la ejecución de la tesis/trabajo de suficiencia profesional.
- Luego de escuchar las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado examinador deliberó en privado la calificación de la Tesis/Trabajo de Suficiencia Profesional y su correspondiente defensa.
- Cada miembro del jurado examinador estableció individualmente su calificación de acuerdo al reglamento de grados y títulos.
- El Presidente del Jurado Examinador verificó la calificación de cada miembro y procedió a establecer la calificación en escala vigesimal con la siguiente mención: (Marcar el que corresponda a la calificación obtenida):

SOBRESALIENTE	20-18 (X)
MUY BUENO	17-16 ( )
BUENO	15-13 ( )
DESAPROBADO	< 13 ( )

Finalmente, el Presidente del Jurado invitó al/a los sustentante(s) para recibir la calificación obtenida.

El Jurado Examinador deja constancia con su firma, que el veredicto final de calificación de la Tesis presentado por el Bach. **CARLOS VICENTE NARVAEZ MONTOYA** es:

Dieciocho (18)



concluye el acto académico, siendo las 12:50 horas del mismo día.

Presidente: Dr. VICTOR JESÚS SAMILLÁN SOTO	
Primer Miembro: Mg. KAREN VENESSA QUIROZ CORNEJO	
Segundo Miembro: Mg. GUSTAVO ADOLFO ABAD FERNÁNDEZ	

## **Dedicatoria**

A mi madre, gracias por tu apoyo infinito e incondicional, por tener siempre la fuerza para superar las adversidades y seguir adelante. Dándome palabras de motivación a cada momento que me permitió terminar y crecer profesionalmente.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por darme la fortaleza de seguir adelante y no declinar a pesar de las adversidades.

Agradezco a quienes generosamente me han apoyado en la realización de esta investigación, especialmente a mi madre Silvia Adela Montoya Grau y a mis hermanas por siempre tener su apoyo.

Agradezco a mi asesora Dra. Bettit Salvá Ruiz por su gran apoyo, tiempo y dedicación durante el desarrollo de esta tesis.

A la Dra. Karen Quiroz, por tener la disposición en facilitar la información requerida, agradecer al Dr. Víctor Samillán Soto por sus enseñanzas en la etapa universitaria y al personal administrativo de la Universidad Le Cordon Bleu.

A la Dra. Alejandrina Sotelo Méndez por haberme brindado el apoyo con las instalaciones del laboratorio para realizar mi tesis.

Al Sr. Mauro Ayala, por sus enseñanzas en las investigaciones con animales.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD .....	II
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	3
2.2. Bases teóricas .....	6
2.2.1. Recurso Vegetal.....	6
2.2.2. Pseudocereales .....	6
2.2.3. Cañihua .....	7
2.2.4. Valor nutricional .....	8
2.2.5. Calidad de la proteína .....	10
2.2.6. Valor biológico .....	10
2.2.7. Características nutricionales de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	11

2.2.7.1. Proteínas vegetales.....	11
2.2.7.2. Polifenoles.....	12
2.2.7.3. Saponina.....	13
2.2.7.4. Fibra dietaría .....	13
2.3. Definición de términos .....	14
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.2. Materia prima .....	16
3.3. Equipos y Reactivos .....	16
3.3.1. Equipos .....	16
3.3.2. Reactivos.....	17
3.4. Métodos .....	17
3.4.1. Muestra seleccionada .....	17
3.4.2. Formulación de dietas para el análisis biológico de la harina precocida de cañihua.....	20
3.4.3. Análisis químico proximal.....	20
3.4.4. Análisis Biológicos .....	21
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Análisis proximal de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).....	28
4.2. Elaboración de la dieta de experimentación proteica y aprotéica.....	29



4.3. Evaluaciones biológicas.....	33
4.4. Digestibilidad de cañihua in vitro.....	35
4.5. Determinación de la ganancia de peso de las 2 dietas .....	36
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Taxonómica de la Cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	8
Tabla 2 Composición proximal de la cañihua .....	9
Tabla 3 Perfil de aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano de la cañihua .....	9
Tabla 4 Análisis proximal en composición porcentual de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	28
Tabla 5 Valor de la energía total en Kcal/100g de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	28
Tabla 6 Composición porcentual de cada alimento utilizado, para la formulación de la dieta proteica al 10 % .....	29
Tabla 7 Valor de la energía en Kcal/100g de la dieta proteica formulada al 10% de proteína para determinar la calidad de la proteína en la cañihua. ....	30
Tabla 8 Composición porcentual de cada alimento utilizado, para la formulación de la dieta aproteica.....	31
Tabla 9 Valor de la energía en Kcal/100g de la dieta aprotéica formulada.....	32
Tabla 10 Utilización Neta de Proteína (NPU).....	33
Tabla 11 Digestibilidad de la cañihua .....	35
Tabla 12 Comparación de medias de las dietas Proteica y Aprotéica mediante la prueba de t.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Semillas de Cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	7
Figura 2 Flujograma de obtención de la harina de Cañihua variedad cupi .....	19
Figura 3 Proceso del nitrógeno para cálculo de los indicadores de la calidad proteica .....	23
Figura 4 Flujograma del procedimiento de la determinación de la utilización neta de proteína (NPU).....	24
Figura 5 Dieta proteica formulada al 10% de proteína, elaborada con la harina de cañihua. ....	31
Figura 6 Dieta aprotéica formulada con gran fuente de carbohidratos.....	32
Figura 7 Contenido de nitrógeno en los canales del grupo proteico (cañihua) y aprotéica.....	34
Figura 8 Ganancia de peso de la dieta proteica y dieta aprotéica.....	38

## Resumen

El Perú es un país con gran variedad de recursos vegetales, como lo son los pseudocereales, los cuales contribuyen a una buena nutrición de la población. Por lo tanto, el objetivo principal del trabajo de investigación fue determinar la calidad y digestibilidad proteica de la cañihua. El estudio de investigación es de tipo experimental, para determinar las propiedades nutricionales se realizó el análisis proximal, la digestibilidad de la proteína in vitro, la utilización neta de proteína (NPU) mediante las pruebas biológicas en ratas, se realizó la investigación con 16 ratas divididas en 2 grupos: grupo proteico y grupo aprotéico de la cañihua precocida. Teniendo como resultado valores de humedad: 5,71%, proteína: 17,29%, grasa: 7,73%, fibra: 4,42%, ceniza: 3,38% y carbohidratos: 60,97%. Asimismo, la cañihua precocida presentó una utilización neta de proteína (NPU) de 74,33% y un porcentaje de digestibilidad por pepsina de 85,39 %, concluyendo que la cañihua tiene un contenido de proteína y porcentaje de digestibilidad, superior a otros granos andinos.

**Palabras claves:** Cañihua, calidad proteica, utilización neta de proteína, digestibilidad, análisis proximal.

## **Abstract**

Peru is a country with a great variety of plant resources, such as pseudocereals, which contribute to good nutrition of the population. Therefore, the main objective of the research work was to determine the quality and protein digestibility of cañihua. The research study is experimental, to determine the nutritional properties, the proximal analysis was carried out, the digestibility of the protein in vitro, the net protein utilization (NPU) through biological tests in rats, the research was carried out with 16 rats. divided into 2 groups: protein group and non-protein group of precooked cañihua. Resulting in humidity values: 5.71%, protein: 17.29%, fat: 7.73%, fiber: 4.42%, ash: 3.38% and carbohydrates: 60.97%. Likewise, precooked cañihua presented a net protein utilization (NPU) of 74.33% and a pepsin digestibility percentage of 85.39%, concluding that cañihua has a higher protein content and digestibility percentage than other grains andean.

**Keywords:** Cañihua, protein quality, usable protein nitrogen, digestibility, proximal analysis.

## I. Introducción

Hoy en día, se trata de consumir proteínas de alta calidad en la dieta diaria, especialmente para las personas que casi no consumen proteínas de origen animal y necesitan adquirir proteínas de cereales, legumbres y de diferentes granos. Incluso cuando la energía en estos alimentos es adecuada, los niveles insuficientes de aminoácidos esenciales (AAE) pueden ayudar a un aumento de las prevalencias de desnutrición. Una opción para combatir la deficiencia de AAE es buscar cereales con alto valor biológico (FAO,2010).

El valor biológico de una proteína se basa fundamentalmente en la composición de aminoácidos esenciales; conocida ésta es posible predecir, dentro de ciertas restricciones, su conducta en el organismo; para ello solo es necesario contar con un apropiado patrón de balance. El problema fundamental para seleccionar una norma reside en el hecho de que el valor biológico de una proteína no es constante, sino que influyen una serie de variantes entre las que se encuentran la especie, edad y el estado fisiológico (OPS, 1997).

La cañihua es uno de los pseudocereales menos estudiados y más nutritivos, su contenido e importancia en proteínas son excepcionalmente buenos (15-19%), además de tener micronutrientes como hierro y calcio (Repo-Carrasco, 2011).

La cañihua fue la base de la dieta Inca y actualmente es considerado un superalimento; crece en condiciones ambientales desfavorables a una altitud de 3200-4200 metros sobre el nivel del mar, en suelos con adecuada humedad y una buena expansión de sustancias orgánicas. Exhibe gran diversidad genética y tiene una considerable adaptabilidad a desafiantes áreas de bosques agrícolas de la sierra y mesetas. El valor nutricional de los granos andinos y su tolerancia a las heladas los convierten en cultivos estratégicos en seguridad alimentaria para un sistema productivo de alto riesgo (Rojas *et al.*, 2018).

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es pariente de la quinua, originaria de las altas montañas de los Andes de América del Sur. Su cultivo se concentra principalmente en las regiones montañosas de Perú y Bolivia. Da a la cultura una variedad de usos culinarios e industriales. La cañihua se adapta a condiciones agroclimáticas extremas, pudiendo prosperar en condiciones de

escasas precipitaciones (150 mm / año), y en suelos de baja fertilidad y alta salinidad. También aparece una variación genética significativa para la adaptación en una variedad de fenotipos. Hay que destacar que este cultivo es muy resistente al cambio climático y es característico de la agricultura familiar en las regiones mencionadas. Lo más importante para la comunidad agrícola es que tiene un alto valor nutricional y es un producto recomendado con gran potencial (Giménez *et al.*, 2017).

En términos de nutrición y dieta, la cañihua tiene un alto valor nutricional gracias a la cantidad de aminoácidos esenciales, que ayudan en el crecimiento y desarrollo de los organismos, mantienen la energía en el cuerpo, facilitan la absorción del cuerpo con diversos alimentos, constituye una comida completa y equilibrada (Rojas *et al.*, 2018).

El grano de cañihua no contiene saponina, por lo cual no es necesario lavarlo con agua, lo que permite su rápido procesamiento. Se utiliza en el sector alimentario como grano reventado y como grano molido del que se produce una harina sin impurezas que es consumida disuelta en una mezcla de leche, agua y azúcar. Asimismo, es utilizada para realizar preparaciones como mazamorra, sopas, guisos, bebidas calientes, etc. Actualmente, las plantas de cañihua se fomentan para la preparación de ensaladas, torrejas y gratinados; también se aprovechan en la alimentación animal, como forraje verde, heno o ensilaje (Rojas *et al.*, 2018).

Los aislados y concentrados de proteínas de origen vegetal representan un mercado en crecimiento, esto se debe principalmente a la seguridad, la alta biocompatibilidad, el valor nutricional, las preferencias del consumidor y el costo relativamente bajo en comparación con las proteínas de origen animal (Stone *et al.*, 2015).

Por lo tanto, en este contexto se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es la calidad y digestibilidad de la proteína de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)? Así mismo, como objetivo general es determinar la calidad y digestibilidad de la proteína de la cañihua, como objetivos específicos determinar la cantidad de la proteína de la cañihua mediante análisis proximal, determinar la utilización neta de proteínas (N.P.U) de la cañihua y determinar la digestibilidad *in vitro* de la proteína de la cañihua.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes de la investigación

OMS (2018) sostiene que, si bien la proteína de origen animal se caracteriza por su digestibilidad y alta calidad, su consumo se asocia a un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, siendo esta la causante de la mayoría de las muertes por enfermedades no transmisibles, que afectan a más de 17,9 millones de personas anualmente.

Qian *et al.* (2019) sustenta que la alimentación basada en plantas tiene las características por su consumo alto de alimentos vegetales y su restricción o poco consumo de productos de origen animal, por consiguiente se ha destacado sus beneficios para la salud, en estudios observacionales han demostrado que la adherencia a la misma se asoció con 23-30% menor riesgo de DM2.

En Perú, las proteínas de los pseudocereales es el segundo nutriente con mayor presencia frente a los carbohidratos, a diferencia de los cereales, la calidad de las proteínas es superior por el balance equilibrado de aminoácidos y la presencia de aminoácidos esenciales recomendados para niños y adultos, los granos de la cañihua presentan 12,8-15,7%, de esta manera incluir pseudocereales en la dieta , previene el sobrepeso y obesidad en las personas (CENAN, 2023).

Rojas (2010) menciona que la cañihua en comparación con cereales como el trigo, el maíz, la cebada, la avena y el arroz, tiene propiedades nutricionales muy importantes debido a la calidad y cantidad de proteínas (12,76-19%), grasas (2,11-14,50%), fibra (5,45 - 11,12%) y minerales (cenizas 3,12-5,77%). Estos valores pertenecen a valores altos y bajos basados en una base seca.

Schoenlechner (2017) señala que los productos sin gluten representan una mejora nutricional y una mejora en la calidad sensorial. Alrededor del 87% de los productos sin gluten están realizados de arroz, almidón o harina de maíz; sin embargo, el valor nutricional de los pseudocereales como la cañihua, la presencia de compuestos activos y el bajo contenido de prolaminas permiten incrementar la calidad de los productos sin gluten e



incluirlos en la dieta de la celiacía o intolerancia al gluten. En la actualidad, se utilizan en la elaboración de productos sin gluten como: cerveza, galletas, pan y pasta; sin embargo, la producción global de cañihua es mucho menor que la de arroz y maíz en el campo, la producción comercial de productos sin gluten que contienen pseudocereales es muy limitada y es del 1 al 4%.

Pérez *et al.*, (2016) señalan que la cañihua tiene una mayor cantidad de fibra que el amaranto y la quinua; hallándose la fibra insoluble cerca al 84,3%, lignina (6,8-8,0%) y cerca al 15,7% de fibra soluble. La variación en los genotipos, las condiciones de crecimiento y los métodos analíticos fueron factores que influyeron en los resultados encontrados en los estudios predictivos.

Casanave (2022) en su trabajo de investigación evaluó el aporte nutricional y digestibilidad proteica de la quinua blanca de Hualhuas, Kiwicha Centenario y Cañihua ILLPA Puno. Los cuales fueron cocidos, la quinua presentó resultados de ceniza 2,52, la proteína 12,44 y grasa de 1,35 por cada 100g de muestra y la germinada: ceniza de 4,05, la proteína 18,19 y grasa de 4,81. El promedio de digestibilidad fue de 81,43g/100g para quinua cocida y 79,93g/100g para germinada. La kiwicha presentó resultados de ceniza 3,21, la proteína 13,09 y grasa de 0,88 por cada 100g de muestra y la germinada: ceniza de 4,26, la proteína 16,38 y grasa de 2,98. El promedio de digestibilidad fue de 86,70g/100g para kiwicha cocida y 81,31g/100g para germinada. La cañihua presentó resultados de ceniza 3,47, la proteína 15,18 y grasa de 1,65 por cada 100g de muestra y la germinada: ceniza de 3,78, la proteína 12,23 y grasa de 3,09. El promedio de digestibilidad fue de 83,42g/100g para cañihua cocida y 84,19g/100g para germinada. Los resultados obtenidos de los pseudocereales germinados de quinua, kiwicha y cañihua aportarían un mejor valor nutricional en proteína, grasa y minerales, que los granos cocidos a excepción del caso de la proteína de la cañihua; para digestibilidad, los mejores resultados favorables son para la quinua y kiwicha, como además para la cañihua germinada.

En su artículo, Zegarra *et al.*, (2019) elaboraron un pan libre de gluten a base harina de cañihua y evaluaron su aceptabilidad sensorial, propusieron 3 formulaciones las cuales variaron los porcentajes de harina de cañihua (7,6%, 9,5% y 8,3%). La harina de cañihua con

la formulación de (8,3%), fue la más aceptable. La composición nutricional del pan de cañihua obtuvo resultado de proteínas (11,2%), grasa (11,2%) y fibra dietaria (4,74%). Por último, la harina de cañihua puede utilizarse para la producción de panes y es una opción adecuada para los consumidores celíacos.

Calizaya & Camones (2020) en su investigación que utilizaron pruebas biológicas (valor biológico, digestibilidad y balance nitrogenado) para evaluar la calidad proteica de las harinas de quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja en ratas Holtzman. El porcentaje de digestibilidad de las dietas a base de leguminosas fue ligeramente más alto, reportando 74,8% para la arveja y 79,2% para el tarwi, mientras que las dietas a base de cañihua, kiwicha y quinua presentaron el porcentaje de digestibilidad más bajo, 69,62%, 70,5% y 78,1%, respectivamente, en comparación con el grupo que recibió caseína (92,4%). El valor biológico de los pseudocereales fue del 62% al 66%, mientras que el de las leguminosas fue del 63% al 65%. Los animales que consumieron quinua y kiwicha también mostraron una tendencia a aumentar de peso. Concluyendo, la harina de quinua, cañihua y kiwicha tienen un contenido de proteína promedio; sobrepasan el porcentaje promedio de cereales en términos de digestibilidad proteica, pero se clasifica como baja. La harina de arveja y tarwi tenía un alto contenido de proteína, pero su digestibilidad proteica era baja, similar a la de los pseudocereales.

En su artículo Quispe *et al.* (2024) determinaron un diseño de matrices alimentarias que combinan las cualidades estructurales y físicas del arroz con la alta calidad proteica de la cañihua. Los granos de arroz de cañihua se trataron mediante un proceso de extrusión en caliente para producir formulaciones de 10% a 90% de harina de cañihua y 20% a 80% de harina de arroz, respectivamente. Los análisis fisicoquímicos revelaron que la adición de cañihua a los granos de arroz aumentó los contenidos proteicos en 8,8% y 10%, respectivamente, en comparación con el 7% de harina de arroz. Por último, las mezclas extruidas de cañihua y arroz crearon una nueva matriz alimentaria que podría usarse para mejorar la dieta de los consumidores de arroz.

Serena *et al.*, (2023) en su investigación examinó los efectos de la digestión gastrointestinal *in vitro* sobre la digestibilidad, la liberación de aminoácidos y la actividad

antioxidante de las proteínas de cañihua y amaranto. Se encontró que el amaranto tuvo una digestibilidad proteica más alta (79,19 %) que la cañihua (71,22 %). Además, la digestión intestinal facilitó la liberación de aminoácidos esenciales como la fenilalanina, la lisina y la leucina en ambos concentrados proteicos. Finalmente, se demostró que tanto las proteínas de amaranto, como de cañihua eran fáciles de asimilar y tenían propiedades antioxidantes poderosas, lo que destaca sus potenciales beneficiosos para la salud.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. *Recurso Vegetal***

Las plantas terrenales también forman parte de la dieta humana, aportando energía y nutrientes necesarios para la vida. Aunque las proteínas vegetales son relativamente más baratas y más abundantes que las proteínas animales, el uso directo de las proteínas vegetales terrestres en la dieta humana normal es todavía muy limitado. Actualmente, la mayoría de las proteínas vegetales se utilizan como alimento para animales, de esta manera producir proteínas animales funcionales a partir de leche, huevos y carne (Day, 2013).

La evidencia en lo habitual, muestra que los alimentos de origen vegetal tienen un menor impacto ambiental por unidad de ración, peso, gramo de proteína o energía, que los alimentos de origen animal, por lo que comer más alimentos de origen vegetal traerá mayores beneficios que los alimentos de origen animal, no sólo por la salud sino también por el medio ambiente (Willett *et al.*, 2019).

### **2.2.2. *Pseudocereales***

FAO (2015) estima que en el 2050 la población mundial alcanzará los 9,700 millones de personas y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura reclama los cereales como recurso clave para garantizar la seguridad alimentaria, una realidad y una descripción de la situación mundial es inimaginable, donde todos, en todo momento, tengan acceso físico y económico para alimentos adecuados, inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades nutricionales y preferencias alimentarias, ayudándoles a llevar una vida activa y saludable .

La proteína de pseudogranos se considera uno de los macronutrientes más importantes de la dieta humana porque contiene la mayor cantidad de aminoácidos esenciales (Janssen *et al.*, 2016).

Asimismo, cabe señalar que la digestibilidad *in vitro* de los pseudogranos es relativamente alta, superando el 70%, por lo que estas proteínas pueden considerarse valiosas y proporcionar complementos dietéticos adecuados (Chauhan & Kanwar, 2019).

### **2.2.3. Cañihua**

Es una planta que crece a una altura de 4200 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 13-19 °C y temperatura mínima de 5-10 °C, gracias a su excelente tolerancia a las bajas temperaturas, se encuentra en la región Puno (Suní y Puna). Es una planta herbácea ramificada, de 50 a 60 cm de altura. Tiene un período vegetativo de 140 a 160 días, por su forma puede ser erecta (Saihuas) o ramificada (Lastas), por el color de sus semillas puede ser crema, granate, rosa, rojo, gris, amarillo y naranja (Apaza Vidal, 2010).

Se evaluaron las semillas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la variedad Cupi, perteneciente a la región Puno. En la Figura 1 se presenta una vista de las semillas de cañihua empleadas en el experimento.

#### **Figura 1**

*Semillas de Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*



En términos de clasificación taxonómica, la descripción correspondiente se proporciona en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación Taxonómica de la Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*

Taxon	Categoría
Reino	Vegetal
División	Angiospermophyta
Clase	Dicotyledoneae
Sub clase	Archichlamydeae
Orden	Centrospermales
Familia	Chenopodiáceae
Genero	Chenopodium
Especie	<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen

*Fuente:* INIA (2010)

#### **2.2.4. Valor nutricional**

La calidad proteica de la cañihua, en unión con el buen contenido de carbohidratos que son alrededor de 60% y grasas vegetales de alrededor del 8 %, es muy alta nutritivamente (Repo-Carrasco *et al.*, 2003), como se puede observar en la Tabla 2, donde se detalla la composición proximal de la cañihua.

**Tabla 2***Composición proximal de la cañihua*

Parámetros	Unidad	Contenido
Humedad	(g/100 g)	12,40
Proteína total	(g/100 g)	14,00
Grasa	(g/100 g)	4,50
Ceniza	(g/100 g)	5,10
Carbohidratos totales	(g/100 g)	64,00

*Fuente:* Tablas peruanas de composición de alimentos (2017)

La cantidad de aminoácidos esenciales lisina, metionina, treonina y triptófano de la cañihua son detallados en la Tabla 3.

**Tabla 3***Perfil de aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano de la cañihua*

Aminoácidos	Contenido (g/100 g de proteínas)
Lisina	5,9
Metionina	1,6
Treonina	4,7
Triptófano	0,9

*Fuente:* FAO (1972)

FAO (1972) menciona que calcular el índice de los aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en las proteínas de los granos andinos; al compararlos con los cereales (déficits en lisina y treonina) y las leguminosas (déficits en aminoácidos azufrados: metionina y cistina), se encuentra que estos aminoácidos son más abundantes en las proteínas de los granos andinos. Esto indica

que la combinación de cereales y leguminosas puede mejorar el Cómputo Aminoacídico (relación entre los mg de aminoácidos en 1g de nitrógeno de la proteína del alimento estudiado y los mg de aminoácidos en 1g de nitrógeno de la proteína de referencia) y la Calidad Biológica de la proteína de la mezcla.

#### **2.2.5. Calidad de la proteína**

Los expertos de la FAO / OMS han identificado una evaluación de los pros y los contras de los métodos alternativos para evaluar la calidad de las proteínas y la investigación adicional basada en las necesidades emergentes y los nuevos avances científicos. Asimismo, buscaron similitudes en la digestión de alimentos de humanos y ratas, lo que indica que el balance de nitrógeno en ratas es el método recomendado y más práctico para predecir la digestión de proteínas en humanos (FAO & FINUT, 2017).

También se menciona que la calidad de las proteínas alimentarias sólo puede determinarse verdaderamente mediante ensayos de alimentación, pero ahora se sabe lo suficiente sobre el proceso de digestión de las proteínas y los efectos de los diferentes métodos de procesamiento para poder hacer predicciones bastante precisas (Coulter, 2007).

#### **2.2.6. Valor biológico**

Se menciona como el porcentaje de nitrógeno retenido en comparación con el nitrógeno absorbido y luego se calcula como 100. Para lograr esto, los animales en crecimiento (generalmente ratas después del destete) son alimentados con una dieta donde la única fuente de nitrógeno es la proteína es dificultosa y al mismo tiempo niveles más bajos. El nivel por debajo del operador determina la cantidad de nitrógeno excretado en las heces y la orina. Se realizó una prueba preliminar para calcular la cantidad de nitrógeno endógeno excretado en heces y orina con el fin de corregir los valores obtenidos para las proteínas (Mataix, 2013).

Asimismo, el valor biológico es alto cuando la proporción de aminoácidos esenciales puede cumplir con los requerimientos de nitrógeno y aminoácidos para el crecimiento,

formación y reparación de tejidos, considerando los requerimientos proteicos de los niños mayores de un año. Otro factor para evaluar la calidad es la digestibilidad de las proteínas (British Journal of Nutrition,2012).

La digestibilidad aparente es una medida de la utilización de los alimentos y del metabolismo en el sistema digestivo en sustancias muy vitales para la alimentación (FAO, 1994).

### **2.2.7. Características nutricionales de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)**

Garantiza la seguridad alimentaria de la población y la proporciona a los consumidores alimentos más nutritivos. Estos datos ayudaron a crear tablas y bases de datos, un grupo de información centrado en el desarrollo de directrices, recomendaciones dietéticas para establecer la ingesta diaria, además de la necesaria en etiquetado del producto, pueden variar dependiendo de varios factores como el medio ambiente, hábitos de almacenamiento, biodiversidad y consumo (FAO, 2021).

Según sus características nutricionales:

#### **2.2.7.1. Proteínas vegetales**

La disposición para el aprovechamiento de proteínas vegetales ha impulsado el desarrollo de procesos de obtención y mejora mediante la producción de concentrados y aislados proteicos (Lqari *et al.*, 2002).

De esta forma los cereales son una buena fuente de proteínas vegetales que juegan un papel fundamental en la nutrición. En general, las propiedades funcionales de estas proteínas están determinadas por su singularidad molecular, estructura y propiedades fisicoquímicas. Las investigaciones llevan décadas trabajando para optimizar su extracción a partir de siete fuentes naturales, modificar sus estructuras moleculares para mejorar su funcionalidad, determinar las bases moleculares de su funcionalidad y solucionar su contribución a la calidad de determinados alimentos (Liquiang *et al.*, 2018).



Asimismo, la kiwicha, la quinua y la cañihua son granos de América del Sur, donde se han mantenido como materia prima básica desde la época prehispánica, tanto por la cantidad y calidad de su proteína (equivalente a la caseína), como en relación con su valor nutricional, su alto contenido en fibra y compuestos bioactivos (Yadav, 2017).

De otra parte, la enfermedad celíaca (EC) es un padecimiento consecuente de carácter inmunológico, comienza por el consumo de gluten y de otras prolaminas relacionadas (secalinas, hordeínas y posiblemente aveninas) que se da en personas genéticamente predispuestos por los antígenos leucocitarios humanos (HLA). Sociedad Europea de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición pediátrica (ESPGHAN,2020). Además, surge de la relación del gluten, una agrupación de proteínas que se encuentran en ciertos cereales como el trigo, la cebada y el centeno, con factores inmunológicos, genéticos y ambientales. La enfermedad celíaca es una enfermedad autoinmune crónica del intestino delgado que se aumenta en personas con predisposición genética. La enfermedad se caracteriza por una mezcla variable de síntomas clínicos relacionados con el gluten, anticuerpos característicos de la enfermedad celíaca, haplotipos HLA DQ2 y DQ8 y enteropatía (Milde *et al.*, 2009).

Una dieta sin gluten es el mejor régimen para las personas con intolerancia al gluten, en la población de Estados Unidos, 1 de cada 14 personas tiene alergia al trigo, intolerancia al gluten o enfermedad celíaca, de esta forma eligen una dieta libre de gluten y consumen alimentos que tengan un buen perfil nutricional, siendo pseudocereales como el amaranto y la quinua, alimentos que son parte de su dieta (Woomer & Adedeji, 2020).

#### **2.2.7.2. Polifenoles**

Los polifenoles son metabolitos secundarios de los alimentos, su principal característica estructural es que tiene uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos de benceno, son principalmente conocidos por sus propiedades antioxidantes y beneficiosas para la salud (Martínez, 2015).

Los polifenoles son metabolitos vegetales secundarios biológicamente activos que se encuentran en alimentos de origen vegetal, hay tres tipos principales de polifenoles que son:

flavonoides, ácidos fenólicos y taninos que actúan como poderosos antioxidantes, en el laboratorio se considera que estos compuestos tienen efectos beneficiosos sobre la salud, como la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular, cáncer, enfermedades neurodegenerativas, diabetes y osteoporosis (Repo-Carrasco *et al.*, 2010).

En la investigación de Repo-Carrasco *et al.*, (2009) la cañihua tiene muy alta capacidad antioxidante y buena fuente de compuestos fenólicos, la parte externa de la cañihua tiene un gran contenido de compuestos fenólicos.

#### **2.2.7.3. Saponina**

La saponina es un compuesto antinutricional, tiene una estructura compleja que consta de un núcleo esteroide hidrófobo y una porción hidrófila de unidades de monosacáridos, que son glucósidos que determinan en gran medida el sabor amargo de ciertos alimentos, como las semillas de soja cruda y la quinua, además las saponinas tienen baja actividad antinutricional (Elizalde *et al.*, 2009).

La cañihua es una especie que produce semillas alimenticias a partir de plantas pequeñas de no más de 50 a 60 cm, pariente de la quinua, es botánicamente distinta, es diploide (la quinua es tetraploide) y no contiene saponinas en sus semillas (Tapia *et al.*, 1979).

Cabe señalar que, aunque esto se ha creído no hay saponinas en cañihua, descubrió siete triterpenos (saponinas) en las semillas de cañihua, sin embargo, este contenido aún es bajo, por eso no tiene sabor amargo como la quinua (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

#### **2.2.7.4. Fibra dietaría**

Son sustancias derivadas provenientes de las verduras, carbohidratos y sus derivados, excepto la lignina, que es resistente a la hidrólisis enzimática tracto gastrointestinal humano y de esa manera llega intacto al colon donde algunos de ellos

pueden ser hidrolizados y fermentados debido a bacterias intestinales (Escudero & González, 2006).

Una ingesta elevada de fibra dietética reduce el uso de nutrientes, incluidas las proteínas, se ha demostrado que las dietas ricas en fibra aumentan la excreción de nitrógeno fecal al disminuir la digestibilidad del nitrógeno dietético en humanos y animales de laboratorio, esta investigación ha examinado el efecto de la fibra sobre la digestibilidad del nitrógeno y otros nutrientes; verificando que tanto el nivel como las características fisicoquímicas de la fibra, como la solubilidad y la absorción de agua, contribuyan a la digestión (Falcón *et al.*, 2011).

Hoy en día, las personas prestan cada vez más atención no sólo al contenido de fibra cruda sino también a la fibra soluble o total porque tiene buenos efectos sobre la digestión, especialmente la capacidad de absorber agua, absorber cationes y sintetizar materia orgánica y formación de gel (FAO,2000). Descubrieron que la cañihua también se caracteriza por su alto contenido en fibra, especialmente la parte insoluble (Repo-Carrasco *et al.*, 2009)

### 2.3. Definición de términos

**Proteína:** La proteína es el principal componente estructural y funcional de las células, tiene muchas funciones importantes en el cuerpo, desde la catálisis (enzimas) hasta las funciones motoras del cuerpo (actina, miosina), incluida su función mecánica (elastina, colágeno), transporte y almacenamiento (hemoglobina, mioglobina, citocromos), protección (anticuerpos), regulación (hormonas), etc. (Gil, 2005).

**Digestibilidad:** La digestibilidad es la base de los métodos de evaluación de alimentos, es la fracción de alimento consumida que no aparece en las heces y por lo tanto se absorbe en el tracto gastrointestinal (Stein *et al.*, 2007).

**Digestibilidad aparente:** Normalmente los valores de digestibilidad obtenidos son valores aparentes, mostrado en las heces las contribuciones metabólicas y endógenas resultan de enzimas, células epiteliales, células microbianas y metabolitos que alcanzan la luz intestinal (Stein *et al.*, 2007).

**Digestibilidad verdadera:** La información más aproximada sobre el uso real de los nutrientes por parte del animal, se establece el concepto de digestibilidad real para los cuales se tienen en cuenta los valores endógenos en los cálculos, porque se ha identificado que parte de los nutrientes de las heces provienen de animales y no son restos de comida (Maynard, 1986).

**Valor biológico:** El Valor Biológico mide la cantidad de nitrógeno retenido, en comparación con la cantidad de nitrógeno absorbido (González, 2006).

**Pseudocereal:** La palabra pseudocereal une cereal y el prefijo pseudo que expresa falso o similar (Fletcher, 2016).

**Gluten:** Se trata de un conjunto de proteínas producidas de forma natural en la cebada, el trigo, el centeno y diversos cereales híbridos (FDA, 2018).

**Aminoácidos:** Los aminoácidos son componentes esenciales de las proteínas que forman los tejidos, las enzimas y otros compuestos esenciales del cuerpo (sangre, hormonas, anticuerpos, material genético, etc), las estructuras de aminoácidos que exhiben al menos un grupo amino que contiene nitrógeno e hidrógeno (-NH<sub>2</sub>) y otro grupo carboxilo que contiene carbono, oxígeno e hidrógeno (-COOH) se denominan ácidos orgánicos, estos grupos están unidos por una cadena lateral que consta mayoritariamente de átomos de carbono y su estructura es específica para cada aminoácido, por lo que se pueden distinguir entre sí (Lehninger *et al.*, 1993).

**Nutrición Humana:** Es una serie de etapas fisiológicas y mecánicas que los humanos utilizan para obtener de los alimentos los nutrientes necesarios para obtener energía y otros procesos metabólicos (CENAN, 2019).

**Macronutriente:** Se trata de nutrientes que el organismo necesita en grandes cantidades debido a diversas funciones del organismo y a las moléculas intermedias que se forman a partir de ellos: proteínas, carbohidratos y grasas (Martínez & Pedrón, 2016).

**Antinutriente:** Se trata de compuestos naturales o sintéticos que inhiben el mecanismo metabólico del cuerpo de muchas maneras diferentes, especialmente la digestión, limitando la

capacidad de utilizar los nutrientes de los alimentos; por lo tanto, su valor nutricional se reduce (Saldaña, 2018).

**Nutrición:** Es un proceso involuntario que realiza nuestro organismo, que incluye un conjunto de procesos: absorción, digestión, transporte, metabolismo y excreción de sustancias contenidas en los alimentos (Ascencio, 2018).

### **III. Metodología**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Los análisis de composición química fueron realizados en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (L.E.N.A.) perteneciente al Departamento de Nutrición de la facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El proceso de investigación de los animales experimentales se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos (Bioterio) perteneciente al Departamento de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### **3.2. Materia prima**

Se trabajó a partir de las semillas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), de la variedad Cupi, perteneciente a la región Puno, a una altitud de 4200 m.s.n.m.

#### **3.3. Equipos y Reactivos**

##### **3.3.1. Equipos**

- Balanza digital marca SARTORIUS CP 324S (capacidad máxima 1 kg, precisión = 0,0001 g) – Alemania.
- Estufa marca BINDER ED 720 – Alemania.
- Horno Mufla Thermconcept KLS 03/10 – Alemania.
- Digestor Kjeldahl LABCONCO – Alemania.
- Destilador Kjeldahl.

- Extractor Soxhlet.
- Baño María marca WITEG WSB – Alemania.

### 3.3.2. *Reactivos*

- Hidróxido de sodio marca BAKER, J.T. Baker 99% concentración.
- NaOH Solución 1,25%.
- Ácido sulfúrico marca MERK 98% concentración.
- Solución H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25%.
- Ácido clorhídrico marca MERK 98% concentración.
- Ácido clorhídrico 0,05 N.
- Sulfato de potasio marca BAKER, J.T. Baker 98-100 % concentración.
- Sulfato de cobre marca BAKER, J.T. Baker 99 % concentración.
- Catalizador (Sulfato de potasio + sulfato de cobre).
- Verde bromocresol marca MERK 99% concentración.
- Rojo de metilo marca MERK 99% concentración.
- Ácido bórico (verde bromocresol + rojo de metilo).
- Hexano marca MERK 99% concentración.
- Pepsina marca Sigma-Aldrich 99,9% concentración.

## 3.4. Métodos

### 3.4.1. *Muestra seleccionada*

En el trabajo de investigación se utilizó los granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la variedad Cupi de la región Puno, Perú.

#### a) Selección

La selección implicó separar todos los granos que muestren signos evidentes de deterioro. Esta operación se realiza manualmente.

**b) Lavado**

El lavado se realizó para eliminar cualquier tipo de materia extraña que pueda estar presente en las semillas. Se utilizó agua potable fría para este fin.

**c) Precocción**

Los granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) fueron precocidos, se llevó a cabo empleándose el método convencional, empleándose una cocina y una olla de acero inoxidable, se trabajó con una relación de agua: grano de 3:1 y un tiempo de 12-15 minutos a 100 °C.

**d) Secado**

Las semillas se colocaron en una secadora de bandeja y se secaron a 50°C durante 24 h para eliminar la humedad del alimento.

**e) Molienda**

Las semillas secas se muelen gradualmente en un molino hasta obtener un polvo fino. El polvo obtenido se almacenó en una bolsa plástica sellada a temperatura ambiente para su posterior análisis proximal.

**f) Tamizado**

Se tamizó para separar partículas de diferentes tamaños pasándolas a través de un tamizador de malla fina. Durante este proceso, las partículas pequeñas pasan a través de los orificios del filtro mientras que las partículas más grandes quedan retenidas.

**g) Envasado**

Luego se envasó la harina de cañihua obtenida y se almacenó a temperatura ambiente.

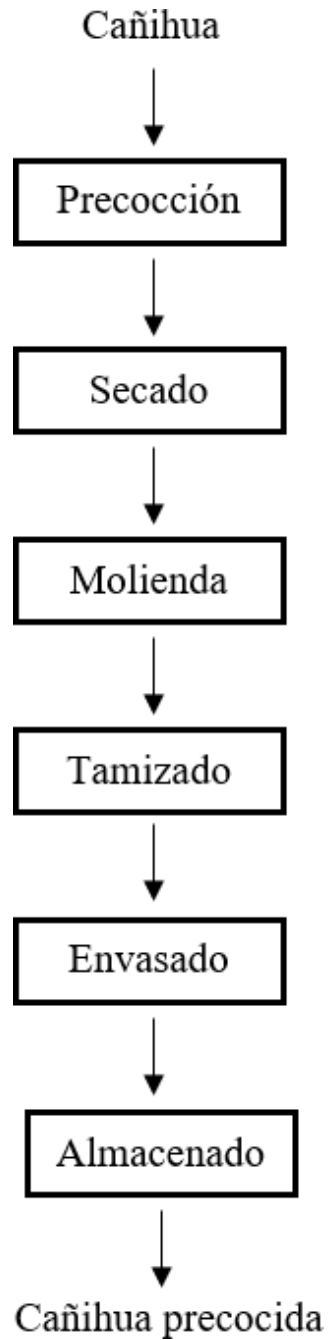
**h) Almacenado**

El producto terminado se almacena a temperatura ambiente para preservar su vida útil.

En la Figura 2 se describe los pasos del proceso establecido de la harina precocida de cañihua.

**Figura 2**

*Flujograma de obtención de la harina de Cañihua variedad cupi.*





### **3.4.2. *Formulación de dietas para el análisis biológico de la harina precocida de***

#### ***cañihua***

##### **a) Dieta proteica**

Se formuló una dieta en base a proteína de la harina de la cañihua, en esta dieta se consideró un aporte del 10% de proteína, 4% de sales minerales, 5% vitaminas, 9% grasa, 67% almidón de maíz y 5% fibra. La dieta elaborada aportó entre 375-400kcal en 100g de muestra.

##### **b) Dieta aprotéica**

Para la dieta no proteica se consideró un aporte del 0,03% de proteína, 4% de sales minerales, 5% vitaminas, 9% grasa, 77% almidón de maíz y 5% fibra. La dieta elaborada aportó entre 375-400kcal en 100g de muestra.

### **3.4.3. *Análisis químico proximal***

##### **a) Humedad: AOAC (2005), 950.46.**

Este método se basa en determinar la gravimétrica de la variación de masa, mientras se seca una cantidad determinada de la muestra en una estufa de aire, durante 16 a 18 horas, a  $105 \pm 3$  °C, hasta obtener un peso constante. La materia seca es el residuo que queda después del secado, y la diferencia de masa se debe a la pérdida de agua y volátiles a medida que se evaporan a esta temperatura.

##### **b) Proteína: Total AOAC (2005), 984.13.**

Se utilizó el método micro-kjeldhal, para ello se pesa aproximadamente 0,5 gramos de muestra en un tubo del mismo nombre de 50 ml, añadiendo luego 2,5 ml, de ácido sulfúrico concentrado, esto se lleva a una plancha de arena hasta solución incolora, se deja enfriar y se destila con hidróxido de sodio al 40 % en un volumen de aproximadamente de 15 ml, el destilado se recibe en un matraz de 100 ml conteniendo 5 ml de indicador para proteínas (ácido bórico, rojo de metilo y verde de bromo cresol) hasta un cambio de color rojo a verde, lo cual indica que finalizó el proceso de destilación. Por último, se valora con una solución de ácido clorhídrico de concentración 1N, hasta un cambio de color rojo. Se calcula el contenido de nitrógeno y se multiplica por el factor 6,25 para expresar el porcentaje de proteína.

**c) Grasa: AOAC (2005), 2003.05.**

El contenido de lípidos totales de la muestra se determinó mediante el método de extracción en el aparato Soxhlet, utilizando hexano como disolvente, del cual se utilizaron 3 g.

**d) Fibra Cruda: AOAC (2005), 962.09.**

Se utilizó 3g, de muestra y desgrasada y se determinó la fibra cruda por hidrolisis acida y alcalina permitiendo la liberación de compuestos solubles.

**e) Ceniza: AOAC (2005), 942.05.**

Representa la materia orgánica residual de la muestra y se obtuvo colocando 2 g de la muestra en un crisol de cerámica y calentándola en un horno a 600 °C durante 4 h. La ceniza se obtiene por peso del material restante.

#### **3.4.4. Análisis Biológicos**

Se realizó el método de utilización neta de proteína (NPU) con el manual de Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) UNALM, para el ensayo se utilizó 16 ratas macho de la raza Holtzman provenientes de camadas diferentes, de 21-23 días de nacidos y con pesos homogéneos (122-123g). Las ratas fueron colocadas en jaulas con sus respectivos comederos y bebederos, donde a un grupo de 8 ratas se les asignó la dieta experimental y al otro grupo, la dieta no proteica.

El experimento tuvo una duración de 21 días, los primeros días fueron de acostumbramiento con registro del consumo diario de alimento y el peso de cada rata. Al finalizar el periodo de acostumbramiento, se acondicionaron los animales en sus jaulas respectivas. Finalmente, se suministró a los animales de cada grupo, de 15-20g de la dieta experimento y de la dieta no proteica según corresponde. Se registró el peso de cada rata, así como el peso del alimento consumido (obtenido de la diferencia entre el alimento ofrecido, menos el residuo y el desperdicio). Cabe señalar que el residuo corresponde al alimento que queda en el comedero y el desperdicio resulta ser el alimento que cae en el piso de la jaula.

Una vez culminado el experimento, se sacrificaron los animales para luego ser colocados en la estufa a 105°C por 24 horas, para posteriormente moler la canal de cada animal y poder analizar el nitrógeno corporal.

Con los datos obtenidos de laboratorio, se determinó la utilización neta de proteína (NPU) mediante la siguiente formula:

$$\text{Utilización neta de proteína (NPU)} = \frac{B - BK + IK}{I} \times 100$$

Donde:

**B:** Nitrógeno en canales de animales alimentados con la dieta de prueba (con proteína)

**BK:** Nitrógeno corporal de animales en dieta (aproteica)

**IK:** Nitrógeno consumido por el grupo con dieta (aproteica)

**I:** Nitrógeno consumido por el grupo con dieta (con proteína).

**a) Nitrógeno consumido**

Para determinar el valor NPU de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), se hallaron los pesos de: nitrógeno consumido de la dieta proteica (**I**) y el nitrógeno consumido de la dieta aprotéica (**IK**).

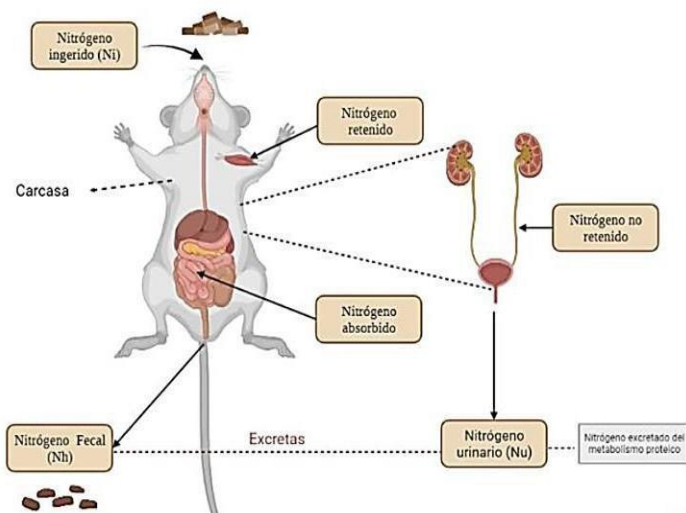
**b) Nitrógeno en canal**

Para determinar el valor NPU de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), se hallaron las cantidades de nitrógeno contenidos: en los canales de las ratas que consumieron la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) (**B**) y en las canales de las ratas que consumieron la dieta aprotéica (**BK**).

En la Figura 3 se observa como referencia la alimentación de las ratas Holtzman, en la cual evaluaremos el nitrógeno ingerido y el nitrógeno retenido.

### Figura 3

*Proceso del nitrógeno para cálculo de los indicadores de la calidad proteica*



*Fuente:* Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) UNALM

En la Figura 4 se describe los pasos del proceso establecido para la determinación de la evaluación de la utilización neta de proteína NPU en ratas Holtzman.

#### Figura 4

*Flujograma del procedimiento de la determinación de la utilización neta de proteína (NPU)*

#### DETERMINACIÓN DE LA UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA (NPU)



### 3.4.5. Digestibilidad por pepsina

Se pesó 1g de la muestra para la actividad enzimática, se filtra el líquido resultante en papel filtro, reteniendo la fracción insoluble y con la muestra que queda retenida se le realiza la proteína por método Kjeldahl (Análisis de Piensos y Forrajes Max Becker, 1961).

Para calcular la digestibilidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{Digestibilidad} = \frac{(\text{g proteína residual sin pepsina} - \text{g proteína residual con pepsina}) \times 100}{\text{g proteína residual sin pepsina}}$$

### 3.4.6. Diseño estadístico

En la investigación, se realizó una comparación de la ganancia de peso, de la dieta proteica y la dieta apteica. Para los tratamientos se utilizó la prueba de t para la comparación de dos medias; esta prueba se basa en la distribución de t Student. Se utilizó el programa Excel para este tipo de análisis.

La hipótesis a probar fue:

$$H_0: \mu_A = \mu_B$$

$$H_a: \mu_A \neq \mu_B$$

$H_0$ : la relación de la ganancia de peso difiere para las dos dietas.

$H_a$ : la relación de la ganancia de peso no difiere para las dos dietas.

Nivel de significancia = 0,05

Antes de realizar la prueba de t se realizó la prueba de hipótesis de homogeneidad de varianzas.

$$H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$$

$$H_a: \sigma_A^2 \neq \sigma_B^2$$

$F_{1-\frac{\alpha}{2}} < \frac{S_A^2}{S_B^2} < F_{\frac{\alpha}{2}}$  No se rechaza  $H_0$  si se cumple el siguiente evento:

En donde:

$$F_{1-\frac{\alpha}{2}}, F_{\frac{\alpha}{2}}$$

Son los valores tabulares de la distribución F para  $[(n_A - 1), (n_B - 1)]$  grados de libertad

**Caso 1: si se acepta la  $H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$  se utilizó la siguiente prueba**

**estadística**

$\sigma_1^2, \sigma_2^2$  son desconocidas pero homogéneas:

$$t_{\text{calculado}} = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{S_{X_A - X_B}}$$

$$S_{X_A - X_B}^2 = S_p^2 \left( \frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)$$
$$S_p = \frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{(n_A - 1) + (n_B - 1)}$$

En la tabla de t se debe buscar el t tabular y calcular los valores de  $t_1$  y  $t_2$

$$t_1 = -t_{(\alpha/2, (n_A + n_B - 2)gl)}$$

$$t_2 = t_{(\alpha/2, (n_A + n_B - 2)gl)}$$

Una vez que se tenga el  $t_{\text{calculado}}$

Se acepta  $H_0$  si  $t_1 \leq t_{\text{calculado}} \leq t_2$

se rechaza  $H_0$  si  $t_{\text{calculado}} > t_2$  o  $t_{\text{calculado}} < t_1$

**Caso 2: si se rechaza la  $H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$  se utiliza la siguiente prueba**

**estadística:**

$\sigma_1^2, \sigma_2^2$  son desconocidas pero heterogéneas:

$$t'_{\text{calculado}} = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{S_{\bar{X}_A - \bar{X}_B}} \quad S_{\bar{X}_A - \bar{X}_B}^2 = \frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}$$

Tiene una distribución que es aproximadamente una distribución t con grados de libertad dado por:

$$v = \frac{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)^2}{\frac{(S_A^2/n_A)^2}{n_A + 1} + \frac{(S_B^2/n_B)^2}{n_B + 1}} - 2$$

En la tabla de t se buscó el t tabular y calculó los valores de  $t_1$  y  $t_2$

$$t_1 = -t_{(\alpha/2, v)}$$

$$t_2 = t_{(\alpha/2, v)}$$

Una vez que se calculó el  $t'_{\text{calculado}}$

Se aceptó  $H_0$  si  $t_1 \leq t'_{\text{calculado}} \leq t_2$

se rechazó  $H_0$  si  $t'_{\text{calculado}} > t_2$  o  $t'_{\text{calculado}} < t_1$



## IV. Resultados y Discusión

### 4.1. Análisis proximal de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Los resultados promedio referentes al análisis proximal (carbohidratos, proteínas, grasa, humedad, fibra y cenizas) en composición porcentual realizado en la muestra de cañihua y respectivamente su desviación estándar se evidencian en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Análisis proximal en composición porcentual de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)*

Parámetros	Unidad	Resultado
Humedad	%	5,71 ± 0,01
Proteína total	%	17,29 ± 0,03
Grasa	%	7,73 ± 0,02
Fibra	%	4,42 ± 0,02
Ceniza	%	3,88 ± 0,01
Carbohidratos totales	%	60,97
Total	%	100.00

Los resultados referentes al análisis proximal (carbohidratos, proteínas y grasa) en valor de la energía total en Kcal/100g realizado en la muestra de cañihua se evidencian en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Valor de la energía total en Kcal/100g de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)*

Parámetros	Unidad	Resultado
Proteína total	Kcal/100g	69.16
Grasa	Kcal/100g	69.57

Carbohidratos totales	Kcal/100g	243.88
Energía Total	Kcal/100g	382,61

Con respecto a los carbohidratos totales muestran un valor de 60,97%, valores similares a lo reportado por Repo-Carrasco *et al.* (2003). Por otro lado, la proteína total es de 17,29%, la cual tiene similitud mencionado por Repo-Carrasco & Encina (2008) quienes reportan que la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) presenta un alto contenido de proteínas (15-19%), posee una síntesis de aminoácidos de primera línea, siendo particularmente rica en lisina (5-6%). La cantidad de la proteína, en conjunto con un contenido de carbohidratos del 60% y aceites vegetales del orden del 8%, hacen de la cañihua un alimento elevadamente nutritivo.

#### 4.2. Elaboración de la dieta de experimentación proteica y apteica

##### a) Dieta proteica

Para la elaboración de la dieta proteica el alimento principal que es la cañihua debe tener en alrededor 14 a 15 % de proteína como mínimo, pero los resultados obtenidos fue 17,29 % de proteína y de esa manera realizar la formulación de la dieta.

La Tabla 6 evidencia la elaboración de la dieta proteica, con la estandarización de proteína al 10 %.

**Tabla 6**

*Composición porcentual de cada alimento utilizado, para la formulación de la dieta proteica al 10 %.*

Ingredientes	Proteína (%)	Unidad (%)
Cañihua	10,00	57,84
Maicena	0	10,16
Azúcar	0	9,00

Grasa	0	9,00
Fibra	0	5,00
Vitaminas	0	5,00
Minerales	0	4,00
Total	10,00	100

La Tabla 7 evidencia el valor de la energía en Kcal/100g de la elaboración de la dieta proteica, con la estandarización de proteína al 10 %. Asimismo, la Figura 5, muestra la dieta proteica.

**Tabla 7**

*Valor de la energía en Kcal/100g de la dieta proteica formulada al 10% de proteína para determinar la calidad de la proteína en la cañihua.*

Ingredientes	Unidad	Resultado
Cañihua	Kcal/100g	221,53
Maicena	Kcal/100g	40,64
Azúcar	Kcal/100g	36,00
Grasa	Kcal/100g	81,00
Fibra	Kcal/100g	0,00
Vitaminas	Kcal/100g	0,00
Minerales	Kcal/100g	0,00
Total	Kcal/100g	379,17

### Figura 5

*Dieta proteica formulada al 10% de proteína, elaborada con la harina de cañihua.*



### b) Dieta aprotéica

Para la elaboración de la dieta aprotéica, no tuvo fuente proteica y el mayor porcentaje de fuente calórica se obtuvo de carbohidratos como la maicena y azúcar.

La Tabla 8 evidencia la elaboración de la dieta aprotéica, la cual no tiene ningún contenido de proteína.

**Tabla 8**

*Composición porcentual de cada alimento utilizado, para la formulación de la dieta aprotéica.*

Ingredientes	Proteína (%)	Unidad (%)
Maicena	0	52,50
Azúcar	0	25,00
Grasa	0	8,00
Fibra	0	5,50
Vitaminas	0	5,00
Minerales	0	4,00

Total	0	100,00
-------	---	--------

La Tabla 9 evidencia el valor de la energía en Kcal/100g de la elaboración de la dieta apteica. Asimismo, la Figura 6, muestra la dieta apteica.

**Tabla 9**

*Valor de la energía en Kcal/100g de la dieta apteica formulada*

Ingredientes	Unidad	Resultado
Maicena	Kcal/100g	210,00
Azúcar	Kcal/100g	100,00
Grasa	Kcal/100g	72,00
Fibra	Kcal/100g	0,00
Vitaminas	Kcal/100g	0,00
Minerales	Kcal/100g	0,00
Total	Kcal/100g	382,00

**Figura 6**

*Dieta apteica formulada con gran fuente de carbohidratos.*



### 4.3. Evaluaciones biológicas

Los resultados de la evaluación biológica de la utilización neta de proteína (NPU) referente a la dieta de cañihua que fueran evaluadas en ratas de experimentación, se evidencia en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Utilización Neta de Proteína (NPU)*

Parámetros	Proteica	Aproteica
Número de animales	8	8
Peso inicial (g)	123,50	122,63
Peso final (g)	179,50 ± 2,93	84,13 ± 2,70
Ganancia de peso (g)	56,0	-38,50
Consumo de alimentos (g)	196,50 ± 0,76	102,25 ± 1,16
Materia seca del alimento (%)	95,31	94,09
Nitrógeno del alimento (%)	1,70	0,016
Nitrógeno consumido (g) I/K	3,35	0,02
Promedio de peso seco canal (g)	63,90	27,61
Materia seca de canal (%)	97,29	96,39
Nitrógeno en canal (%)	7,76	9,02
Contenido de nitrógeno en canal (g) B/BK	4,96	2,49
Utilización Proteica Neta – NPU %	74,33	-

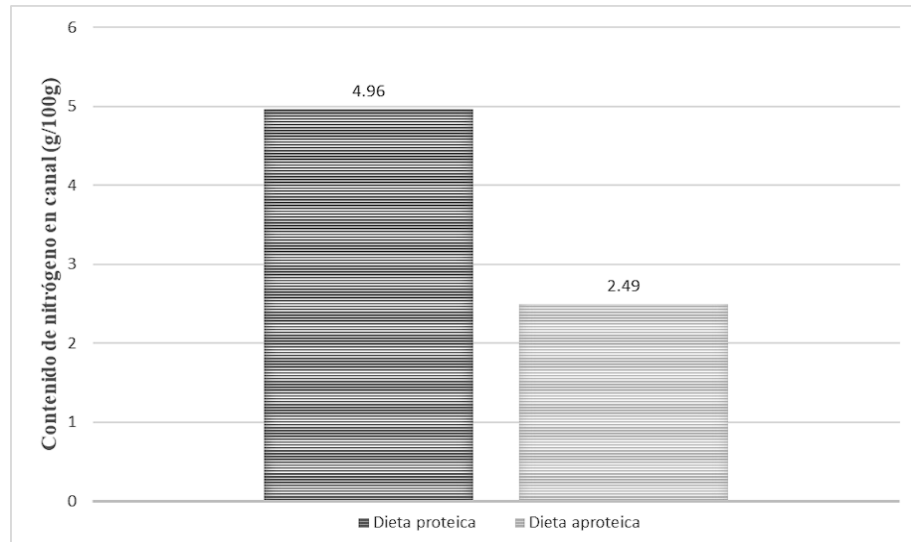
La Utilización de Proteína Neta (NPU) obtuvo un resultado de 74,33%, demostrando su buena cantidad de proteína retenida en los animales de investigación, lo cual determina alta calidad proteica en la cañihua.

### a) Contenido de nitrógeno en canal

En la Figura 7 se evidencia los resultados del contenido de nitrógeno en las canales de los alimentos de la dieta proteica y apteica.

Figura 7

*Contenido de nitrógeno en los canales del grupo proteico (cañihua) y apteica.*



El contenido de nitrógeno en las canales de los animales que consumieron tanto en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y la mezcla apteica tiene menor diferencia entre ambos, que el nitrógeno consumido por estos, debido a que los animales poseen nitrógeno en su composición corporal que a lo largo de su existencia van desgastando si no cuentan con una fuente de proteína en su alimentación.

El valor NPU hallado fue de 74,33% que comparado con el valor promedio establecido por la FAO (1981) que menciona un NPU medio de 72,1%, es ligeramente superior a lo determinado en la presente investigación, por lo que es una proteína de buena calidad. En contraste, comparado con la proteína del huevo, que tiene un NPU de 94% según FAO (2002), es inferior, debido a que las calidades de las proteínas de origen vegetal son menores a los de origen animal como es el caso del huevo y la carne, estos últimos considerados como fuentes de proteínas primordiales.

#### 4.4. Digestibilidad de cañihua in vitro

En la tabla 11 se observa el resultado de las pruebas in vitro de la digestibilidad por pepsina de la cañihua.

**Tabla 11**

*Digestibilidad de la cañihua*

Parámetro	Unidad	Resultado
Digestibilidad por pepsina	g/100g	85,39

Se determinó que la cañihua tiene 85,39 g/100 g de digestibilidad proteica, similar a los resultados de Casanave (2022) que encontró un nivel de digestibilidad in vitro de la proteína de 83,42g/100g de digestibilidad proteica en la cañihua. Es de importancia resaltar que la cañihua tiene mayores valores de digestibilidad que otros granos andinos probablemente porque sus granos son muy pequeños y tienen una fina capa periférica que contribuye a su digestibilidad.



#### 4.5. Determinación de la ganancia de peso de las 2 dietas

En la Tabla 12 se observa el resultado de la comparación de medias de la dieta proteica y apteica mediante la prueba de t , en la ganancia de peso de los animales de investigación durante los 14 días .

**Tabla 12**

*Comparación de medias de las dietas Proteica y Apteica mediante la prueba de t*

N° de Días	Dieta	N° Ratas	Media	Dev std	Err std	Mínimo	Máximo	Prueba de F		Prueba de t	
								GL	Fcalc	GL	tcalc
1	Apteica	8	122,600	1,188	0,420	121	124				
	Proteica	8	123,500	1,512	0,535	122	126	7	1,62	14	-1,29
2	Apteica	8	117,100	1,126	0,398	115	118				
	Proteica	8	125,900	1,885	0,667	123	129	7	2,8	14	-11,27
3	Apteica	8	113,300	2,376	0,840	109	116				
	Proteica	8	127,900	2,357	0,833	124	131	7	1,02	14	-12,36
4	Apteica	8	110,800	2,866	1,013	106	114				
	Proteica	8	131,100	2,748	0,972	126	135	7	1,09	14	-14,51
5	Apteica	8	107,400	3,204	1,133	102	110				
	Proteica	8	134,400	2,722	0,963	130	139	7	1,39	14	-18,16
6	Apteica	8	104,100	2,800	0,990	100	107				
	Proteica	8	139,600	3,335	1,179	135	145	7	1,42	14	-23,06
7	Apteica	8	100,300	3,615	1,278	95	106				
	Proteica	8	143,600	4,406	1,558	139	150	7	1,48	14	-21,53
8	Apteica	8	98,250	3,808	1,346	95	105				

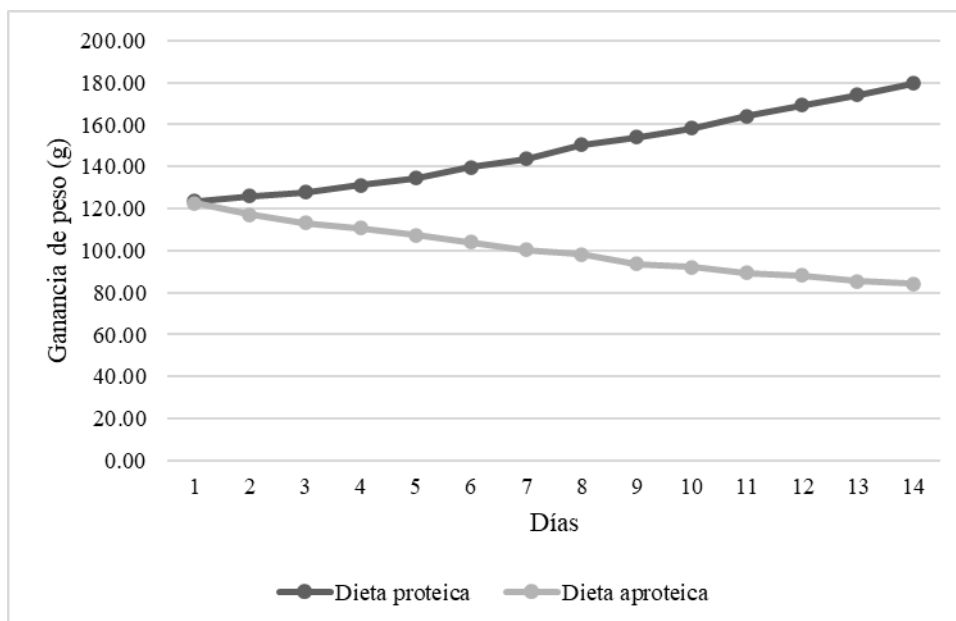
	Proteica	8	150,400	5,236	1,851	144	156	7	1,89	14	-22,77
9	Aproteica	8	93,750	2,712	0,959	90	99				
	Proteica	8	154,000	5,707	2,018	147	160	7	4,43	14	-26,97
10	Aproteica	8	92,000	2,828	1,000	88	96				
	Proteica	8	158,300	6,497	2,297	150	167	7	5,28	14	-26,44
11	Aproteica	8	89,500	3,295	1,165	85	94				
	Proteica	8	164,000	6,949	2,457	153	172	7	4,45	14	-27,4
12	Aproteica	8	88,250	3,412	1,206	83	93				
	Proteica	8	169,100	5,817	2,057	159	178	7	2,91	14	-33,92
13	Aproteica	8	85,500	2,879	1,018	82	89				
	Proteica	8	174,300	4,773	1,688	166	182	7	2,75	14	-45,03
14	Aproteica	8	84,125	2,696	0,953	80	87				
	Proteica	8	179,500	2,928	1,035	175	185	7	1,18	14	-67,78

Como se puede observar en la tabla 9 es una correlación inversa mientras que la dieta proteica aumenta, en la dieta aproteica disminuye, por tal motivo no es significativo por lo tanto se utilizó el caso 1 de la prueba de t. Mostrando un valor de significancia mayor a 0,05, por lo tanto, se acepta la H0. Indicando que la dieta proteica aumenta la ganancia de peso a comparación de la dieta aproteica que tienda a disminuir el peso en los animales.

En la figura 8 se observa el desarrollo de la ganancia de peso de los 14 días de la dieta proteica y aprotéica, en los animales de investigación.

**Figura 8**

*Ganancia de peso de la dieta proteica y dieta aprotéica*



El peso promedio del grupo de la dieta proteica fue de  $123,50 \pm 1,51$  g y para la dieta aprotéica fue  $122,63 \pm 1,19$  g, con una variación de peso. El peso final del grupo de la dieta proteica fue de  $179,50 \pm 2,93$  g y para el grupo de la dieta aprotéica fue  $84,13 \pm 2,70$ g. Bressani(2010) en su investigación de proteínas vegetales en el consumo para humanos, pudo observar que el aumento de peso al comienzo de una dieta equilibrada y apropiada, compensada con cereales y legumbres se obtienen resultados óptimos en el desarrollo y crecimiento de la ratas a comparación a dietas que son rutinarias las cuales no varían. Por otra parte, McArthur *et al.* (1993) señalan que los ratones con antecedentes de una dieta baja en proteínas tendían a consumir menos alimentos.

## V. Conclusiones

- La calidad y digestibilidad proteica de la cañihua tuvieron valores superiores a otros pseudocereales como la quinua.
- Con respecto a la evaluación del valor nutricional del grano de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la variedad Cupi, perteneciente a la región de Puno , se destaca el valor proteico , alcanzando 17,29 % , siendo de esta manera su consumo como una alternativa en proteína vegetal .
- Se evaluó la calidad proteica de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) mediante pruebas biológicas como NPU, obteniendo un valor de 74,33%, demostrando así que la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) muestra una calidad proteica considerablemente alta, con respecto a los demás cereales, legumbres y pseudocereales.
- La digestibilidad por pepsina *in vitro* de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es 85,39g/100g, lo cual es considerablemente alto a comparación de otros pseudocereales como la quinua y kiwicha. De esta manera podemos decir que la cañihua se digiere de mejor manera que los demás pseudocereales mencionados.

## **VI. Recomendaciones**

- Realizar estudios similares, comparando con otras variedades de pseudocereales como son la quinua, kiwicha que permitan determinar su aporte nutricional para el consumo de las personas.
- Se recomienda complementar la investigación con el análisis de ensayo de la determinación de aminograma (perfil de aminoácidos), para obtener resultados del contenido de aminoácidos.
- Fomentar la producción de cañihua debe ser el objetivo establecido en la política pública en el mediano y largo plazo para lograr incrementar la distribución de la por su gran valor nutricional.
- Se debe promover el consumo de cañihua a través de conferencias, seminarios y capacitación para que las personas sean conscientes de los inmensos beneficios de este alimento y una alternativa de proteína vegetal con alto valor proteico.

## VII. Referencias bibliográficas

- Apaza Ahumada, M. G. (2019). Efecto del consumo de cultivos andinos quinua, cañihua y tarwi sobre el incremento de peso y nitrógeno retenido en ratas wistar. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(3), 194–204. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.477>
- Bartolo, E., & Dolly, E. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Investigación Universitaria*, 2(1), 47–53. <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/713>
- Barreto Gómez, F., & Toledo Vasquez, D. L. (2017). Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (glicyne max), avena (avena sativa l.) y trigo (triticum aestivum l.) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (*Rattus norvegicus*). repositorio de revistas de la Universidad Privada De Pucallpa, 2(01), 42–50. <https://doi.org/10.37292/riccva.v2i01.47>
- Bressani R.(2010). INCAP studies of vegetable proteins for human consumption. *Food Nutr Bull.*;31(1):95–110.
- Carrasco R. (2020). *Granos Andinos: Súper alimentos en la cocina*. [https://34f4ffd4-e3f1-4498-a113-95c0d8bb1b61.filesusr.com/ugd/475dbf\\_0dd7e792c362423986d565904a81e45b.pdf?index=true](https://34f4ffd4-e3f1-4498-a113-95c0d8bb1b61.filesusr.com/ugd/475dbf_0dd7e792c362423986d565904a81e45b.pdf?index=true)
- Casanave Zevallos, M. d. C., & Ruiz Chocano, R. A. (2022). *Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua*.
- Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, & Dirección Ejecutiva de Prevención de Riesgo y Daño Nutricional DEPRYDAN. (2023). Abordaje nutricional para la prevención y control del sobrepeso y la obesidad tipo I de la persona joven, adulta y adulta mayor (pp. 9–68) [Book].

- Chauhan, V., & Kanwar, S. S. (2019). Bioactive peptides: Synthesis, functions and biotechnological applications. In *Biotechnological Production of Bioactive Compounds*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64323-0.00004-7>
- Cuj, M., Dardón de Richardson, J., Mazariegos, M., Pérez-Corrales, W., & Fischer, E. (2017). Determinación de la ganancia de peso, claidad proteica y digestibilidad de ocho dietas a base de dos leguminosas, maní (*Arachis hypogaea* L. ) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L. ) en ratas Wistar. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 27(1), 21–31.
- Day, L. (2013). Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 32(1), 25–42. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2013.05.005>
- DGPA. (2018). Manejo agronómico prácticas de conservación de suelos, producción, comercialización y perspectivas de granos andinos. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 1–88. [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia\\_plantas/f01-cultivo/2019/manejo\\_granos\\_andinos19.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2019/manejo_granos_andinos19.pdf)
- FAO. (2021). Composición de los alimentos. Nutrición. <http://www.fao.org/nutrition/food-composition/es/>
- FAO/STAT. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Security and the Right to Food.
- García, M. R., Gómez-Sánchez Prieto, I., Espinoza Barrientos, C., Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, & Centro de Información y Documentación Científica del INS. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (10ma ed., p. 142) [Book; Printed]. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://www.ins.gob.pe>
- Huamaní, F. de M. (2018). Evaluación del perfil químico - nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

procedentes de Puno. *Universidad Peruana Cayetano Heredia*, 1–63.  
<http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/5954>

Informe final. (2010). In Simposio Científico Internacional BIODIVERSIDAD Y DIETAS SOSTENIBLES UNIDOS CONTRA EL HAMBRE. Sede de la FAO, Roma. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/285090e85170814dd369bbb502e1128028978d.pdf>

Janssen, F., Anneleen, P., Rombouts, I., Jansens, K. J. A., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2016). Proteins of Amaranth (*Amaranthus* spp.), Buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and Quinoa (*Chenopodium* spp.): A Food Science and Technology Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 39–58.  
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12240>

La Rosa, R., Anaya, E. (2017). Germination of *Chenopodium Pallidicaule* Aelle “cañiwa” Under Different Conditions of Salinity and Temperature. *The Biologist*, 14(1), 5–10. <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/80/87>

Mamani-Díaz, E. M., & Molina-Ticona, C. G. (2016). Calidad proteica y grado de satisfacción de la galleta elaborada a base de mezclas de harina de tarwi, cuchucho, cañihua y gluten, Puno, julio-octubre 2015. *Repositorio Institucional UNA-PUNO*, 130.

Mangelson, H., Jarvis, D. E., Mollinedo, P., Rollano-Penaloza, O. M., Palma-Encinas, V. D., Gomez-Pando, L. R., Jellen, E. N., & Maughan, P. J. (2019). The genome of *Chenopodium pallidicaule*: An emerging Andean super grain. *Applications in Plant Sciences*, 7(11), 1–12. <https://doi.org/10.1002/aps3.11300>

Mataix Verdú, J. (2013). *Nutrición para Educadores (Segunda)*.

McArthur, L. H., Nelly, W. F., Gietzen, D. W. & Rogers, Q. R. (1993). The Role of Palatability in the Food Intake Response of Rats Fed High-Protein Diets. *Apetite*, 20, 181-196. Michel, K. E., Bader, A., Shofer, F. S., Barbera, C., Oakley, D.



- Qian F, Liu G, Hu FB, Bhupathiraju SN, Sun Q. (2019). Association Between Plant-Based Dietary Patterns and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Intern Med.*;179(10):1335-1344. DOI: 10.1001/jamainternmed.2019.2195. PMID: 31329220; PMCID: PMC6646993.
- Quiroga Ledezma, C. C., Ortiz Mérida, A. J., & Escalera Vásquez, C. R. (2018). Evaluación De Un Proceso Novedoso De Beneficiado En Seco Del Grano De Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen), Basado En La Aplicación De Un Lecho Fluidizado Tipo Surtidor. *Investigacion & Desarrollo*, 18(1), 17–34. <https://doi.org/10.23881/idupbo.018.1-2i>
- Rodríguez, J. P., Aro, M., Coarite, M., Jacobsen, S. E., Ørting, B., Sørensen, M., & Andreasen, C. (2017). Seed Shattering of Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203(3), 254–267. <https://doi.org/10.1111/jac.12192>
- Repo de Carrasco, R., Acevedo de la Cruz, A., Icochea, J.C., y Kallio, H. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran Plant Foods *Hum Nutr.* Jun; 64(2):94-101. doi: 10.1007/s11130-009-0109-0
- Repo de Carrasco, R., Encina, Ch.R., Binaghi, M.J., Greco, C.B., y Ronayne de Ferrer, P.A. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kaniwa on composition and availability of minerals in vitro, *J Sci Food Agric.* pp. 90(12):2068-73. doi: 10.1002/jsfa.4053.
- Tapia, M., Bonifacio, A., & Rojas, W. (2019). la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) grano promisorio de los andes altos. *Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia*, 1–15. <file:///C:/Users/OVALTECH/Downloads/Dialnet-EvaluacionAgromorfologicaYAnalisisDeComponentesDeR-5295198.pdf>

## VIII. Anexos

### Anexo 1: Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOS
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>V. Independiente</b>	<b>Investigación:</b> Estudio de tipo Experimental. <b>Materiales:</b> Balanza analítica. Equipo de nitrógeno, grasa, fibra, humedad y ceniza. Jaulas para Ratas de laboratorio.
¿Cuál es la calidad y digestibilidad de la proteína de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen)?	Determinar la calidad y digestibilidad de la proteína de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).	La cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen), tiene una calidad y digestibilidad de la proteína similar a otros cereales.	La proteína de la Cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>		<b>V. Dependiente</b>	<b>Técnica:</b> Cuantitativa.
1. ¿Cuál es la cantidad de la proteína de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen)?	1. Determinar la cantidad de proteína de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen), mediante el análisis proximal.		Digestibilidad y calidad proteica de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).	
2. ¿Cuál es la utilización neta de proteínas (N.P.U) de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen)?	2. Determinar la utilización neta de proteínas (N.P.U) de la cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).			

---

3. ¿Cuál es la digestibilidad de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)?

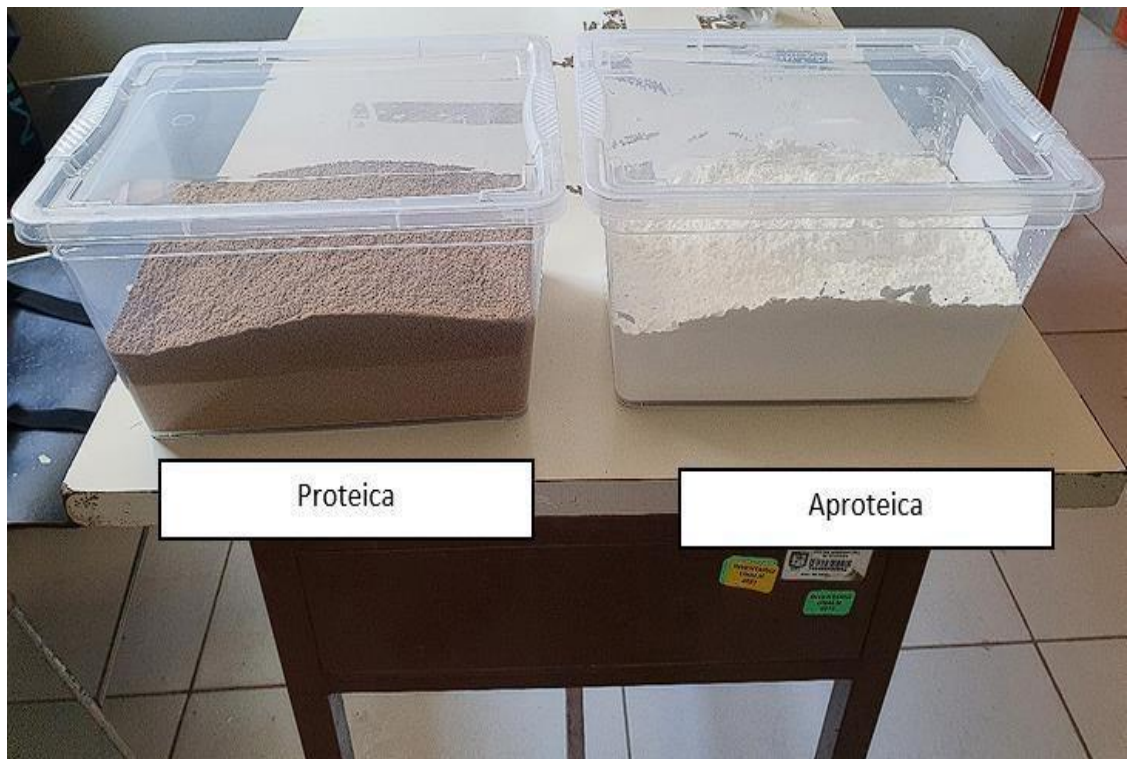
3. Determinar la digestibilidad *in vitro* de la proteína de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

---

Anexo 2 : Saco de cañihua (Cupi) 3 kilogramos.



### Anexo 3 : Dieta Proteica y Dieta Aprotéica



**Anexo 4 : Jaulas para los Ensayos Biológicos con Ratas.**



**Anexo 5 : Realización de incisiones en las ratas para luego llevarlos a secar.**



**Anexo 6 : Las ratas son secadas en la estufa (105°C x 24 h) .**





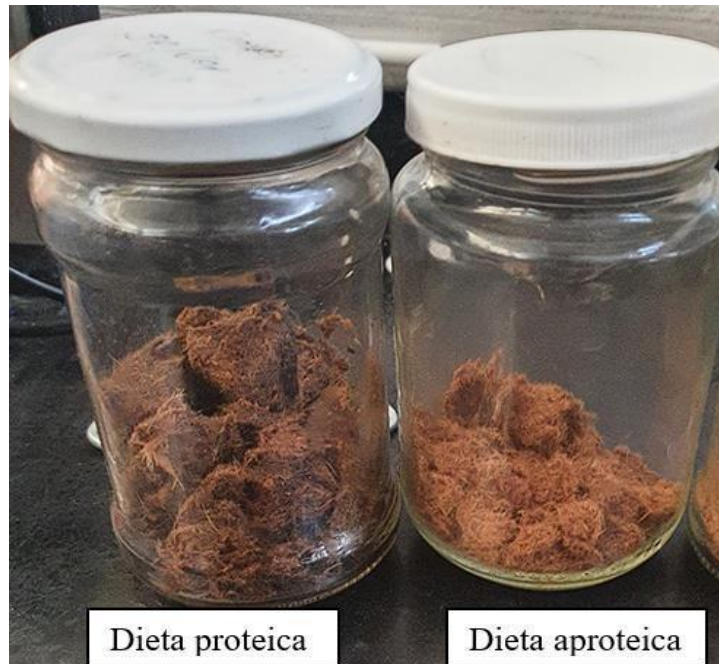
**Anexo 7 Molienda de las ratas, luego de ser secadas.**



## Anexo 8 : Determinación de proteína



**Anexo 9 : Canales de los animales de la dieta proteica y dieta aprotéica**



## Anexo 10 : Tabla de ganancia de peso de dieta proteica

Tipo de Dieta proteica	Ratas	Ganancia de peso por día													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1	124	125	127	130	134	142	150	156	160	163	169	173	178	180
	2	122	123	124	126	130	135	139	145	148	152	155	164	173	179
	3	124	126	130	133	139	145	148	156	157	160	167	171	176	180
	4	126	129	131	135	137	142	145	153	160	165	170	172	175	181
	5	122	125	127	130	133	136	139	149	153	157	163	168	173	179
	6	125	128	130	132	134	140	147	155	159	167	172	178	182	185
	7	123	126	128	133	135	138	140	145	148	152	163	168	171	177
	8	122	125	126	130	133	139	141	144	147	150	153	159	166	175
PROM		123,50	125,88	127,88	131,13	134,38	139,63	143,63	150,38	154,00	158,25	164,00	169,13	174,25	179,50
DESV		1,51	1,89	2,36	2,75	2,72	3,34	4,41	5,24	5,71	6,50	6,95	5,82	4,77	2,93

### Anexo 11: Tabla de ganancia de peso de dieta aprotéica

Tipo de Dieta	Ratas	Ganancia de peso por día													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Dieta aprotéica	1	124	118	114	112	109	106	106	105	99	96	94	92	88	86
	2	122	117	115	112	110	105	99	98	95	93	90	90	87	86
	3	123	118	114	111	109	106	100	97	93	93	90	89	88	87
	4	121	117	112	108	104	100	95	95	92	90	89	87	85	83
	5	124	118	115	114	110	107	105	103	94	92	88	87	82	82
	6	121	115	109	106	102	100	98	95	92	89	86	85	83	82
	7	123	118	116	114	110	106	100	98	95	95	94	93	89	87
	8	123	116	111	109	105	103	99	95	90	88	85	83	82	80
<b>PROM</b>		122,63	117,13	113,25	110,75	107,38	104,13	100,25	98,25	93,75	92,00	89,50	88,25	85,50	84,13
<b>DESV</b>		1,19	1,13	2,38	2,87	3,20	2,80	3,62	3,81	2,71	2,83	3,30	3,41	2,88	2,70