



Universidad Femenina del Sagrado Corazón

Escuela de Posgrado

Programa Académico de Maestría en Nutrición y Dietética

EVALUACIÓN DEL APORTE NUTRICIONAL DE LOS  
GRANOS GERMINADOS Y SIN GERMINAR DE QUINUA,  
KIWICHA Y CAÑIHUA

Tesis presentada por:

MARIA DEL CARMEN CASANAVE ZEVALLOS

ROSA AMELIA RUIZ CHOCANO

Para obtener el Grado Académico de

MAESTRA EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

Con mención en Ciencias de la Nutrición y Alimentación  
Humana

Asesora

Mirtha Marieta Yarlequé Chocas

ORCID 0000-0002-3440-1780

Lima-Perú

2022

Los miembros del jurado han aprobado el estilo y el contenido de la tesis sustentada por:

MARÍA DEL CARMEN CASANAVE ZEVALLOS

ROSA AMELIA RUIZ CHOCANO

Mirtha Marieta Yarlequé Chocas

---

Nombre y Apellidos, Asesora

Danton Jorge Miranda Cabrera

---

Nombre y Apellidos, Informante

María Elena Arispe Chávez

---

Nombre y Apellidos, miembro

Rosario Guadalupe Alarcón Alarcón

---

Nombre y Apellidos, miembro

---

Dra. Rosario Guadalupe Alarcón Alarcón  
Director de la Escuela de Posgrado



## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la diferencia nutricional de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua. Se evaluó su aporte nutricional y digestibilidad proteica. La investigación fue de nivel experimental, tipo básico y diseño analítico experimental. Se trabajó con diez Kg de cada muestra: Quinua Blanca de Hualhuas, Kiwicha Centenario y Cañihua ILLPA Puno. La quinua cocida presentó resultados promedio (MS) de ceniza, proteína y grasa de 2.52, 12.44 y 1.35g/100g, respectivamente y la germinada: 4.05, 18.19 y 4.81g/100g. El valor promedio de digestibilidad fue 81.43g/100g para quinua cocida y 79.93g/100g para germinada. La kiwicha cocida presentó resultados promedio (MS) de ceniza, proteína y grasa de 3.21, 13.09 y 0.88g/100g, respectivamente; mientras que la germinada: 4.26, 16.38 y 2.98g/100g. El valor promedio de digestibilidad fue 86.70g/100g para kiwicha cocida y 81.31g/100g para germinada. La cañihua cocida presentó resultados promedio (MS) de ceniza, proteína y grasa de 3.47, 15.18 y 1.65g/100g, respectivamente; mientras que la germinada: 3.78, 12.23 y 3.09g/100g. El valor promedio de digestibilidad fue 83.42g/100g para cañihua cocida y 84.19g/100g para germinada. Los resultados indicaron que los granos germinados de quinua, kiwicha y cañihua aportarían un mayor valor nutricional en minerales, proteína y grasa, que los granos cocidos; excepto en el caso de la proteína de la cañihua; mientras para digestibilidad, los resultados favorecen a los granos cocidos de quinua y kiwicha y a los granos germinados de la cañihua.

**Palabras clave:** granos andinos, quinua, kiwicha, cañihua, granos germinados, granos cocidos, aporte nutricional, digestibilidad

## ABSTRACT

The aim was to determine the nutritional difference of boiled and germinated quinoa, kiwicha and canihua grains. Their nutritional contribution and protein digestibility were evaluated. The research was of experimental level, basic type and with an analytic experimental design. We worked with ten Kg of each sample: White Quinoa from Hualhuas, Kiwicha Centenario and Canihua ILLPA Puno. Boiled quinoa presented average content (DM) for ash, protein and fat of 2.52, 12.44 and 1.35g/100g, respectively; whereas for germinated quinoa, were 4.05, 18.19 y 4.81g/100g. The average level of digestibility was 81.43g/100g for boiled quinoa and 79.93 g/100g for germinated. Boiled kiwicha presented average content (DM) for ash, protein and fat of 3.21, 13.09 and 0.88g/100g, respectively; whereas for germinated kiwicha, were 4.26, 16.38 and 2.98g/100g. The average level of digestibility was 86.70g/100g for boiled kiwicha and 81.31g/100g for germinated. Boiled canihua presented average content (DM) for ash, protein and fat of 3.47, 15.18 and 1.65g/100g, respectively; whereas for germinated canihua, were 3.78, 12.23 and 3.09g/100g. The average level of digestibility was 83.42g/100g for boiled canihua and 84.19g/100g for germinated. Results indicated that the germinated grains would contribute with higher nutritional value regarding minerals, protein and fat, except in the case of protein for canihua, whereas for protein digestibility, results favor the boiled grains of quinoa and kiwicha and the germinated grains of canihua.

**Keywords:** andean grains, quinoa, kiwicha, canihua, germinated grains, boiled grains, nutritional contribution, digestibility

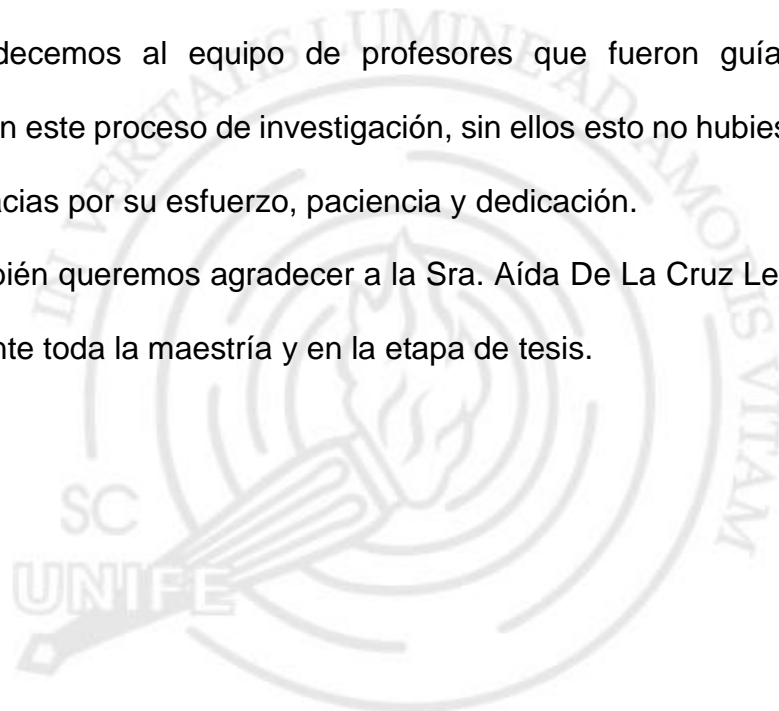
## RECONOCIMIENTO

Agradecemos a nuestra asesora de tesis PhD. Mirtha Marieta Yarlequé Chocas por depositar su confianza en nosotras y por su disposición para apoyarnos y guiarnos.

Agradecemos también al Profesor Ivan Dennys Soto Rodríguez por su apoyo en el área estadística y a la Sra. Ruth Páucar del Programa de Cereales de la UNALM por su apoyo logístico para conseguir los granos estudiados.

Agradecemos al equipo de profesores que fueron guías y soporte intelectual en este proceso de investigación, sin ellos esto no hubiese podido ser posible. Gracias por su esfuerzo, paciencia y dedicación.

También queremos agradecer a la Sra. Aída De La Cruz Lescano por su apoyo durante toda la maestría y en la etapa de tesis.



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por estar conmigo siempre y sentir su presencia en cada paso que doy.

A la memoria de mis padres Luis y Enriqueta y a la de mi hermana Adela que marcaron mi vida con su ejemplo de amor, constancia y perseverancia.

A mi esposo Leonardo Saux Arispe, que con sus consejos, amor y apoyo incondicional, me ayudó a concluir esta meta.

A mis hijos Belissa y Jean Pierre, los motores de mi vida quienes me apoyaron y alentaron para seguir adelante, cuando parecía que me iba a rendir.

A mi nieto Matías que es mi gran motivación para conseguir nuevos objetivos, a pesar de los obstáculos que puedan presentarse.

*Maruja*

A Dios y a la Virgen María, por siempre estar a mi lado bendiciéndome.

A mi amada familia; a mi esposo Oscar, por su amor y apoyo fundamental para hacer realidad este sueño de obtener la maestría.

A mis hijas Tamara y Mariana, quienes son mi constante inspiración y motivación.

A mis amados padres Hedy y Chenen, que me inculcaron valores y me enseñaron a luchar por mis sueños.

A mis hermanos Vero y Manuel, por estar a mi lado en el sinuoso camino de la vida.

*Rosa Amelia*

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN/ABSTRACT.....	4
RECONOCIMIENTO.....	5
DEDICATORIA.....	6
ÍNDICE.....	7
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Justificación de la investigación.....	20
1.3 Delimitación y limitaciones de la investigación.....	21
1.4 Objetivos de la investigación.....	22
1.4.1 Objetivo general.....	22
1.4.2 Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes de la investigación.....	23
2.2 Bases teóricas.....	27
2.2.1 La quinua.....	30
2.2.1.1 Clasificación taxonómica de la quinua.....	30
2.2.1.2 Descripción botánica de la quinua.....	31
2.2.1.3 Valor nutricional de la quinua.....	31
2.2.1.4 Usos de la quinua.....	31

	Página
2.2.2 La kiwicha.....	32
2.2.2.1 Clasificación taxonómica de la kiwicha.....	32
2.2.2.2 Descripción botánica de la kiwicha.....	33
2.2.2.3 Valor nutricional de la kiwicha.....	33
2.2.2.4 Usos de la kiwicha.....	33
2.2.3. La cañihua.....	33
2.2.3.1 Clasificación taxonómica de la cañihua .....	34
2.2.3.2 Descripción botánica de la cañihua .....	35
2.2.3.3 Valor nutricional de la cañihua.....	36
2.2.3.4 Usos de la cañihua.....	36
2.2.4 Germinados.....	36
2.2.4.1 Generalidades.....	36
2.2.4.2 Proceso de elaboración de germinados de granos andinos....	39
2.2.5 Granos andinos cocidos.....	40
2.2.5.1 Generalidades.....	40
2.2.5.2 El proceso de cocción de granos andinos.....	40
2.2.6 Digestibilidad de la proteína.....	41
2.2.6.1 Método de digestibilidad de proteína <i>in vitro</i> .....	42
2.3 Definición de Términos.....	42
2.4 Hipótesis.....	43
2.4.1 Hipótesis general.....	43
2.4.2 Hipótesis específicas.....	43
CAPÍTULO III: MÉTODO.....	45



	Página
3.1 Nivel, tipo y diseño de la investigación.....	45
3.2 Participantes.....	45
3.2.1 Población.....	45
3.2.2 Muestra.....	47
3.3 Variables de investigación.....	47
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
3.4.1 Metodología de cocción de los granos de quinua, kiwicha y cañihua.....	50
3.4.1.1 Materiales y equipos de cocción .....	50
3.4.1.2 Procedimiento de cocción.....	51
3.4.2 Metodología para la germinación de los granos de quinua, kiwicha y cañihua.....	53
3.4.2.1. Materiales y equipo de germinación .....	53
3.4.2.2 Procedimiento de germinación.....	53
3.4.3 Métodos de determinación de análisis proximales y digestibilidad de proteína <i>in vitro</i> .....	58
3.4.3.1 Determinación de ceniza.....	58
3.4.3.2 Determinación de proteína.....	58
3.4.3.3 Determinación de grasa.....	58
3.4.3.4 Determinación de digestibilidad <i>in vitro por pepsina</i> .....	58
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	59
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	60
4.1 Prueba de Hipótesis Específica 1.....	61
4.2 Prueba de Hipótesis Específica 2.....	64
4.3 Prueba de Hipótesis Específica 3.....	69

	Página
4.4 Prueba de Hipótesis Específica 4.....	73
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
5.1 Contenido de ceniza en los granos y procesos estudiados.....	77
5.2 Contenido de proteína en los granos y procesos estudiados.....	80
5.3 Contenido de grasa en los granos y procesos estudiados.....	82
5.4 Digestibilidad en los granos y procesos estudiados.....	83
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
6. 1 Conclusiones.....	86
6.2 Recomendaciones .....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
APÉNDICES .....	94
APÉNDICE A: Formatos de registro de procedimientos.....	95
APÉNDICE B: Registro Fotográfico de la Germinación.....	97
APÉNDICE C: Registro Fotográfico de la Cocción (Quinua).....	104
APÉNDICE D: Resultados repeticiones.....	112
APÉNDICE E: Parámetros utilizados en los procesos.....	114
APÉNDICE F: Pruebas de Normalidad de las Variables Dependientes.....	115
APÉNDICE G: Tablas estadísticas auxiliares: Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	119

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición de los granos andinos en comparación con el trigo (g/100g) .....	28
2. Contenido de aminoácidos en los granos andinos y en trigo (g de aminoácidos/100g de proteínas) .....	28
3. Contenido de minerales en los granos andinos en comparación con el trigo (mg/100g) .....	29
4. Operacionalización de las variables independientes.....	47
5. Operacionalización de la variable dependiente .....	48
6. Esquema de trabajo: variables independientes versus variables dependientes.....	49
7. Resultados para quinua, kiwicha y cañihua en sus dos procesos.....	60
8. Análisis de varianzas (ANOVA) para la interacción de los factores de proceso y tipo de grano en el contenido de ceniza .....	61
9. Prueba post hoc de Tukey para el contenido de ceniza.....	63
10. Análisis de varianzas (ANOVA) para la interacción de los factores de proceso y tipo de grano en el contenido de proteína.....	65
11. Prueba post hoc de Tukey para el contenido de proteína.....	67
12. Análisis de varianzas (ANOVA) para las interacciones de proceso y tipo de grano en el contenido de grasa.....	69
13. Prueba post hoc de Tukey para el contenido de grasa.....	71
14. Datos de grado de digestibilidad de los granos de quinua después de ser germinados y cocidos .....	73

Tabla	Página
15. Datos de grado de digestibilidad de los granos de kiwicha después de ser germinados y cocidos .....	74
16. Datos de grado de digestibilidad de los granos de cañihua después de ser germinados y cocidos .....	75



## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Flujograma de obtención de granos andinos germinados.....	39
2. Flujograma de obtención de granos andinos cocidos.....	41
3. Proceso de cocción de granos de quinua, kiwicha y cañihua..	52
4. Germinador automático Freshlife FL-3000 y sus partes.....	56
5. Flujograma de obtención de granos andinos germinados con el Germinador automático Freshlife FL-3000.....	57
6. Efectos principales para ceniza.....	62
7. Interacción para ceniza.....	63
8. Comparación de medias para el contenido de Ceniza según la interacción del tipo de grano y el proceso.....	64
9. Efectos principales para proteína.....	66
10. Interacción para proteína.....	67
11. Comparación de medias para el contenido de proteína según la interacción del tipo de grano y el proceso.....	68
12. Efectos principales para grasa.....	70
13. Interacción para grasa.....	71
14. Comparación de medias para el contenido de grasa según la interacción del tipo de grano y el proceso.....	72
15. Cajas para el grado de Digestibilidad en el grano de Quinua según proceso .....	73
16. Cajas para el grado de Digestibilidad en el grano de Kiwicha según proceso .....	74
17. Cajas para el grado de Digestibilidad en el grano de Cañihua según proceso .....	75
18. Efectos principales para Digestibilidad .....	76

## INTRODUCCIÓN

La sociedad actual enfrenta algunas paradojas, por un lado, tiene a disposición los avances tecnológicos más increíbles de la historia, como los viajes privados al espacio; pero por otro lado vive una realidad muy distinta: una buena parte de la población mundial no puede cubrir necesidades tan esenciales como una alimentación de calidad. Las estadísticas que mostramos en el Capítulo I muestran la magnitud de los problemas de subalimentación, sobrepeso y obesidad en el mundo y en el Perú, que requieren como respuesta, propuestas de alimentación saludable.

Como peruanos hemos heredado recursos naturales incontables e invaluable; entre ellos los granos andinos, que han sido domesticados hace miles de años por nuestros ancestros y han pasado de generación en generación. La quinua, kiwicha y cañihua son granos con excelentes propiedades nutritivas, destacando su contenido de proteína de alta calidad y de minerales como el calcio, fósforo, zinc y hierro. En el esfuerzo por investigar y promover nuevas formas de consumo de estos granos, que generalmente se preparan de forma cocida, elegimos el proceso de germinación, dada la tendencia nacional y mundial hacia alimentos más naturales y frescos. Debido a los aspectos positivos mencionados, realizamos esta investigación de los granos andinos germinados, determinando su aporte nutricional, para así contribuir con conocimientos sobre el contenido y concentración de nutrientes, que pueden aportar de manera saludable en la dieta de la población.

El objetivo general de esta investigación es determinar la diferencia del aporte nutricional de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en dos formas: granos cocidos y granos germinados. Se determinó el contenido de ceniza,

proteína, grasa y digestibilidad proteica de cada grano, de forma cocida y de forma germinada. En el Capítulo II revisamos la información que existe actualmente acerca de los granos andinos, encontrando escasa información acerca de germinados de granos andinos, tanto a nivel nacional como internacional. Llamó nuestra atención la poca información encontrada sobre la cañihua en general. En el Capítulo III presentamos la metodología de trabajo, tanto para la cocción como para la germinación. Se estandarizó el proceso de cocción para los tres granos en base a varias pruebas, trabajando con diversas cantidades de agua y tiempos de cocción. Una particularidad del proceso de germinación que realizamos fue el uso del Germinador automático Freshlife Modelo FL-3000. Su estandarización requirió de varios ajustes debido a las características particulares de cada tipo de grano; pero luego de conseguirlo facilitó el proceso de germinación. Obtenidas las muestras de granos cocidos y germinados, se sometieron a análisis de laboratorio de porcentajes de ceniza, grasa, proteína y digestibilidad proteica; cuyos resultados se presentan en el Capítulo IV, donde se muestra el análisis estadístico comparando los resultados de los granos cocidos versus los germinados en los tres tipos de granos andinos. En el Capítulo V se presentó la discusión de los resultados obtenidos, comparándolos entre sí y con la información encontrada en la bibliografía. Finalmente, en el Capítulo VI llegamos a las conclusiones, respondiendo las hipótesis planteadas al inicio del trabajo y extendimos nuestras recomendaciones para los interesados en continuar investigando sobre este tema, que tiene tanto por aportar.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo mostramos los aspectos de la problemática nutricional en el mundo y en el Perú; evidenciando la urgente necesidad de desarrollar información científica sobre contenido nutricional de la rica biodiversidad existente en el Perú para así ofrecer soluciones.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Existe limitada información científica sobre el aporte nutricional que pueden tener ciertos productos alimenticios de nuestra gran biodiversidad, en particular los granos andinos, que tienen una larga tradición de consumo entre algunos sectores de la población. Existe también limitada información sobre sus diversas formas de preparación y su influencia en el aporte nutricional para las personas. Esta información científica es necesaria para plantear recomendaciones que contribuyan a mejorar la nutrición de la población en general.

La nutrición adecuada es determinante en el pleno desarrollo físico y mental de la persona. En salud pública, es imprescindible supervisar la condición nutricional y de salud en la población para anticiparse con acciones preventivas y evitar gastos innecesarios para las personas y para los servicios de salud. Una buena nutrición de la población conduce al progreso de la sociedad y de la economía de una región<sup>1</sup>.

El otro lado de la moneda es la malnutrición, que abarca la desnutrición, la deficiencia o exceso de micronutrientes, el sobrepeso y la obesidad; desencadenando estas últimas, enfermedades crónicas como la diabetes y las cardiopatías<sup>2</sup>. En la actualidad, algunos de los factores causantes de la



malnutrición son la globalización, el ultra procesamiento de los alimentos y los nuevos estilos de vida, que incluyen el sedentarismo y consumo de comida chatarra <sup>1</sup>, causado en parte por la falta de información de alternativas de alimentación más nutritiva.

La población subalimentada, es decir la que carece de alimentos suficientes para llevar una vida sana y activa<sup>3</sup>, según la OMS ha aumentado a nivel mundial en los últimos años, llegando a más de 820 millones de personas según datos del 2018. El continente asiático es el que lidera la cantidad de personas que sufren de falta de alimento con más de 513.9 millones, seguido por África con 256.1 millones y luego por América Latina y el Caribe<sup>4</sup>.

En América Latina la subalimentación se incrementó de 4.6% a 5.5% desde 2013 al 2017. Sin embargo, a pesar del incremento de la población subalimentada, el sobrepeso y la obesidad también siguen incrementándose a nivel mundial, especialmente en escolares y adultos <sup>5</sup>.

La situación nutricional del Perú se ve reflejada en el reporte del Estado Nutricional de la Población Peruana por Etapas de Vida a Nivel Nacional, realizado por el Instituto de Salud durante los años 2013- 2014, donde se pudo observar que la desnutrición crónica en niños menores de 5 años fue de 14.9%, el sobrepeso fue de 7.4% y la obesidad 1.9%. La desnutrición crónica fue mayor en la zona rural que en la urbana, ligeramente mayor en varones que en mujeres, fue mayor en la sierra y selva, aumentó con el nivel de pobreza y a mayor nivel educativo de los padres el nivel de desnutrición disminuyó <sup>6</sup>.

Por otro lado, en niños entre 5 a 9 años se halló un porcentaje de exceso de peso del 32,3%, normalidad de 66.1% y delgadez de 1.6%. En los adolescentes entre 10 y 19 años, se encontró un exceso de peso de 26%,

normalidad de 72.7% y delgadez de 1.3%. Para el grupo de adultos jóvenes entre 20 y 29 años se observó que el exceso de peso fue de 45%, la normalidad de 52.5% y la delgadez 2.5%. En el grupo de adultos entre 30 y 59 años se pudo advertir que el porcentaje de exceso de peso fue de 69.9%, la normalidad fue de 29.5 % y la delgadez tuvo un porcentaje de 0.6%. Finalmente, en el grupo de adultos mayores de 60 años se encontró un 33.1% de exceso de peso, 42.5% de normalidad y 24.3% de delgadez <sup>6</sup>. El Instituto Nacional de Salud en el año 2020 realizó una comparación de los porcentajes de exceso de peso entre el año 2007 y el periodo 2013-2014, encontrándose un aumento marcado en todos los grupos con el pasar de los años <sup>7</sup>.

Los resultados derivados de los anteriores estudios evidencian la necesidad de desarrollar información científica sobre contenido nutricional de alimentos disponibles y producidos localmente, para usarla en programas sociales orientados a luchar contra la desnutrición y también para disminuir el sobrepeso y la obesidad en todos los grupos etarios, en especial en el grupo de adultos entre 30 y 59 años, ya que conducen al desarrollo de las enfermedades crónicas no transmisibles<sup>8</sup>.

La implementación de políticas sociales y económicas que promuevan la alimentación saludable y la actividad física basadas en información científica sobre aporte de minerales, proteínas y grasas de alimentos, pueden prevenir los diversos problemas nutricionales que nos aquejan; incluyéndose por ejemplo campañas de educación alimentaria, publicidad en medios masivos, intervención en los hogares y escuelas, etc. Adicionalmente, ofreciendo alternativas de alimentos con el aporte necesario en cantidad y calidad de nutrientes, mayor inclusión de legumbres, cereales integrales (por ejemplo los granos andinos),

frutas y verduras de la región en la que viven, y disminuyendo el consumo de alimentos azucarados y con grasas saturadas <sup>9</sup>.

Actualmente, existe una creciente demanda a nivel nacional e internacional por productos saludables, orgánicos y de elevada calidad nutricional; entre los cuales se encuentra la demanda por granos andinos, fundamentalmente por la quinua, posicionada como un superalimento. La Quinua, Kiwicha y Cañihua, han jugado tradicionalmente un papel fundamental en la seguridad alimentaria y nutricional de los hogares andinos por su elevado contenido nutricional basado en sus proteínas de alta calidad, vitaminas y minerales<sup>10</sup>. A pesar de esto, hay poca información sobre estos granos, especialmente relacionada a formas alternativas de consumo.

Para promover el consumo de estos granos, se necesitan alianzas público-privadas que desarrollen investigación y faciliten información sobre el valor nutricional de los mismos y las mejores formas de consumo. Estas investigaciones son fundamentales para respaldar e impulsar el interés por los granos andinos, no sólo por la quinua que ha sido la más estudiada, sino por la kiwicha y cañihua, cuyos estudios son aún reducidos y por lo tanto no se les da la importancia nutricional que merecen. Indudablemente, todas estas acciones deben ser sostenidas con un programa de educación alimentaria en toda la población, promovido por el gobierno peruano. Para generar información del aporte nutricional y las formas de consumo de estos granos se ha planteado el presente trabajo de investigación, utilizando como herramientas fundamentales los análisis proximales y especialmente la digestibilidad proteica in vitro, cuyo uso permite hacer una comparación más consistente de los resultados.

## **Formulación del Problema**

¿Cuál es la diferencia en el aporte nutricional de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua?

### **1.2 Justificación de la investigación**

En el Perú hay una gran variedad de cultivos nativos con muy buenas características nutricionales, destacándose entre éstos la quinua, kiwicha y cañihua por contener proteína de buena calidad por su balance de aminoácidos esenciales, además de aportar vitaminas y minerales como es el caso del hierro, el calcio y el fósforo. Es necesario aprovechar estos granos andinos en diferentes formas de consumo, siendo una de ellas los granos germinados.

El aporte en el campo teórico se da debido a que se está generando información sobre el potencial uso de los granos andinos germinados frescos como una alternativa para promover una alimentación más saludable y disminuir la deficiencia de nutrientes en la población en general, especialmente en aquella de donde son oriundos estos granos. Se realizará una comparación del valor nutritivo de los granos germinados frescos frente a los granos sin germinar cocidos, lo cual ofrece una comparación entre dos formas en que se pueden consumir directamente los granos; esto ofrece una perspectiva nueva, ya que generalmente en la información existente se comparan los granos germinados con el grano sin germinar crudo o como harina de germinado, que no son formas de consumo directo.

El aporte práctico consiste en presentar una propuesta fundamentada de un nuevo modo de consumo de granos andinos y su aporte nutricional.

Este estudio aporta metodológicamente dos fases: Una es la propuesta de la elaboración de productos germinados a partir de granos andinos como

fuerza de nutrientes y la otra es la determinación del valor nutricional y la digestibilidad (*in vitro*) de la proteína de los granos germinados comparados con el valor nutricional y la digestibilidad *in vitro* de la proteína de los granos cocidos.

Estos dos tipos de aporte le dan un alto nivel de significancia a nuestra investigación, ya que directamente presentan una alternativa que contribuirá en el bienestar nutricional de la población en general. Esta investigación a la vez estaría promoviendo el consumo de productos autóctonos como un ejemplo del potencial aprovechamiento de la biodiversidad en el Perú.

### **1.3 Delimitación y limitaciones de la investigación**

Las pruebas de cocción y germinación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química de la Facultad de Nutrición y Alimentación de la Universidad Femenina del Sagrado Corazón, donde se definieron las condiciones adecuadas para trabajar con los granos de quinua, kiwicha y cañihua; para la realización de la presente investigación. El análisis químico proximal y la digestibilidad *in vitro* de la proteína se realizaron en los Laboratorios del INDDA, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el Departamento de Lima – Perú.

Las pruebas de cocción, las de germinado, el análisis químico proximal y la determinación de la digestibilidad *in vitro*, se realizaron durante los años 2018 y 2019.

En cuanto a las limitaciones de la investigación, podemos mencionar que no se tuvo disponibilidad de los granos de kiwicha y cañihua en Lima, por lo tanto, se tuvieron que solicitar muestras a Cajabamba (Cajamarca) y Puno respectivamente. En el caso de la cañihua, fue necesario repetir el experimento y se tuvo que solicitar y transportar una nueva muestra. Otra limitación fue el elevado costo de los análisis de laboratorio.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar la diferencia del aporte nutricional de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en dos formas: granos cocidos y granos germinados.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la diferencia en el contenido de cenizas de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en dos formas: granos cocidos y granos germinados.
- Determinar la diferencia en el contenido proteico de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en dos formas: granos cocidos y granos germinados.
- Determinar la diferencia en el contenido de grasa de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en dos formas: granos cocidos y granos germinados.
- Determinar la diferencia en el grado de digestibilidad de proteína *in vitro* de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en dos formas: granos cocidos y granos germinados.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Los estudios sobre granos germinados no son muy numerosos, tanto a nivel nacional como internacional; por lo que resultó muy interesante realizar esta investigación, ya que permitió conocer más sobre el contenido de nutrientes de estos tres granos andinos en esta forma de consumo, además de su digestibilidad. En los últimos años en nuestro país, se está fomentando el consumo de germinados en general, pero no hay trabajos de investigación que comparen el contenido nutricional de los germinados frescos con los que presentan los granos cocidos.

### 2.1 Antecedentes de la investigación

- **Antecedentes Nacionales**

Pilco<sup>11</sup>(2021) realizó un estudio en el que elaboró bebidas en base a quinua y kiwicha, utilizando enzimas y el proceso de malteado. La germinación incrementó la disponibilidad de la proteína y se obtuvo mayor concentración de compuestos fenólicos. Una de las bebidas contenía 100% de kiwicha y fue sometida a malteado de 72 horas, mientras que la otra bebida contenía 50% de quinua y 50% de kiwicha y fue sometida a la acción enzimática de  $\alpha$ -amilasa, amiloglucosidasa y papaína. La bebida malteada presentó un contenido de 8.11 g/100 mL de proteína y la bebida con acción enzimática obtuvo un valor de 5.02 g/100 mL de proteína; siendo ambos valores superiores al contenido de proteína de la leche de vaca: 2.9 a 3.7 g/100 mL. Las bebidas fueron evaluadas sensorialmente, obteniendo buenos resultados y finalmente se elaboró un prototipo de bebida altamente proteica que constituye una base para la preparación de bebidas nutritivas sin lactosa.

En 2013, Bravo et al.<sup>12</sup> realizaron un estudio con quinua y kiwicha en el Perú, en el que fueron sometidas a un proceso de germinación con la finalidad de producir cambios fisicoquímicos e incremento de nutrientes. Los cambios físicos que se buscaron fueron la disminución de la viscosidad para incrementar el contenido energético por acción enzimática, como una alternativa en la preparación de papillas para niños pequeños. Se utilizó Quinua Blanca de Junín y Kiwicha variedad Oscar Blanco, procedentes de la ciudad de Huancayo. Es así, que obtuvieron para la quinua sin germinar porcentajes (MS) de ceniza, proteína y grasa de 3.05%, 12.94% y 7.83%, respectivamente y para la quinua germinada porcentajes de 1.5%, 13.09 y 6.1%. En el caso de la kiwicha sin germinar obtuvieron porcentajes (MS) de ceniza, proteína y grasa de 2.68%, 14.45% y 8.36%, respectivamente; mientras que para la quinua germinada porcentajes de 3.18%, 16.45% y 8.29%.

Con relación a los minerales, observaron el incremento del contenido de calcio con el proceso de germinación; tanto en la quinua como en la kiwicha. En el caso de la quinua el contenido de calcio se quintuplicó con la germinación y en el caso de la kiwicha estuvo cerca de duplicarse. Se concluyó que los granos germinados son una alternativa saludable, ya que son muy digeribles y debido a que sus nutrientes pueden incrementarse notablemente por los cambios producidos durante la germinación. La quinua tuvo una mayor capacidad de germinación, ya que el 98% germinó, contrastando con un 70% de germinación de la kiwicha. La germinación se llevó a cabo a 22°C-24°C por 24 horas en el caso de la quinua y por 48 horas en el caso de la kiwicha<sup>12</sup>.

En 2010 Castillo<sup>13</sup> realizó su trabajo de investigación con la cañihua variedad Cupi; encontrando que durante la germinación por 96 horas los



compuestos fenólicos aumentan, obteniendo un valor de 351.1 mg de ácido gálico Equivalente/100 g. mientras que en el caso de cañihua germinada por 72 horas, cocida y extruída obtuvo una concentración 27% superior. Así mismo, evaluó la capacidad antioxidante en la cañihua germinada obteniendo un valor de 4432.5 umol trolox Equivalente/100 g y en la cañihua germinada y posteriormente cocinada y extruída obtuvo un 18% más del valor que el de la cañihua sólo germinada.

- **Antecedentes Internacionales.**

En Bolivia, Valenzuela et al.<sup>14</sup> estudiaron el efecto de los procesos de la germinación y la cocción, por separado, en el valor nutricional de tres variedades de quinua: Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana. Se realizó la investigación a las siguientes condiciones: cocción a 86°C por 15 minutos y germinación a 20°C por 48 horas. Una muestra de cada variedad fue remojada, cocinada y germinada, para después hacer la evaluación nutricional. La Variedad Salcedo INIA incrementó notablemente sus carbohidratos, tanto en la cocción como en el de germinación. La variedad Pasankalla no presentó cambios en su valor nutricional y la variedad Negra Collana presentó un incremento significativo en cenizas y proteínas cuando fue sometida al proceso de germinación y en menor medida cuando fue sometida a cocción.

En España, Ponce de León et al.<sup>15</sup> buscaron conocer mediante encuestas, el uso que los consumidores le daban a los germinados. Se determinó que los germinados más conocidos y utilizados por los consumidores, son los de soya verde. También se buscó determinar el valor nutritivo de los germinados de la soya verde y del trigo, encontrándose mayor cantidad de nutrientes en los germinados de trigo por su menor contenido de humedad. En los germinados de

trigo también se encontró un contenido significativo de vitamina C 110 mg/100 g. Por otro lado, se recomendaron los germinados de soya para una dieta baja en calorías.

En Ecuador, Romero et al.<sup>16</sup> (2012) realizaron un estudio en el que sometieron al arroz en cáscara (*Oryza Sativa*) F50 a tres diferentes temperaturas (26°C, 31°C y 35°C) de germinación para conocer a cuál de ellas se incrementaba más la proteína. Así mismo, se utilizó una prueba de evaluación sensorial para determinar cuál tratamiento permite obtener un producto germinado de mayor aceptación. Los resultados mostraron que la muestra sometida a mayor temperatura durante la germinación (35°C) presentó el contenido proteico más elevado y la mejor aceptación por parte de los consumidores.

En Colombia, Chaparro et al.<sup>17</sup> se investigó el efecto de la germinación sobre las concentraciones de hierro y calcio en Quinoa, Amaranto, Guandul y Soya. Se estandarizó el método, definiendo el tipo de sustrato, usos o no de desinfectante, tiempo y temperatura de germinación. La germinación tuvo diversos efectos sobre la disponibilidad de hierro y calcio para cada semilla. El hierro disponible en quinoa, amaranto y soya se redujo en las condiciones establecidas para la germinación, mientras que no ocurrió lo mismo con las semillas de guandul. El calcio disponible aumentó considerablemente en semillas de amaranto y quinoa con la germinación, pero en el caso del guandul y soya decreció.

En México, Barrón-Yáñez et al.<sup>18</sup> se realizó una investigación para determinar el contenido nutricional y saponinas presentes en semillas y germinados de diversos alimentos, como el Huazontle, Calabacita, Canola y

Amaranto o Kiwicha. Se evaluó la variación de ceniza, proteínas, lípidos entre otros parámetros de los germinados, cuyos valores para kiwicha fueron de 4.38%, 20.43% y 3.19% respectivamente. Las semillas de calabaza mostraron valores mayores de proteína en comparación al huauzontle, amaranto y canola. Estadísticamente, sólo la canola aumentó sus valores de proteína durante la germinación. En las semillas de calabacita el contenido de saponinas se elevó significativamente, mientras que en canola y amaranto el incremento fue moderado y en huazontle disminuyó, manteniéndose todos dentro de límites no tóxicos. Los germinados de huauzontle y amaranto mostraron mejores características sensoriales, las que fueron evaluadas mediante una prueba hedónica.

## **2.2 Bases teóricas**

A través de los años, el ser humano ha desarrollado su sistema alimenticio en función a su entorno, produciendo alimentos saludables. Dada la situación actual de millones de personas que sufren hambre alrededor del mundo, se ha considerado que su salud depende del manejo acertado del ecosistema en el que se desarrollan estas personas. La biodiversidad propia de estos ecosistemas debe protegerse, ya que contribuye con dietas variadas, saludables y sostenibles. Debido a que trabajaremos con quinua, cañihua y kiwicha, detallaremos las características nutricionales de estos granos andinos en comparación con otros alimentos utilizados por la población peruana. En las siguientes tablas 1, 2 y 3 podemos apreciar el valor nutricional de los granos andinos comparados con el trigo.

**Tabla 1***Composición de los granos andinos en comparación con el trigo (g/100 g)*

<b>Nutriente</b>	Quinua	Kañiwa	Kiwicha	Trigo
Proteína	13,6	14,0	12,8	10,3
Grasa	5,8	4,5	6,6	1,9
Carbohidratos	66,6	64,0	69,1	74,7
Fibra cruda	1,9	9,8	2,5	3,0
Cenizas	2,5	5,1	2,3	1,5
Humedad %	11,5	12,4	9,2	11,6

Fuente: Reyes, M. et al. Tablas peruanas de composición de alimentos. 2017 <sup>19</sup>.

**Tabla 2***Contenido de aminoácidos en los granos andinos y en harina de trigo (g de aminoácidos/100 g de proteínas)*

<b>Aminoácidos</b>	Quinua blanca	Cañiwa	Kiwicha	Harina de Trigo
Fenilalanina	4,05	3,18	3,98	5,30
Triptófano	1,30	0,85	0,95	1,20
Metionina	2,20	1,40	2,13	1,60
Leucina	6,83	5,44	5,20	7,70
Isoleucina	7,05	5,80	6,17	4,00
Valina	3,38	4,53	4,36	4,50
Lisina	7,36	5,07	7,16	2,30
Treonina	4,51	4,41	4,73	2,90
Arginina	6,76	7,62	8,50	-
Histidina	2,82	-	2,31	-

Fuente: Collazos et al. 1996 <sup>20</sup>

**Tabla 3**

*Contenido de minerales de los granos andinos en comparación con el trigo (mg/100 g)*

Minerales	Quinoa	Cañihua	Kiwicha	Trigo
Calcio	56	110	236	36
Fósforo	242	375	453	314
Zinc	3,30	-	2,68	2,98
Hierro	7,50	13	7,32	3,87

*Fuente:* Reyes, M. et al. Tablas peruanas de composición de alimentos. 2017 <sup>19</sup> .

En la investigación presentada por Gordillo<sup>21</sup> en 2016, se realiza una comparación de quinua cocinada con cereales como el arroz, trigo y maíz también cocinados; encontrándose que con relación al contenido de proteína la quinua tuvo el mayor contenido con 4.4% seguido por el trigo (3.6%), el maíz (3.41%) y finalmente por el arroz cocido (2.38%).

En 2020 el chef Flavio Solórzano y la PhD Ritva Repo-Carrasco<sup>10</sup>, presentan el libro Granos Andinos - Súper alimentos en la cocina; que forma parte del proyecto de la Unión Europea Protein2Food, para incentivar el consumo de proteína vegetal. En el libro de recetas especialmente desarrolladas para el proyecto, muestran que nuestros granos ancestrales pueden ser parte de la Alta Cocina además de ser tan nutritivos. Esta alianza entre la ciencia de los alimentos y el conocimiento gastronómico permite llevar a los granos andinos a un nivel superior.

### 2.2.1 La quinua

Su origen se sitúa cerca del lago Titicaca y se ha convertido en un alimento fundamental para la seguridad alimentaria de la humanidad debido a su aporte nutricional de primera calidad, su adaptación a diversos climas y aporte a la economía de los pequeños productores locales<sup>22</sup>.

La quinua es un cultivo andino con una antigüedad de aproximadamente 7000 años. Los antiguos peruanos ya conocían su importante valor nutricional, lo que incentivó a que se cultive en todo el imperio incaico. Siendo valorada como un alimento sagrado, también se usó para fines curativos. En los últimos años la quinua se ha cultivado mayormente en Bolivia y Perú, produciendo un pequeño porcentaje EUA, Ecuador, Colombia, Chile y Argentina<sup>23</sup>.

#### 2.2.1.1 Clasificación taxonómica de la quinua

Reino: Vegetal

División: Fanerógama

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Angiospermas

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceas

Género: *Chenopodium*

Sección: Chenopodia

Subsección: Cellulata

Especie: *Chenopodium quinoa* <sup>24</sup>

### **2.2.1.2 Descripción botánica de la quinua**

Es una planta anual, con un período vegetativo que fluctúa entre 150 y 240 días, adaptándose muy bien a diversos ecosistemas, entre los 0 y los 4000 m s. n. m. La quinua es una planta herbácea arbustiva que puede llegar a una altura de 1.8 m, con un tallo o ramificaciones. Las hojas pueden tener colores muy diferentes, que van desde verde hasta púrpura. La inflorescencia, donde se producen los granos, se llama panoja y puede llegar a medir 70 cm y rendir 220 granos. El fruto o grano es un aquenio, que presenta diversos colores: crema, plomo, amarillo, rosado, rojo y púrpura. El grano tiene un diámetro que varía entre 1.5 y 2.5 mm, presentando gran diversidad de colores: crema, rosado, amarillo, plomo, morado y rojo. Además, contiene saponina en el pericarpio, que le confiere un sabor amargo<sup>23</sup>.

### **2.2.1.3 Valor nutricional de la quinua**

Como se puede apreciar en la Tabla 1, la quinua tiene un elevado contenido de proteína con 13.6 g/100 g MS, cuenta con 5.8 g/100 g MS de grasa, 66.6 g/100 g de carbohidratos, 1.9 g/100 g MS de fibra cruda, 2.5 g/100 g MS de cenizas y 11.5 % de humedad. Entre los minerales que contiene se encuentran el calcio, el fósforo, el zinc y el hierro<sup>19</sup> (Tabla 3).

### **2.2.1.4 Usos de la quinua**

Se conocen también nuevos usos de la quinua, como bombones con relleno de quinua expandida, sustitución de la malta de cebada por malta de quinua en la elaboración de cerveza, licor de quinua y sopa precocida de quinua<sup>25</sup>.

Los usos tradicionales de la quinua son para la preparación del kispíño, del tajti, de la mazamorra con leche y cal (uso medicinal), quinua mezclada con

cañihua, sopa de harina de quinua, preparación de la khusa, jugos, quinua graneada, harina de quinua, pesqle y quinua tostada. El uso se da de acuerdo al ecotipo del que se disponga<sup>26</sup>.

### **2.2.2 La kiwicha**

El *Amaranthus caudatus* L. o kiwicha se origina en los Andes sudamericanos, siendo el Perú el centro de su domesticación. Crece también en Bolivia, Ecuador y Argentina. Presenta diversos nombres locales en el Perú y Bolivia, como ejemplo achita, quihuicha, inca jataco, ataku, sankurachi, millmi, coimi y sangorache. De acuerdo con los cronistas españoles, el cultivo y el consumo de la kiwicha se hallaba ampliamente difundido en la población local en el momento de llegada de los europeos<sup>27</sup>. Se cultiva en zonas donde las temperaturas no son extremadamente bajas, en la zona Quechua, entre los 2000 y 3300 m s. n. m.<sup>28</sup>.

#### **2.2.2.1 Clasificación taxonómica de la kiwicha**

Reino: Vegetal

División: Fanerógama

Clase: Dicotiledoneae

Subclase: Archyclamideae

Orden: Centrospermales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Amaranthus*

Especies: *Caudatus*, *cruentus*<sup>29</sup>



### **2.2.2.2 Descripción botánica de la kiwicha**

La Kiwicha o amaranto es una especie anual, herbácea, siendo su panoja de colores rojo, morado, verde y amarillo. Sus hojas son ovaladas y su tallo puede oscilar entre 0.6 y 3.0 m de altura. La semilla es bastante pequeña y lisa, predominando las de color blanco, aunque también hay de colores amarillo, rojo y negro<sup>28</sup>.

### **2.2.2.3 Valor nutricional de la kiwicha**

Como se puede apreciar en la Tabla 1, la kiwicha tiene un contenido de proteína de 12.8 g/100 g MS, contiene 6.6 g/100 g MS de grasa, 69.1 g/100 g de carbohidratos, 2.5 g/100 g MS de fibra cruda, 2.3 g/100 g MS de cenizas y 9.2 % de humedad. Entre los minerales que contiene se encuentran el calcio, el fósforo, el zinc y el hierro<sup>19</sup> (Tabla 3).

### **2.2.2.4 Usos de la kiwicha**

La kiwicha se usa principalmente para los expandidos o “popeados” y en menor proporción para el pito, que es la kiwicha tostada y molida<sup>30</sup>.

### **2.2.3. La cañihua**

La cañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) tiene varias denominaciones según sus lugares de cultivo: kañawa, kañahua, kañagua, cañahua, cañihua, cañigua. Es poco conocida, sin embargo ha sido muy importante en la sobrevivencia de los pobladores andinos durante cientos de años, en el incanato sólo lo consumía el Inca y su corte, estando prohibido para el resto de la población<sup>31</sup>.

Su utilización está aún poco extendida debido a sus difíciles condiciones de cultivo, como tierras de baja fertilidad, salinidad, elevada altitud y clima cambiante con fuertes vientos. Se cultiva de manera orgánica, no es atacada por

pestes o enfermedades y su grano sirve para alimentación humana, mientras el forraje es utilizado para alimentación animal <sup>32</sup>.

La kañiwa crece en condiciones ecológicas adversas, con altitudes entre los 3000 y 4200 m s. n. m., las mayores zonas de cultivo de kañihua están en el altiplano peruano-boliviano. El cultivo de la kañiwa es estratégico para la seguridad alimentaria, ya que tolera las heladas en un sistema de producción de alto riesgo como el altiplano. La kañiwa tiene una gran variabilidad genética, y se clasifican en dos grupos según su forma de crecimiento: Lasta y Saihua. La forma de Lasta tiene crecimiento erecto y de pocas ramificaciones, la Saihua tiene muchas ramificaciones desde el cuello de la planta. Las plantas tienen diversos colores, que van pueden ser verdes, amarillas, anaranjadas, rosadas, rojas o púrpuras. Es más pequeña que la quinua, llegando a alcanzar alturas de 20-70 cm<sup>31</sup>. El perigonio, muchas veces de color gris, fino y translúcido, cubre el fruto. La semilla tiene forma es de forma similar a una lenteja con diámetro de 1 a 1,2 mm de diámetro (aproximadamente la mitad del tamaño de la quinua), no contiene saponinas<sup>33</sup>.

Sus pequeños granos tienen alto porcentaje de proteína que contiene aminoácidos esenciales, alto contenido de omega 6 y minerales esenciales, así como bajo contenido de saponina <sup>32</sup>.

### **2.2.3.1 Clasificación taxonómica de la Cañihua**

La cañihua, presenta la siguiente posición taxonómica

Reino: Vegetal

Subreino: Phanerogamae

Clase: Dicotiledoneae

Subclase: Archyclamidaeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium canihua* Cook <sup>34</sup>.

### **2.2.3.2 Descripción botánica de la Cañihua**

La cañihua es una planta herbácea, ramificada desde la base, altura desde 50 a 60 cm, periodo vegetativo entre 140 y 150 días. El color de la planta (tallos y hojas) cambia según el ecotipo en la fase fenológica del grano patoso; de verde a: anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura <sup>33</sup>.

La cañihua crece en condiciones ecológicas adversas, con altitudes entre los 3000 y 4200 m s. n. m., en suelos con buena humedad y contenido de materia orgánica. El cultivo de la cañihua es estratégico para la seguridad alimentaria, ya que tolera las heladas en un sistema de producción de alto riesgo como el altiplano. La cañihua tiene una gran variabilidad genética, y se clasifican en dos grupos según su forma de crecimiento: Lasta y Saihua. La forma de Lasta tiene crecimiento erecto y de pocas ramificaciones, la Saihua tiene muchas ramificaciones desde el cuello de la planta. El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris, mientras que la semilla es de forma lenticular de 1 a 1,2 mm de diámetro (más o menos la mitad del tamaño de los granos de la quinua) y no contiene saponinas<sup>35</sup>. Las semillas no presentan dormancia y pueden germinar sobre la propia planta al tener humedad suficiente <sup>33</sup>.

La germinación de la cañihua comienza al poco tiempo, sólo unas horas de estar en contacto con el suelo húmedo <sup>36</sup>.

### **2.2.3.3 Valor nutricional de la cañihua**

Como se puede apreciar en la Tabla 1, la cañihua tiene un alto contenido de proteína de 14.0 g/100 g MS, contiene 4.5 g/100 g MS de grasa, 64.0 g/100 g de carbohidratos, 9.8 g/100 g MS de fibra cruda, 5.1 g/100 g MS de cenizas y 12.4 % de humedad. Entre los minerales que contiene se encuentran el calcio, el fósforo y el hierro <sup>19</sup>(Tabla 3).

### **2.2.3.4 Usos de la cañihua**

Tradicionalmente se usa en la preparación de tortas, galletas, mazamorras y bebidas<sup>26</sup>. También se elabora el llamado pito de cañihua, que se prepara remojando el grano, tostándolo y moliéndolo en molinos de piedra y sirve para elaborar diversos productos, como bebidas y thayachas, que son unas masitas saladas recubiertas de una capa de leche congelada <sup>37</sup>.

## **2.2.4. Germinados**

### **2.2.4.1 Generalidades**

La germinación como fuente de alimentos, es un proceso muy antiguo. Se tienen registros del emperador de China Shen Nong Ben Cao Jing, en el año 3000 a.C., que incentivaba a la población a su consumo. En esa época los chinos y japoneses germinaron la soja y la cebada, que utilizaban para complementar su nutrición. En el Antiguo Egipto, las mujeres consumían germinados aromáticos para emanar esos olores al transpirar. Hay también información que indica que el capitán Cook, consumía una bebida preparada con cereales germinados, para evitar el escorbuto<sup>15</sup>.

Durante la germinación de cereales se liberan enzimas hidrolíticas que actúan sobre las reservas de la semilla, y promueven la liberación de nutrientes y la absorción por el embrión, que genera el brote. Además, se sintetizan

abundantes vitaminas y fermentos, las sales minerales se hacen fácilmente asimilables, las grasas se transforman en ácidos grasos y el almidón en azúcares más simples como maltosa y dextrina, azúcares que se pueden digerir rápidamente. Se indica que en la planta “la riqueza nutritiva y energética en los primeros días de vida, no se vuelve a presentar”. Estos nutrientes son especialmente beneficiosos ya que se pueden usar para “el tratamiento de cáncer de colon, tumores, gastritis, osteoporosis, hipertensión, anemia, diabetes, estreñimiento, fatiga, hígado graso, colesterol, sistema inmunológico débil, etc.”<sup>38</sup>. Ampuero y Hallasi<sup>39</sup> (2020) presentan una interesante investigación con pruebas biológicas en la que con extractos de quinua y cañihua comprueban la regeneración de tejidos estomacales.

Los granos malteados son una forma en que se puede ofrecer a los niños un alimento con mayor contenido de energía y nutrientes. Con la germinación se obtienen alimentos de más fácil digestión gracias al desdoblamiento de nutrientes. Repo-Carrasco et al.<sup>40</sup>, realizaron un trabajo en el que probaron el malteado de quinua, amaranto y kañiwa, dejándose germinar durante 1 a 3 días. Los pasos que se siguieron para el malteado de granos andinos fueron los siguientes: limpieza, lavado y remojo por 14 a 15 horas con 35 a 40% de humedad, germinación en condiciones ambientales, secado a 58-60 °C, eliminación de raicillas y molienda. La quinua germina con mayor facilidad que el amaranto o kiwicha y la cañihua. El amaranto tardó más tiempo en germinar y su poder germinativo fue sólo de 50 a 60%. Todas las muestras germinadas mostraron un incremento de azúcares simples y disminución del almidón, durante la germinación. En el primer día de germinación de la quinua, se

incrementaron significativamente la glucosa y la maltosa. Para la quinua y la cañihua el tiempo óptimo de germinación fueron 2 días y para amaranto 3 días<sup>40</sup>.

Luque et al.<sup>41</sup>, mencionan en su investigación que la quinua germinada Pasankalla presentó un incremento en 1.3% del contenido de proteína con relación al grano crudo; a la vez que ésta mostró un perfil aminoacídico con incrementos de lisina y metionina, que son limitantes en cereales, similares a los de la proteína animal. Esto último lo convierte en un buen sustituto de la carne, cuyos costos son mucho más elevados.

Sosa et al. <sup>42</sup> (2017) proponen un criterio estandarizado internacional para determinar las etapas fenológicas de la quinua. Plantean el sistema de codificación decimal BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie) en el que la germinación termina cuando el cotiledón emerge de la tierra y luego aparece el primer par de hojas verdaderas, que son capaces de fotosintetizar por sí mismas. Este trabajo permite hacer comparables los resultados de las diversas investigaciones de germinados de quinua.

Pilco-Quesada et al.<sup>43</sup> (2020) realizan un trabajo de investigación en el que evalúan el procesamiento de germinado y secado en quinua de variedad Chullpi y kiwicha variedad Oscar Blanco, obteniendo en ambos granos un incremento del contenido de proteína luego de la germinación, disminución de lípidos y aumento significativo de compuestos fenólicos totales. Con estos resultados fundamentaron su propuesta de una alternativa de ingrediente para productos funcionales libres de gluten o vegetarianos.

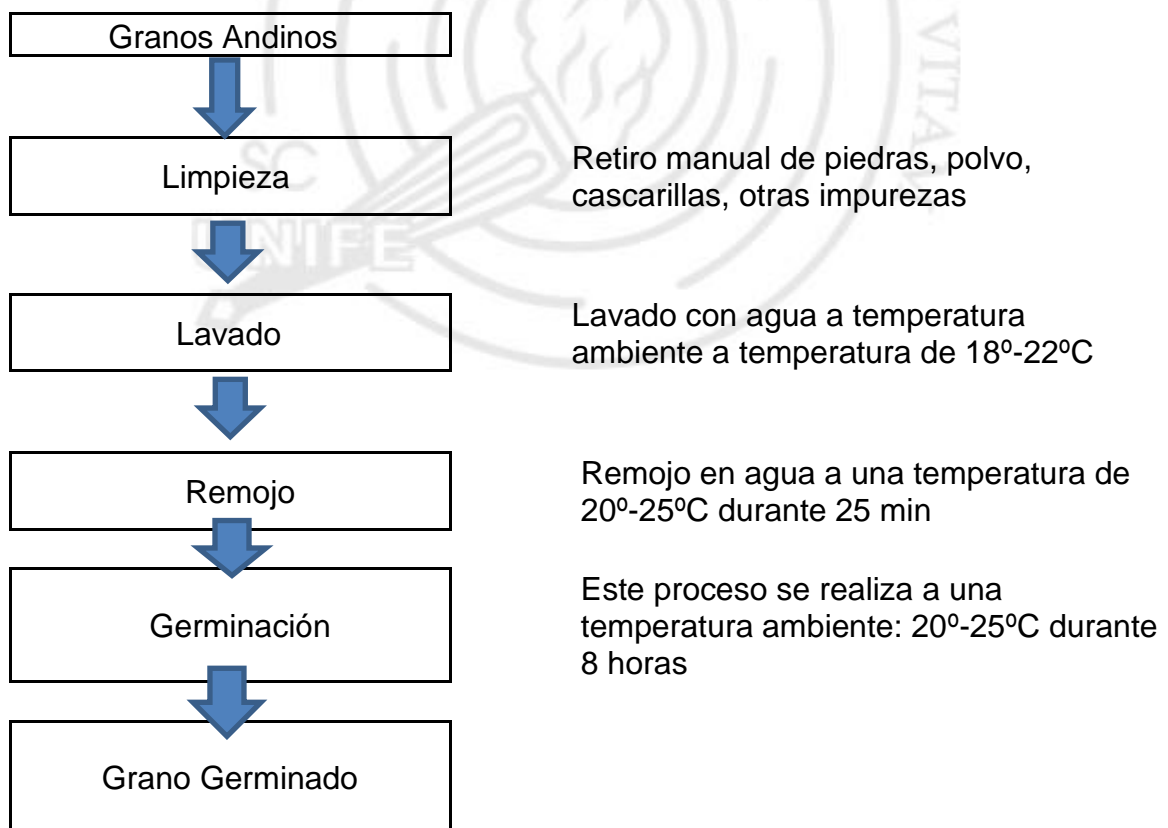
### 2.2.4.2 Proceso de elaboración de germinados de granos andinos

Se realiza la germinación después de realizarse las operaciones previas de limpieza, lavado y remojo. El lavado es de especial importancia en el caso de la quinua, ya que sirve para eliminar las saponinas que causan el sabor amargo.

Los granos húmedos se colocan en el mismo recipiente de remojo, teniendo cuidado que la capa formada no tenga mucha altura, para favorecer la respiración de los granos. Sobre los granos se coloca una tela húmeda, con la finalidad de mantener la humedad superficial y facilitar una germinación uniforme. El tiempo total de germinación es determinado por transformaciones bioquímicas y crecimiento de la radícula hasta 1 o 2 cm<sup>12</sup>. Fig.1

**Figura 1**

*Flujograma de obtención de granos andinos germinados*



Fuente: Bravo et al. 2013 <sup>12</sup>

## **2.2.5 Granos andinos cocidos**

### **2.2.5.1 Generalidades**

Existen diversas formas de consumo de los granos andinos, adicionales a la propuesta de los germinados, tales como granos tostados, extruidos, en forma de harinas y el más común es la cocción en agua hirviendo.

De acuerdo con el estudio realizado por Repo-Carrasco R et al.<sup>44</sup>, los granos de quinua, cañihua y kiwicha son buenos recursos de hierro, zinc y calcio. La ebullición mejoró la absorción en hierro, zinc y calcio en cañihua. La absorción de Zinc también mejoró en la quinua y kiwicha hervidas. Todos los granos andinos demostraron alta absorción de calcio, pero la absorción del hierro fue relativamente baja en todas las muestras. Los autores recomiendan estudiar el efecto de diferentes métodos de procesamiento en la absorción de los minerales.

### **2.2.5.2 El proceso de cocción de granos andinos**

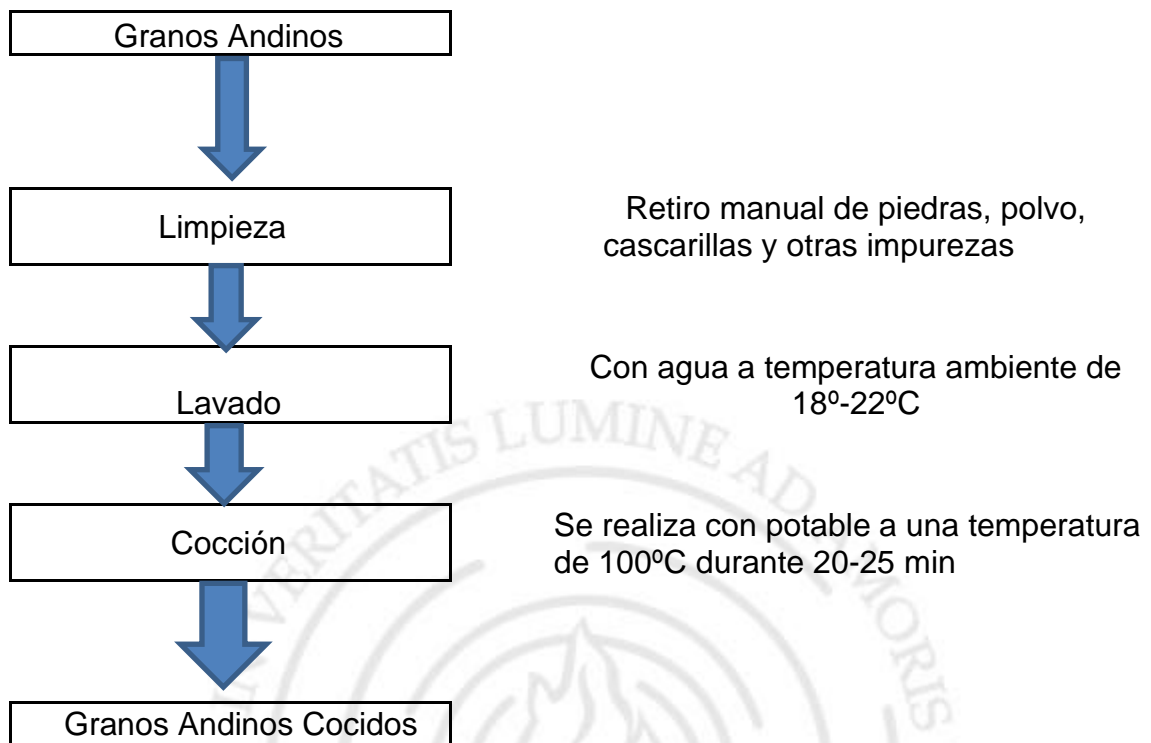
La cocción se realiza después de las operaciones previas de limpieza y lavado. El lavado es de especial importancia en el caso del grano de la quinua, ya que sirve para eliminar las saponinas que causan el sabor amargo.

Hay varios sistemas de cocción de granos, sin embargo, en los hogares se utiliza agua potable y se somete a ebullición (100 °C) por un tiempo de 20 a 25 minutos, dependiendo del tipo de grano. El punto final del proceso es cuando obtiene una textura de grano tierna y suave <sup>44</sup> . Figura 2.



**Figura 2**

*Flujograma de obtención de granos andinos cocidos*



Fuente: Repo-Carrasco R. 2010 <sup>44</sup>

### **2.2.6 Digestibilidad de la proteína**

La digestibilidad de la proteína es una medición de la proteína disponible para ser absorbida por el intestino, luego de la digestión. Normalmente se obtienen los valores de digestibilidad con cálculos del nitrógeno dietario y nitrógeno fecal y urinario. La digestibilidad, a diferencia de otras formas de medir la calidad de la proteína, no se basa en los aminoácidos que la constituyen, ni en score químico, ni en su valor biológico. Una dieta proteica puede tener alto contenido de aminoácidos esenciales o alto score químico o valor biológico, pero si su digestibilidad es baja, su valor nutritivo será limitado. La digestibilidad proteica depende también de la forma física de la proteína y de la facilidad

relativa con la que se hidrolizan sus enlaces peptídicos. Las proteínas fibrosas (colágeno, queratina y elastina) con largas cadenas polipeptídicas, son relativamente insolubles. En cambio, las proteínas globulares (hemoglobina y albúmina) que están enrolladas firmemente, son más solubles y por lo tanto, más digestibles <sup>45</sup>.

#### **2.2.6.1 Método de digestibilidad de proteína *in vitro***

Entre las pruebas de digestibilidad *in vitro*, la de digestibilidad con pepsina es de gran utilidad ya que evalúa la acción de la enzima digestiva sobre la proteína, viéndose reflejada su actividad en la liberación de péptidos de diferente tamaño <sup>46</sup>. Los métodos de determinación de digestibilidad *in vitro* se realizan por sus ventajas en lo que a tiempo y costo se refieren <sup>47</sup>.

### **2.3 Definición de términos**

**Alimento:** Se entiende por *alimento* toda sustancia, elaborada, semielaborada o bruta, que se destina al consumo humano, incluyendo las bebidas, el chicle y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la fabricación, preparación o tratamiento de los alimentos, pero no incluye los cosméticos ni el tabaco ni las sustancias utilizadas solamente como medicamentos <sup>48</sup>.

**Alimento cocido:** Alimento que ha sido sometido a la acción de calor para modificar sus propiedades fisicoquímicas y sus características organolépticas <sup>49</sup>.

**Análisis Proximales:** Los análisis comprendidos dentro de este grupo, también conocido como análisis proximales Weende, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación.

Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total) fibra dietaria, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra <sup>50</sup>.

**Germinación:** La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: luz, agua, oxígeno y sales minerales <sup>49</sup>.

**Germinados:** Las semillas germinadas o germinados, son productos obtenidos a partir de semillas seleccionadas, frescas e hidratadas, a las cuales se les hace un seguimiento diario de las condiciones de humedad, luminosidad y temperatura, óptimas para su desarrollo y obtener de esta manera un producto con buen valor nutricional y apto para el consumo humano <sup>51</sup>.

## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

Existen diferencias en el aporte nutricional de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en sus diferentes procesos (germinación y cocción).

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- Existen diferencias en el contenido de cenizas de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en sus diferentes procesos.
- Existen diferencias en el contenido proteico de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en sus diferentes procesos.
- Existen diferencias en el contenido de grasa de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en sus diferentes procesos.

- Existen diferencias en el grado de digestibilidad proteica de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en sus diferentes procesos.



## CAPÍTULO III: MÉTODO

En este capítulo se plantea la estructura implementada en esta investigación, para el sustento científico.

### 3.1 Nivel, tipo y diseño de la investigación

Nivel: Experimental

Es una investigación experimental porque se evaluó el efecto de una manipulación intencional de una o más variables independientes o causas para establecer los efectos o variables dependientes <sup>52</sup>.

Tipo: Investigación Básica

Es investigación básica porque se realizó con el propósito de incrementar el conocimiento y que estos puedan ser aplicados en otros estudios<sup>52</sup>.

Diseño: Analítico Experimental

Es un trabajo de fase experimental porque se analizaron la cocción y la germinación de la quinua, kiwicha y cañihua. Analítico porque los análisis se realizaron en un laboratorio, bajo condiciones controladas <sup>52</sup>.

### 3.2 Participantes

#### 3.2.1 Población

- Granos de Quinua Blanca de Hualhuas, provenientes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se utilizó esta variedad por ser la de mayor consumo en el Perú.

Es una variedad comercial obtenida por la Universidad Nacional del Centro (UNCP) desde 1975. Se ubica principalmente en el Valle del Mantaro.

Ciclo vegetativo: 150-160 días

Rendimiento promedio: 3,2 Tm/Ha

Color de grano: crema

Peso de 1000 granos: 3,5 – 3,8 g

Contenido de saponina: 3%

Susceptible a baja temperatura y humedad y moderadamente tolerante a la sequía <sup>53</sup>.

- Granos de Kiwicha Centenario, provenientes de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Es una variedad comercial obtenida por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)- Programa de Cereales y Granos Nativos desde 2002. Es un mutante del cultivar “Selección Ancash” irradiado.

Ubicación: Sierra central y Costa (de 0 a 3,000 m s. n. m.)

Ciclo vegetativo: 135 días

Rendimiento promedio: 5,6 Tm/Ha (costa) y 3,8 Tm/Ha (sierra)

Color de grano: blanco cremoso

Peso de 1000 granos: 1,13 g

Tolera bien la sequía y la salinidad<sup>54</sup>.

- Granos de Cañihua INIA 406 ILLPA, provenientes del ILLPA INIA Puno

Es una variedad desarrollada por INIA Puno en la Estación Experimental ILLPA y sale comercialmente en 2004. Se buscó que su madurez fuese homogénea, que sea precoz y de buen rendimiento.

Ubicación: región Suni, altitud de 3815- 4000 m s. n. m.

Ciclo vegetativo: 140 días (precoz)

Rendimiento promedio: 3,03 Tm/Ha

Color de grano: marrón claro

Tolerante a heladas, sequías y bajas temperaturas<sup>53</sup>.

### 3.2.2 Muestra

Se trabajó con los granos de quinua, kiwicha y cañihua mencionados en el punto anterior, se obtuvieron diez Kg de cada uno. Su almacenamiento se realizó en bolsas de papel multipliego a temperatura ambiente.

### 3.3 Variables de investigación

#### Variables Independientes (V.I.)

Se identificaron seis variables independientes:

- **Quinua cocida, quinua germinada, kiwicha cocida, kiwicha germinada, cañihua cocida y cañihua germinada.** Sus dimensiones fueron el tiempo de cocción, en el caso de los granos cocidos y el tiempo de germinación, para los granos germinados. Con relación a los indicadores se consideró la textura, que debe ser suave en los granos cocidos y la aparición de dos hojas en los granos germinados. Para todos ellos la escala de medición fue la razón. En la Tabla 4 se muestra la operacionalización de las variables independientes.

**Tabla 4**

*Operacionalización de las variables independientes*

Variables Independientes (VI)	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Quinua cocida	Tiempo de cocción	Textura suave	Razón
Quinua germinada	Tiempo de germinación	Aparición de 2 hojas	Razón
Kiwicha cocida	Tiempo de cocción	Textura suave	Razón
Kiwicha germinada	Tiempo de germinación	Aparición de 2 hojas	Razón
Cañihua cocida	Tiempo de cocción	Textura suave	Razón
Cañihua germinada	Tiempo de germinación	Aparición de 2 hojas	Razón

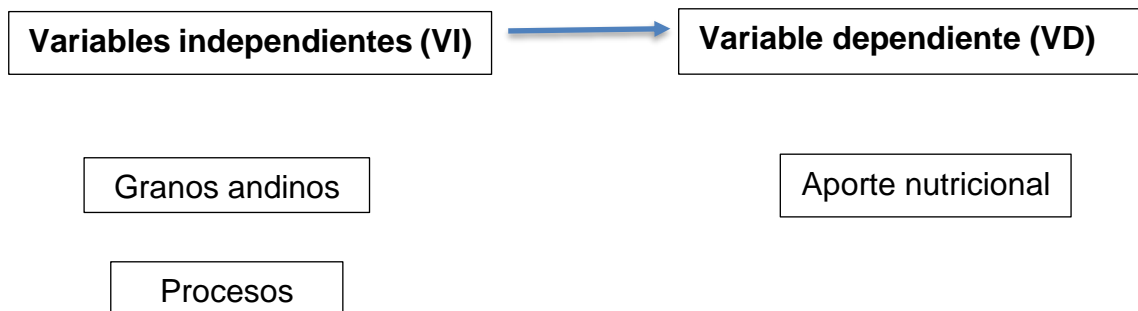
## Variable dependiente (V.D)

Se consideró como variable dependiente al aporte nutricional, que viene a ser el suministro de las sustancias necesarias para el funcionamiento y mantenimiento de la salud del organismo y que no pueden ser sintetizadas por éste, al menos en cantidad suficiente, por lo que deben ser ingeridas a través de los alimentos <sup>55</sup>. Las dimensiones fueron el contenido de ceniza, proteína, grasa y digestibilidad de la proteína *in vitro*. Esta última muestra la cantidad de proteína que es asimilable por el organismo. En la Tabla 5 se muestra la operacionalización de la variable dependiente.

**Tabla 5**  
*Operacionalización de la variable dependiente*

Variable Dependiente (VD)	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Aporte nutricional	Ceniza	g de ceniza/ 100g de muestra en base seca	Razón
	Proteína	g de proteína/100 g de muestra base seca	Razón
	Grasa	g de grasa /100 g de muestra base seca	Razón
	Digestibilidad de proteína <i>in vitro</i>	g de proteína /100 g de proteína total	Razón

## Diagrama Modelo





**Tabla 6***Esquema de trabajo: variables independientes versus variables dependientes*

<b>Variables independientes (x)</b>	<b>Variables dependientes (y)</b>
<b>Tratamientos</b>	
x1: Quinoa cocida	y1: ceniza y2: proteína y3: grasa y4: digestibilidad
x2: Quinoa germinada	y1: ceniza y2: proteína y3: grasa y4: digestibilidad
x3: Kiwicha cocida	y1: ceniza y2: proteína y3: grasa y4: digestibilidad
x4: Kiwicha germinada	y1: ceniza y2: proteína y3: grasa y4: digestibilidad
x5: Cañihua cocida	y1: ceniza y2: proteína y3: grasa y4: digestibilidad
x6: Cañihua germinada	y1: ceniza y2: proteína y3: grasa y4: digestibilidad

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los procesos de cocción y germinación de los granos de quinoa, kiwicha y cañihua se realizaron en el Laboratorio de Química de la Facultad de Nutrición y Alimentación de la Universidad Femenina del Sagrado Corazón. Para los análisis proximales y la determinación de la digestibilidad *in vitro* se solicitaron los servicios de los Laboratorios de Calidad Total, del Instituto de Desarrollo Agroindustrial INDDA de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los valores

de los análisis químicos se obtuvieron mediante las técnicas A.O.A.C.<sup>56 57</sup> para los análisis proximales y la técnica de Max Becker<sup>58</sup> para la digestibilidad.

Los ensayos se realizaron durante los años 2018 - 2019 en Lima – Perú.

Los instrumentos de recolección de datos fueron las hojas de registro donde se colocaron cada uno de los resultados obtenidos después de cada procedimiento (Apéndice A).

Adicionalmente, se documentan los procedimientos mediante un Registro Fotográfico (Apéndice B).

### **3.4.1 Metodología de Cocción de los granos de quinua, kiwicha y cañihua**

Se utilizó la metodología descrita por Ritva Repo-Carrasco-Valencia et al.<sup>44</sup> en 2010.

#### **3.4.1.1 Materiales y equipos de cocción**

- Cocinilla eléctrica marca CAT. Modelo H3.1
- Ollas de acero inoxidable
- Termómetro digital marca DeltaTRAK
- Cronómetro
- Probeta de 500 mL
- Balanza digital sensibilidad de 0.1 (MARCA)
- Bowls de acero inoxidable de 2.5 L
- Cernidor de acero inoxidable fino

### 3.4.1.2 Procedimiento de cocción

Los granos de quinua, kiwicha y cañihua se recibieron de cada lugar de procedencia. Los procedimientos aplicados a cada tipo de grano fueron los mismos, desde su recepción hasta el final de la cocción.

Para las pruebas de cocción se separaron dos Kg de cada grano.

Se realizó la selección y limpieza de los granos para eliminar materiales extraños como cascarillas, piedras, y todo tipo de impurezas.

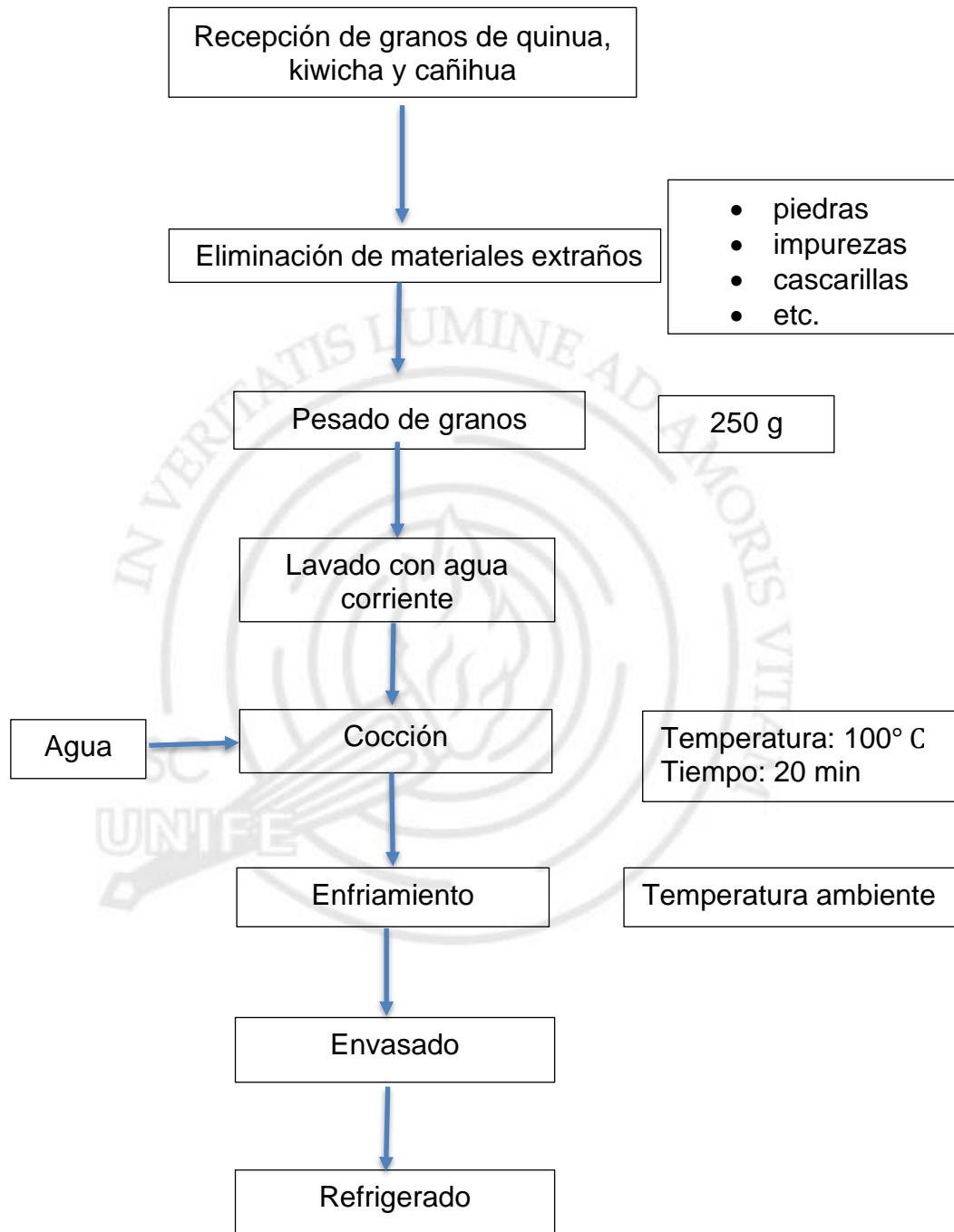
Luego se pesaron las muestras de cada tipo de grano (250 g cada muestra) que fueron lavadas con agua corriente para retirar el resto de las impurezas de la superficie. En el caso de la quinua el lavado se efectuó hasta que no se produzca espuma para eliminar la saponina.

La cantidad de agua que se adicionó a cada tipo de grano fue la misma: por cada 250 g de grano seco se agregó 1 L de agua<sup>44</sup>.

Las muestras de granos sean de quinua, kiwicha o cañihua, se cocinaron por 20 minutos a 100° C, luego se colocaron en bowls de acero inoxidable de 500 cc de capacidad para enfriarlos. Cuando llegaron a la temperatura del ambiente, aproximadamente 25°C, se envasaron en bolsas de polietileno con cierre y se almacenaron en refrigeración hasta su traslado a los laboratorios de Calidad Total del INDDA, para los análisis proximales y digestibilidad *in vitro*.

**Figura 3**

*Proceso de cocción de granos de quinua, kiwicha y cañihua*



### **3.4.2 Metodología para la germinación de los granos de quinua, kiwicha y cañihua**

Se realizó la germinación de granos andinos utilizando el Germinador automático Freshlife fabricado por Tribest Corp. Modelo FL-3000 (Figura 4), siguiendo las pautas recibidas en el taller de Elaboración de Germinados Andinos de la Universidad Nacional Agraria La Molina<sup>59</sup>, el estudio de Bravo et al.<sup>12</sup> y calibrando el proceso mediante múltiples ensayos.

#### **3.4.2.1. Materiales y equipos de germinación**

- Germinador automático Freshlife fabricado por Tribest Corporation. Modelo FL-3000. Potencia: 15 watts
- Balanza digital Soehnle
- Termohigrómetro
- Termómetro digital marca DeltaTRAK
- Bowls de acero inoxidable de 2.5 l
- Cernidor de plástico fino

#### **3.4.2.2. Procedimiento de Germinación**

Se recibieron seis Kg de los granos de quinua, kiwicha y cañihua. Para la preparación del grano se pesaba la muestra que se iba a utilizar, luego se hacía la limpieza de los granos, retirando cualquier material extraño, como cascarillas, piedras o impurezas. Posteriormente, se realizaba un lavado de los granos con agua corriente, utilizando un colador fino para no perder parte de la muestra y luego se realizaba la desinfección de los granos dejándolos remojar en un bowl

por una hora en dos litros de una solución de 0,5 % de NaClO (hipoclorito de sodio). Finalmente, se eliminaba el líquido sobrante utilizando el colador.

Ya que se utilizaron tres cilindros de germinación, se repartía la cantidad de muestra en tres bandejas, de manera equitativa y homogénea, sin que los granos se superpongan uno sobre otro. Se insertaba el tubo de agua en el agujero central de cada cilindro de germinación y con cuidado, se colocaba cada bandeja con granos dentro de cada cilindro, para luego colocar una segunda bandeja, esta vez vacía, sobre la primera.

Antes de llenar el cilindro del agua, se colocaba el tubo de presión de agua dentro del agujero que está al fondo del cilindro. Se llenaba el cilindro de agua con agua corriente hasta unos 3 cm del borde.

Para realizar el ensamblado, se colocaba el primer cilindro de germinación sobre el cilindro del agua, quedando bien asentado y se conectaba el tubo de agua al tubo de agua de presión. De la misma manera se conectaba el segundo cilindro de germinación sobre el primero y el tercero sobre el segundo.

Para poner en marcha el equipo sólo había que colocar la cabeza del rociador sobre la parte superior del tubo de agua y se conectaba a la electricidad. El agua salía por los agujeros del rociador y se colocaba la tapa sobre el aparato para mantener la temperatura y la humedad. En el caso de la quinua el rociador funcionó continuamente 12 horas al día, en el caso de la kiwicha se utilizó el rociador solamente 2 veces al día, con diferencia de 12 horas entre cada riego y en el caso de la cañihua se utilizó el rociador sólo 1 vez al día. El agua del cilindro se cambió cada día.

La germinación se completó en 5 días en el caso de la quinua y en 3 días en los casos de la kiwicha y la cañihua. Fue bastante difícil estandarizar la germinación para la kiwicha y especialmente para la cañihua, porque una ligera variación en el riego las afectaba. Se evidenció el fin de la germinación por la aparición de la división en dos hojitas de la parte superior del germinado.

Para “cosechar” o retirar los brotes de las bandejas, se les sacude con delicadeza, se lavan con agua corriente y se desinfectan con una solución de 0,5% de NaClO, para luego pasar al oreado por 2 horas sobre papel toalla. Finalmente se envasa en bolsas de polietileno Ziploc, para ser refrigeradas hasta que se entreguen al laboratorio para su análisis.

El germinador es desinfectado completamente con una solución de 0,5 % de hipoclorito de sodio luego de cada proceso de germinación.

El criterio de término de germinación que se ha utilizado es el propuesto por Sosa et al.<sup>42</sup> (2017), quienes plantearon el uso de un estándar internacional en el que determinan que la germinación de la quinua termina cuando el cotiledón emerge de la tierra y aparece el primer par de hojas verdaderas. Se consideró seguir esta propuesta y dar por finalizada la germinación cuando apareció el primer par de hojas verdaderas, criterio que fue extendido en este trabajo para la kiwicha y la cañihua.

#### Figura 4

Germinador automático Freshlife FL-3000 y sus partes

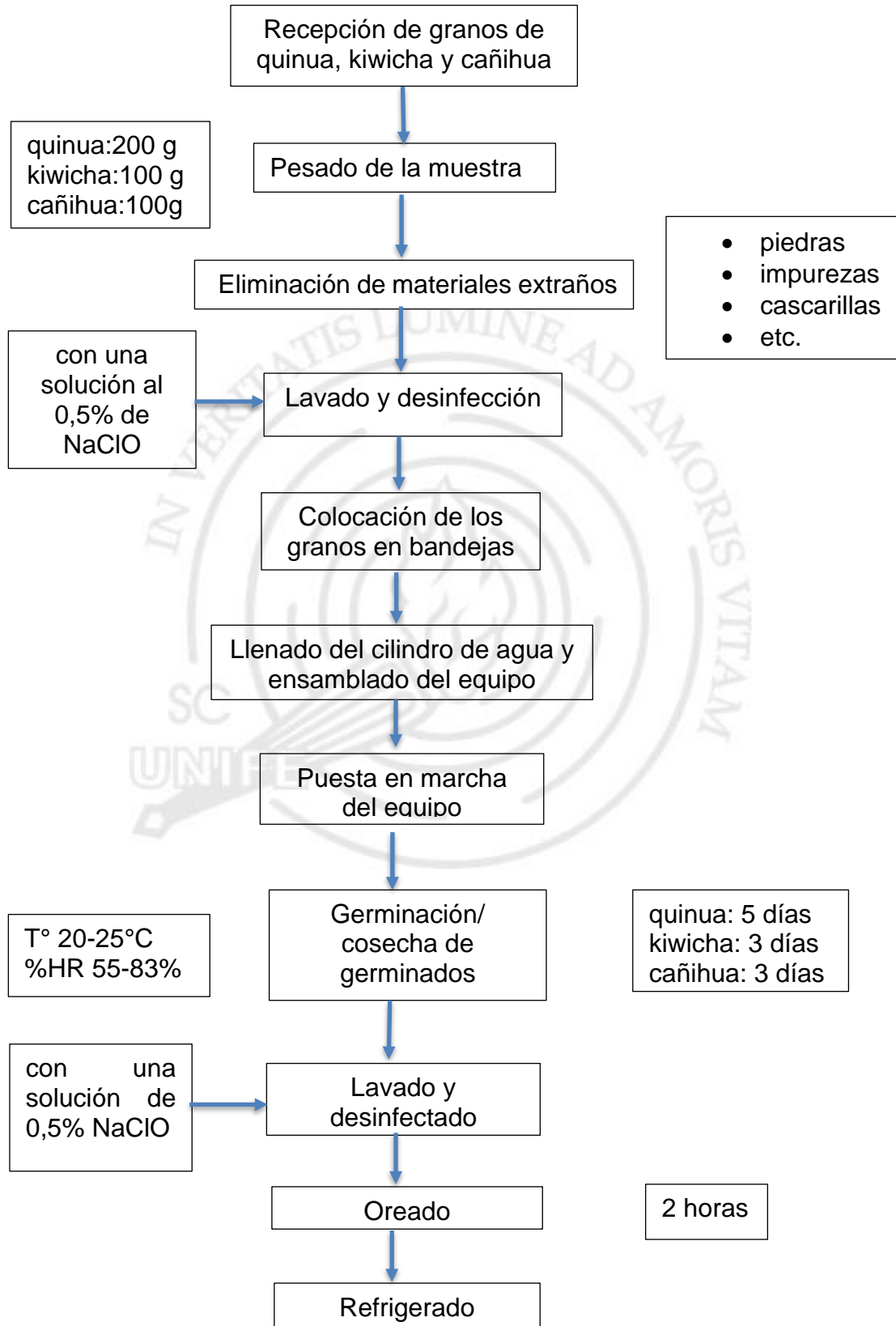


Fuente: Manual de Instrucciones Freshlife FL-3000. Tribest Corp <sup>60</sup>



**Figura 5**

*Flujograma de obtención de granos andinos germinados con el Germinador automático Freshlife FL-3000*



### **3.4.3 Métodos de determinación de análisis proximales y digestibilidad de proteína *in vitro***

Se solicitaron los servicios de La Molina Calidad Total - Laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), para determinar el contenido de ceniza, proteína y grasa, además de establecer el nivel de digestibilidad de la proteína.

Los instrumentos de recolección de datos fueron los informes de ensayos emitidos por el laboratorio de La Molina Calidad Total.

Los métodos utilizados para realizar el análisis proximal y la digestibilidad de proteína *in vitro* fueron los siguientes:

#### **3.4.3.1 Determinación de ceniza**

AOAC 940.26 (A) Cap. 37, Pág. 7, Edición 20<sup>a</sup> 56

#### **3.4.3.2 Determinación de proteína**

AOAC 920.152 Cap. 37, Pág. 10, Edición 20<sup>a</sup> 56

#### **3.4.3.3 Determinación de grasa**

AOAC 930.09 Cap. 3, Pág. 24, Edición 19<sup>a</sup> 57

#### **3.4.3.4 Determinación de digestibilidad *in vitro* por pepsina**

*Método de análisis de Piensos y Forrajes MAX BECKER 1961*

Esta prueba se basa en someter la muestra (1 g) a la acción enzimática de una solución de pepsina (0.0002% en ácido clorhídrico 0.075N) por 16 horas a 45°C. Se trabaja con un blanco sin pepsina. Se filtra el líquido resultante en papel filtro Whatman N° 2, reteniendo la fracción insoluble. A esta fracción se le

determina el contenido de proteína por el método Kjeldahl. Para calcular la digestibilidad utilizamos la fórmula:

$$\% \text{Digestibilidad} = \frac{(\text{g proteína residual sin pepsina} - \text{g proteína residual con pepsina})}{\text{g proteína residual sin pepsina}} \times 100^{58}$$

### **3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Con los resultados obtenidos de las muestras de los granos andinos se elabora una base de datos en el Microsoft Excel 2013, donde se encuentran detallados los resultados de los indicadores de investigación para cada tipo de grano y su proceso correspondiente.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa Minitab 18, el cual permite el análisis estadístico de los datos pudiendo cuantificar los objetivos y comprobar las hipótesis planteadas. Se trabajó con un diseño factorial 3 x 2 completamente al azar, esto último debido a que los tratamientos son homogéneos.

Las técnicas estadísticas que se utilizaron para el análisis fueron los estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, coeficiente de variación). Para la comprobación de las hipótesis se utilizaron la prueba de ANOVA factorial con tres niveles de A y 2 niveles de B, y las pruebas posthoc de Tukey.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis de composición nutricional y digestibilidad de proteína, realizados a las muestras de quinua, kiwicha y cañihua, en sus formas cocida y germinada.

Inicialmente, se evaluaron las interacciones de los tres tipos de grano: quinua, kiwicha y cañihua, con los tipos de proceso (cocción y germinado) y su efecto en el contenido de ceniza, proteína, grasa y digestibilidad. El propósito fue facilitar el análisis a un nivel más amplio e integral. Para las pruebas de ANOVA se verificó previamente el cumplimiento de los supuestos, encontrando que para la digestibilidad no se cumple el supuesto de normalidad (Apéndice F), por lo que se realizó una comparación de los procesos por tipo de grano. Ver sección 3.5. En la tabla 7 se presentan los resultados de la investigación.

**Tabla 7**  
*Resultados para quinua, kiwicha y cañihua en sus dos procesos*

	Proceso	Quinua	Kiwicha	Cañihua
% ceniza	cocción	2.52	3.24	3.47
(g/100 g MS)	germinación	4.04	4.26	3.78
% proteína	cocción	12.44	13.09	15.18
(g/100 g MS)	germinación	18.19	15.18	12.23
% grasa	cocción	1.35	0.88	1.65
(g/100 g MS)	germinación	4.81	2.98	3.09
Digestibilidad	cocción	81.43	86.70	83.42
(g/100 g prot.)	germinación	79.73	81.31	84.19

En este estudio se encontró que existe un efecto por parte de la interacción del proceso (cocido y germinado) y el tipo de grano (quinua, kiwicha

y cañihua) en los contenidos de ceniza, proteína, grasa y digestibilidad de proteína. Ambos factores: proceso y tipo de grano, producen variaciones del contenido de los parámetros mencionados.

#### 4.1 Prueba de Hipótesis Específica 1

Antes de realizar la prueba de ANOVA se verificó el cumplimiento de la normalidad de la variable ceniza (Ver Apéndice F).

$H_0$ : No existen diferencias significativas en el contenido de ceniza de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua

$H_1$ : Existen diferencias significativas en el contenido de ceniza de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua

Nivel de confianza: 95% ( $\alpha=0.05$ )

Regla de decisión: Si  $p \geq 0.05 \rightarrow$  Se acepta la hipótesis nula.

Si  $p < 0.05 \rightarrow$  Se rechaza la hipótesis nula

#### Tabla 8

*Análisis de varianzas (ANOVA) para la interacción de los factores de proceso y tipo de grano en el contenido de Ceniza*

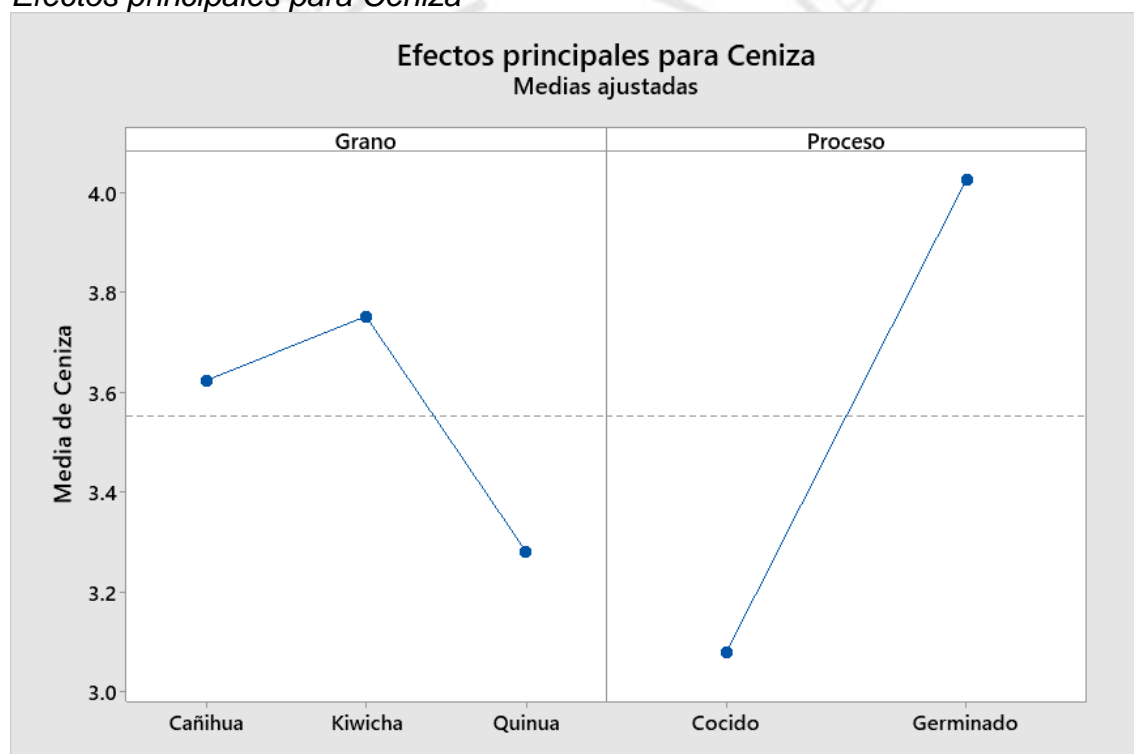
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Grano*Proceso</b>	<b>2</b>	1.48880	0.74440	154.98	0.000
Grano	2	0.94691	0.47346	98.57	0.000
Proceso	1	5.39474	5.39474	1123.12	0.000
Error	18	0.08646	0.00480		
Total	23	7.91691			

La significancia para la prueba ANOVA ( $p=0.000$ ) muestra que  $p$  es menor a 0.05, lo que permite señalar que existen diferencias significativas en el contenido de ceniza de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y

cañihua. Es decir, que existe un efecto por parte de la interacción del proceso (cocido y germinado) y el tipo de grano (quinua, kiwicha y cañihua) en el contenido de ceniza. Además, la prueba ANOVA nos muestra valores de p para los factores de proceso ( $p=0.000$ ) y tipo grano ( $p=0.000$ ) individualmente, esto indica que ambos factores individualmente producen variaciones en el contenido de ceniza. Las figuras 6 y 7 son las gráficas factoriales para ceniza.

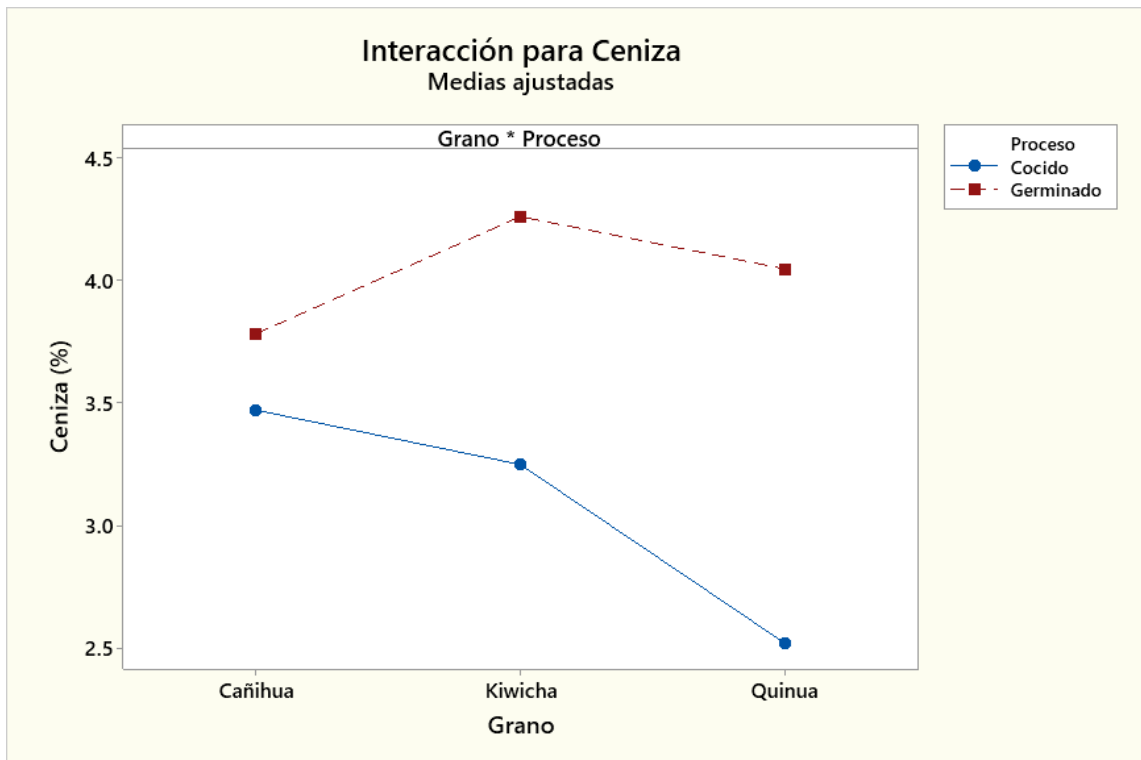
En la figura 6 se muestra la relación de los valores de ceniza con el tipo de grano (lado izquierdo de la figura) y con los procesos (lado derecho de la figura).

**Figura 6**  
*Efectos principales para Ceniza*



En la figura 7 se muestra cómo la relación entre el tipo de grano y el contenido de ceniza dependen del tipo de proceso. Mientras menos paralelas sean las líneas, mayor será la fuerza de la interacción.

**Figura 7**  
*Interacción para Ceniza*



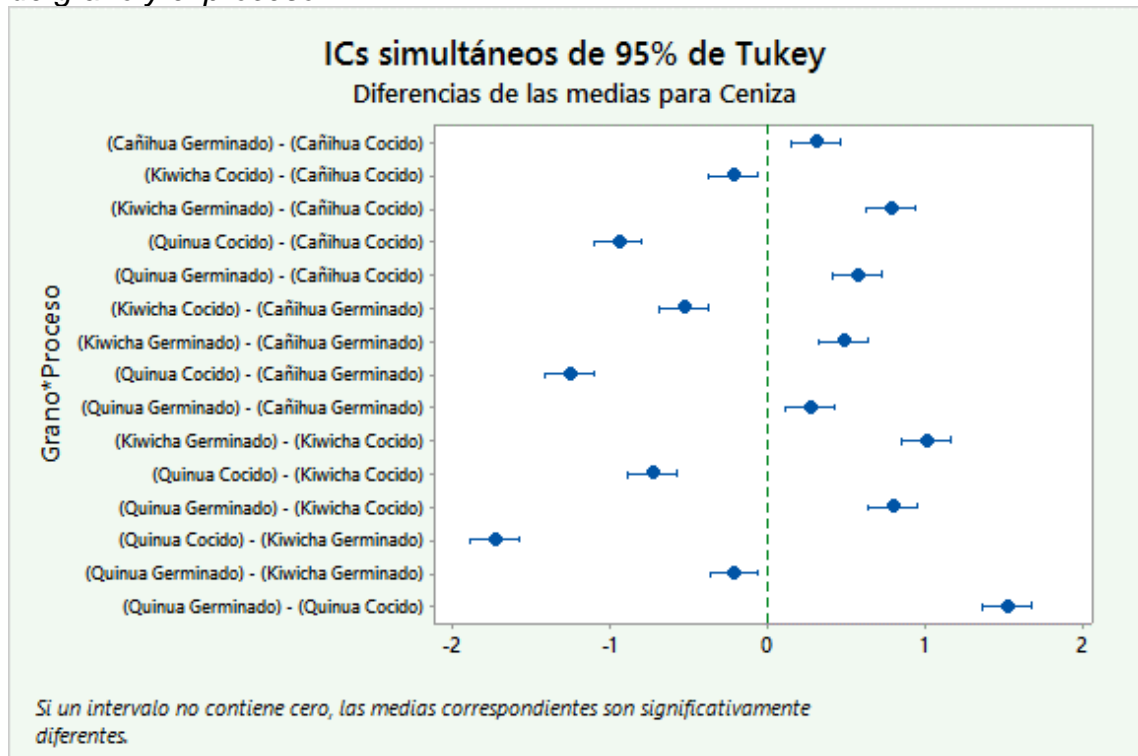
En la Tabla 9 se muestra el cuadro resumen de la prueba de Tukey, que muestra si hay diferencias entre los tratamientos. Ver tablas en Apéndice E. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Tabla 9**  
*Prueba post hoc de Tukey para el contenido de Ceniza*

Descripción	N	Media	Agrupación
Kiwicha Germinado	4	4.26	A
Quinoa Germinado	4	4.04	B
Cañihua Germinado	4	3.78	C
Cañihua Cocido	4	3.47	D
Kiwicha Cocido	4	3.25	E
Quinoa Cocido	4	2.52	F

**Figura 8**

Comparación de medias para el contenido de ceniza según la interacción del tipo de grano y el proceso



En la tabla 9 se observa el resumen de las pruebas de comparaciones múltiples de la prueba de Tukey, el cual nos indica que existen diferencias significativas entre las medias de contenido de cenizas de los seis tratamientos. La kiwicha germinada es la que tiene un mayor contenido de ceniza, seguida por la quinua germinada y la cañihua germinada, siendo la quinua cocida la que tiene el menor contenido de ceniza. Además, se puede establecer que el proceso de germinado obtiene los mayores valores de contenido de ceniza en los granos de quinua, kiwicha y cañihua.

#### 4.2 Prueba de Hipótesis Específica 2

Antes de realizar la prueba de ANOVA se verificó el cumplimiento de la normalidad de la variable proteína (Ver Apéndice F).



H<sub>0</sub>: No existen diferencias significativas en el contenido de proteínas de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua

H<sub>1</sub>: Existen diferencias significativas en el contenido de proteínas de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua

Nivel de confianza: 95% ( $\alpha=0.05$ )

Regla de decisión: Si  $p \geq 0.05 \rightarrow$  Se acepta la hipótesis nula.

Si  $p < 0.05 \rightarrow$  Se rechaza la hipótesis nula

**Tabla 10**

*Análisis de varianzas (ANOVA) para la interacción de los factores de proceso y tipo de grano en el contenido de Proteína*

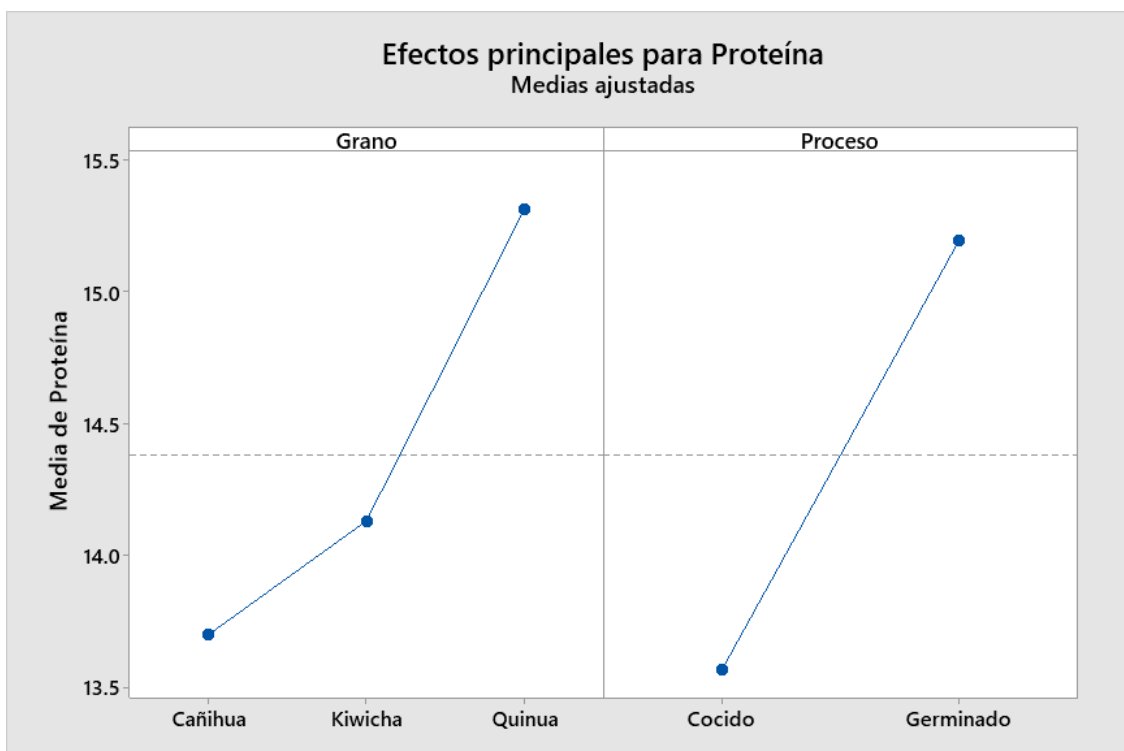
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Grano*Proceso</b>	<b>2</b>	76.290	38.1451	203.78	0.000
Grano	2	11.136	5.5681	29.75	0.000
Proceso	1	15.920	15.9203	85.05	0.000
Error	18	3.369	0.1872		
Total	23	106.716			

La significancia para la prueba ANOVA ( $p=0.000$ ) muestra que  $p$  es menor a 0.05, lo que permite señalar que existen diferencias significativas en el contenido de proteína de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua. Es decir, que existe un efecto por parte de la interacción del proceso (cocido y germinado) y el tipo de grano (quinua, kiwicha y cañihua) en el contenido de proteína. Además, la prueba ANOVA nos muestra valores de  $p$  para los factores de proceso ( $p=0.000$ ) y tipo grano ( $p=0.000$ ) individualmente, esto nos indica que ambos factores individualmente producen variaciones del

contenido de proteína. Las figuras 9 y 10 son las gráficas factoriales para proteína.

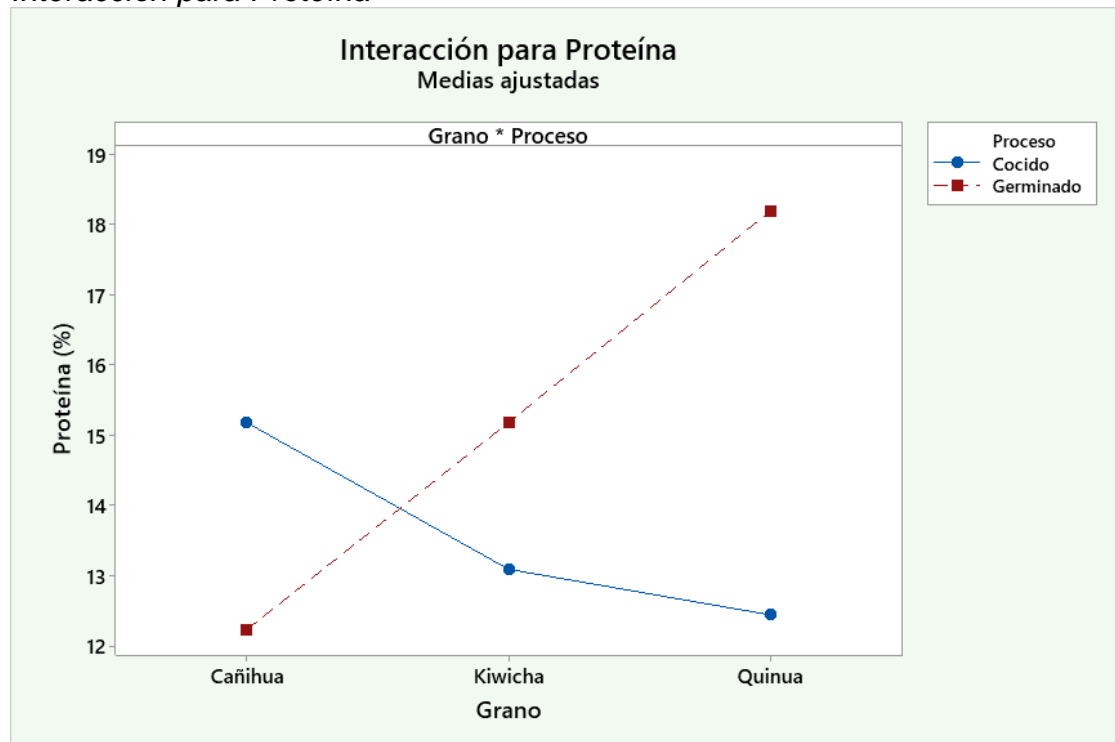
En la figura 9 se muestra la relación de los valores de proteína con el tipo de grano (lado izquierdo de la figura) y con los procesos (lado derecho de la figura).

**Figura 9**  
*Efectos principales para Proteína*



En la figura 10 se muestra cómo la relación entre el tipo de grano y el contenido de proteína dependen del tipo de proceso. Mientras menos paralelas sean las líneas, mayor será la fuerza de la interacción.

**Figura 10**  
*Interacción para Proteína*



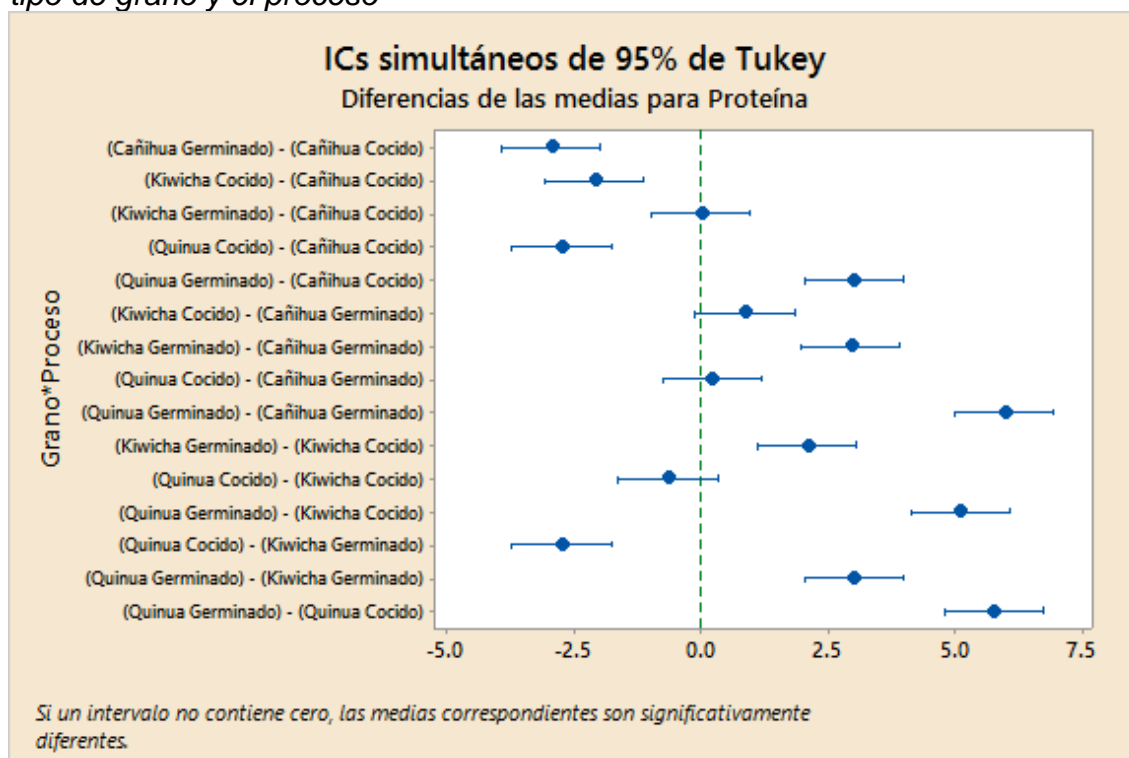
En la Tabla 11 se muestra el cuadro resumen de la prueba de Tukey, que muestra si hay diferencias entre los tratamientos. Ver tablas en Apéndice E.

**Tabla 11**  
 Prueba post hoc de Tukey para el contenido de Proteína

Grano*Proceso	N	Media	Agrupación
Quinoa Germinado	4	18.19	A
Kiwicha Germinado	4	15.18	B
Cañihua Cocido	4	15.18	B
Kiwicha Cocido	4	13.09	C
Quinoa Cocido	4	12.44	C
Cañihua Germinado	4	12.23	C

**Figura 11**

*Comparación de medias para el contenido de proteína según la interacción del tipo de grano y el proceso*



En la tabla 11 se observa el resumen de las pruebas de comparaciones múltiples de la prueba de Tukey, el cual nos indica que existen tres grupos en lo referente al contenido de proteínas en los granos, los cuales presentan diferencias significativas entre sí. Es la quinua germinada la que tiene un mayor contenido de proteínas (grupo A), seguido por el grupo de kiwicha germinada y cañihua cocido (grupo B) que obtienen niveles intermedios de contenido de proteínas y no tienen diferencias significativas entre sí. Además, el grupo formado por kiwicha cocida, quinua cocida y cañihua germinada (grupo C) son los que tienen menores contenidos de proteínas y no presentan diferencias significativas entre sí. Con relación al tipo de grano, se encontró en la quinua y kiwicha mayor contenido de proteína en los granos germinados y en el caso de la cañihua se encontró mayor contenido de proteína en el grano cocido.

### 4.3 Prueba de Hipótesis Específica 3

Antes de realizar la prueba de ANOVA se verificó el cumplimiento de la normalidad de la variable grasa (Ver Apéndice F).

$H_0$ : No existen diferencias significativas en el contenido de grasa de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua

$H_1$ : Existen diferencias significativas en el contenido de grasa de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua

Nivel de confianza: 95% ( $\alpha=0.05$ )

Regla de decisión: Si  $p \geq 0.05 \rightarrow$  Se acepta la hipótesis nula.

Si  $p < 0.05 \rightarrow$  Se rechaza la hipótesis nula

**Tabla 12**

*Análisis de varianzas (ANOVA) para la interacción de los factores de proceso y tipo de grano en el contenido de Grasa*

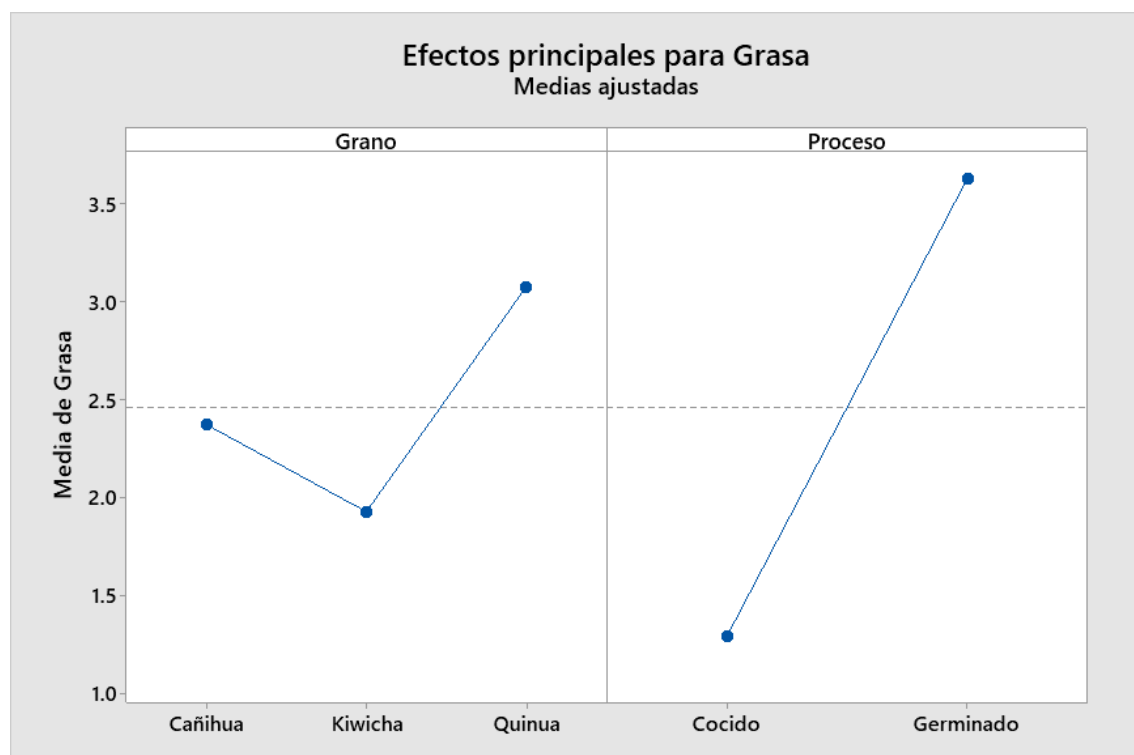
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Grano*Proceso</b>	<b>2</b>	4.2035	2.1018	157.33	0.000
Grano	2	5.3666	2.6833	200.86	0.000
Proceso	1	32.7593	32.7593	2452.18	0.000
Error	18	0.2405	0.0134		
Total	23	42.5699			

La significancia para la prueba ANOVA ( $p=0.000$ ) muestra que  $p$  es menor a 0.05, lo que permite señalar que existen diferencias significativas en el contenido de grasa de los granos cocidos y germinados de quinua, kiwicha y cañihua. Es decir, que existe un efecto por parte de la interacción del proceso (cocido y germinado) y el tipo de grano (quinua, kiwicha y cañihua) en el contenido de grasa. Además, la prueba ANOVA nos muestra valores de  $p$  para

los factores de proceso ( $p=0.000$ ) y tipo grano ( $p=0.000$ ) individualmente, esto nos indica que ambos factores individualmente producen variaciones del contenido de grasa. Las figuras 12 y 13 son las gráficas factoriales para grasa.

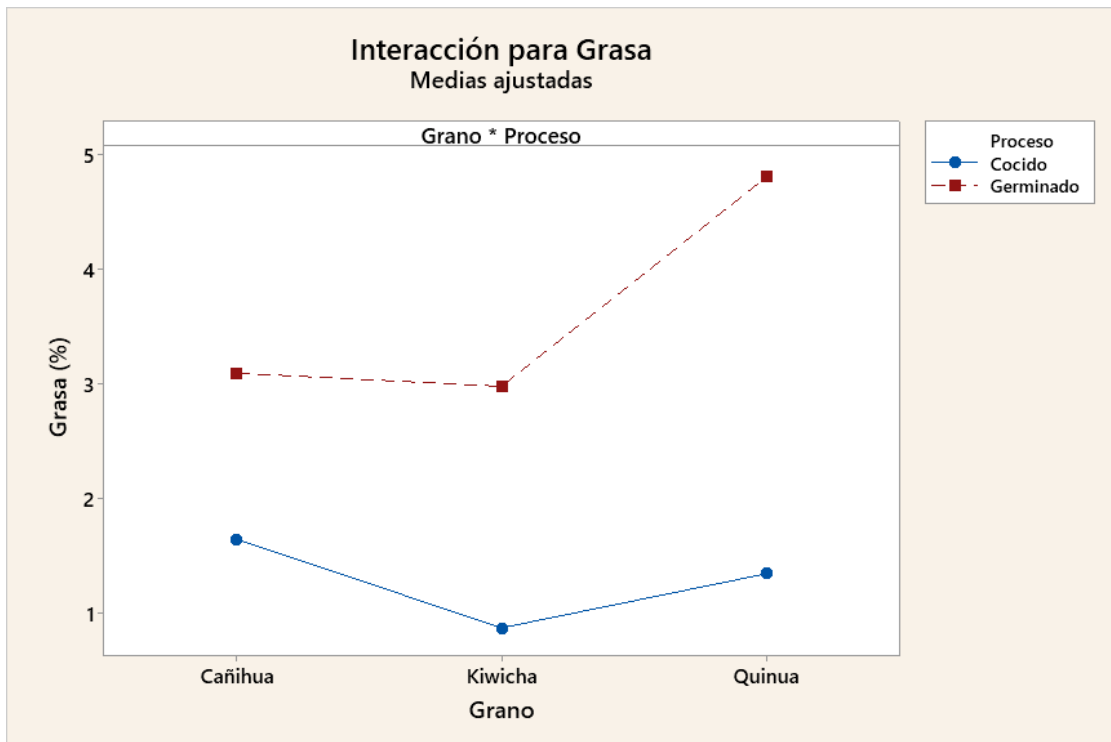
En la figura 12 se muestra la relación de los valores de grasa con el tipo de grano (lado izquierdo de la figura) y con los procesos (lado derecho de la figura).

**Figura 12**  
*Efectos principales para Grasa*



En la figura 13 se muestra cómo la relación entre el tipo de grano y el contenido de grasa dependen del tipo de proceso. Mientras menos paralelas sean las líneas, mayor será la fuerza de la interacción.

**Figura 13**  
*Interacción para Grasa*



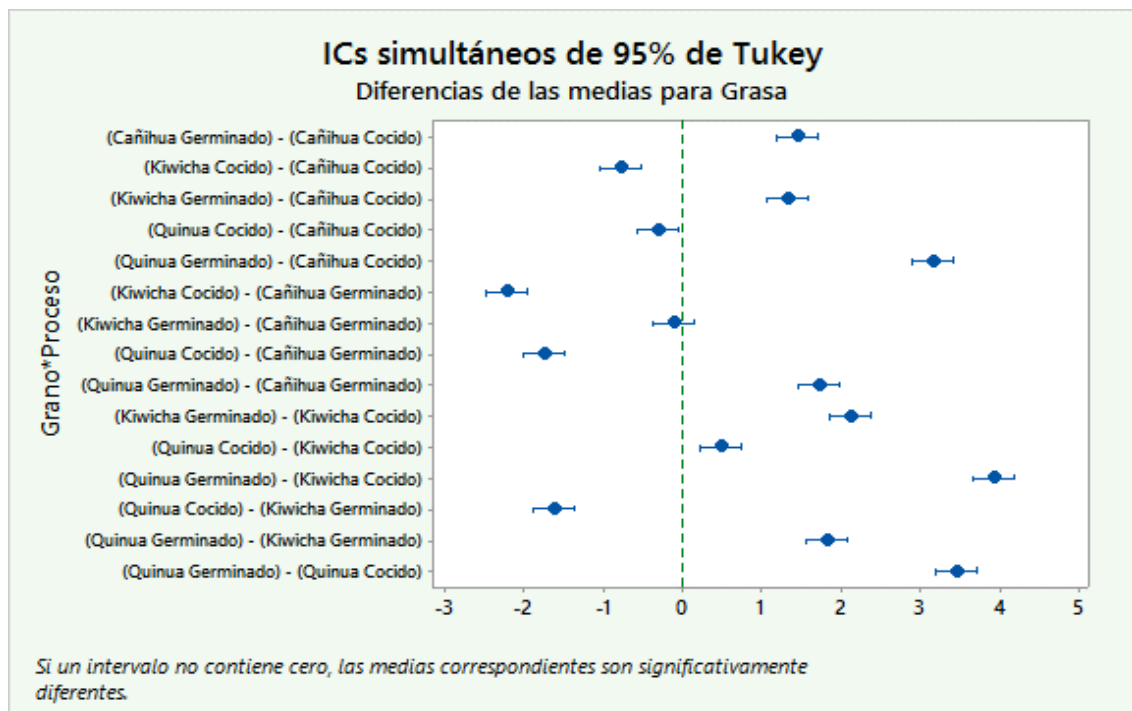
En la Tabla 13 se muestra el cuadro resumen de la prueba de Tukey, que muestra si hay diferencias entre los tratamientos. Ver tablas en Apéndice E.

**Tabla 13**  
*Prueba post hoc de Tukey para el contenido de Grasa*

Grano*Proceso	N	Media	Agrupación
Quinoa Germinado	4	4.80	A
Cañihua Germinado	4	3.09	B
Kiwicha Germinado	4	2.98	B
Cañihua Cocido	4	1.65	C
Quinoa Cocido	4	1.34	D
Kiwicha Cocido	4	0.87	E

**Figura 14**

*Comparación de medias para el contenido de grasa según la interacción del tipo de grano y el proceso*



En la tabla 13 se observa el resumen de las pruebas de comparaciones múltiples de la prueba de Tukey, el cual nos indica que existen cinco grupos en lo referente al contenido de grasa en los granos, los que sí presentan diferencias significativas entre sí. Es la quinua germinada (grupo A) la que tiene un mayor contenido de grasa, seguido por el grupo de cañihua germinada y kiwicha germinado (grupo B), que no presentan diferencias significativas entre sí. Además, se tiene que los granos de cañihua cocida (grupo C) quinua cocida (grupo D) y kiwicha cocida (grupo E) son los que tienen menores contenidos de grasa. En general se puede establecer que los granos de quinua, kiwicha y cañihua sometidos el proceso de cocción tienen el menor contenido de grasa.



#### 4.4 Prueba de Hipótesis Especifica 4

Dado que en la digestibilidad de proteína in vitro no se cumple con el supuesto de normalidad (Ver Apéndice F), no ha sido posible hacer la Prueba de ANOVA de doble vía como con las anteriores variables dependientes. Por lo tanto, se ha realizado la comparación por tipo de grano.

- **Quinua**

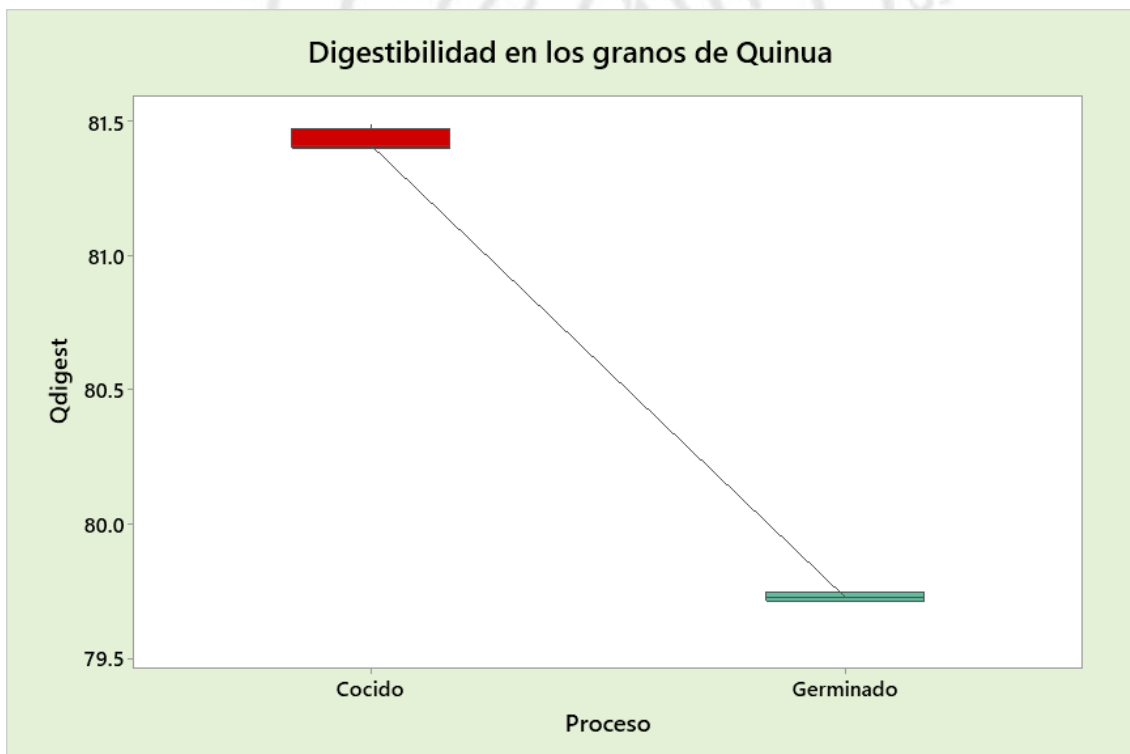
**Tabla 1**

*Datos de grado de digestibilidad de los granos de quinua después de ser germinados y cocidos*

Grano	Proceso	Media	n
Quinua	Cocido	81.43	4
	Germinado	79.73	4

**Figura 15**

*Cajas para el grado de Digestibilidad en el grano de Quinua según proceso*



En la tabla 14 y figura 15 se observa que para los granos de quinua se obtiene un mayor grado de digestibilidad promedio para los granos cocidos (81.43%) en comparación con los granos germinado (79.73%).

- **Kiwicha**

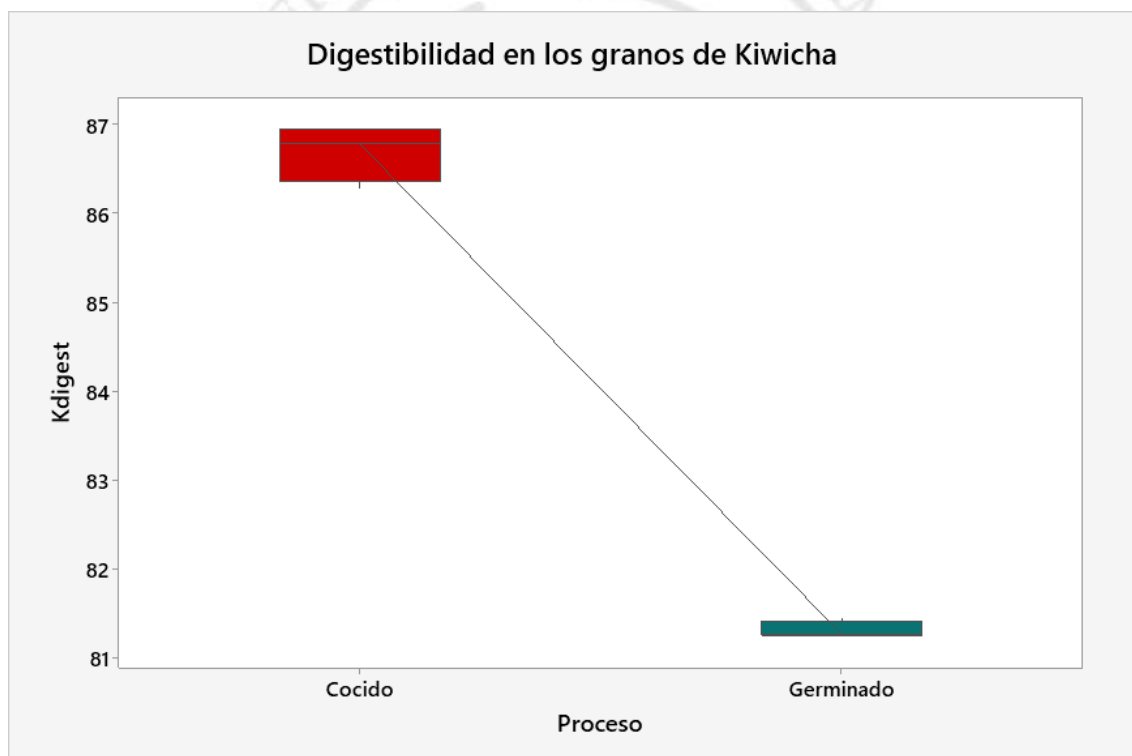
**Tabla 15**

*Datos de grado de digestibilidad de los granos de kiwicha después de ser germinados y cocidos*

Granos	Proceso	Media	n
Kiwicha	Cocido	86.70	4
	Germinado	81.31	4

**Figura 16**

*Cajas para el grado de Digestibilidad en el grano de Kiwicha según proceso*



En la tabla 15 y figura 16 se observa que para los granos de kiwicha se obtiene un mayor grado de digestibilidad promedio para los granos cocidos (86.70%) en comparación con los granos germinado (81.31%).

- Cañihua

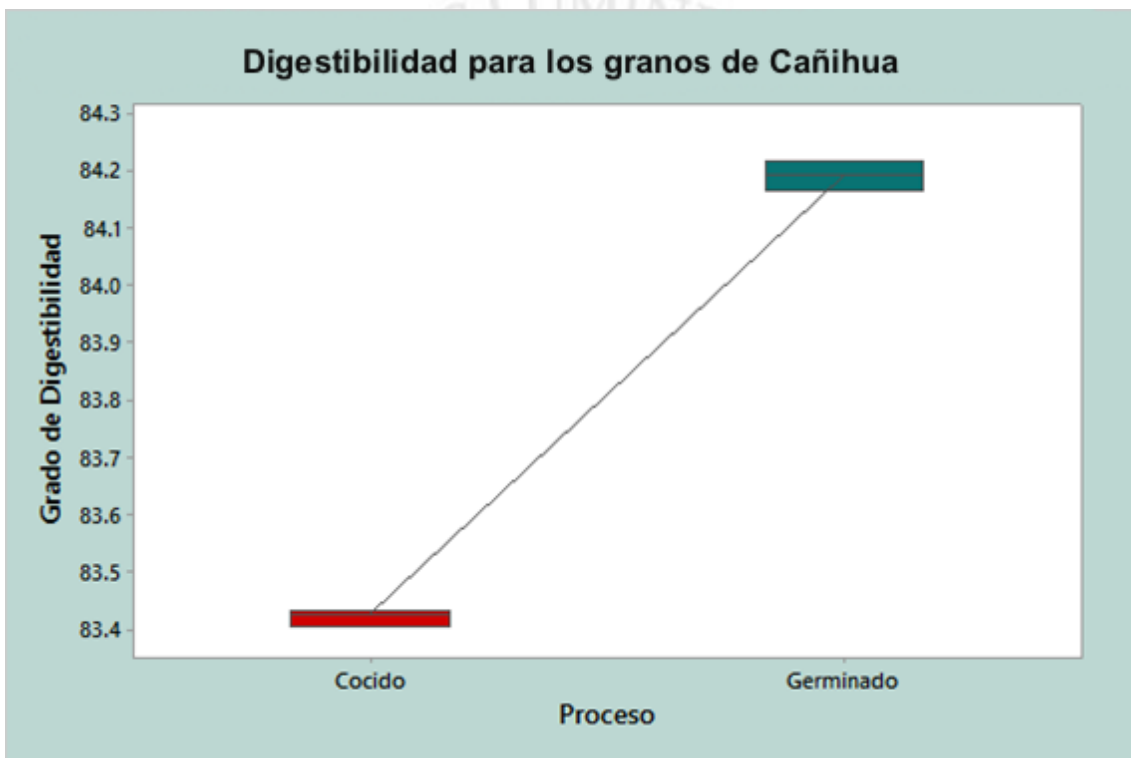
**Tabla 16**

*Datos de grado de digestibilidad de los granos de cañihua después de ser germinados y cocidos*

Granos	Proceso	Media	n
Cañihua	Cocido	83.42	4
	Germinado	84.19	4

**Figura 17**

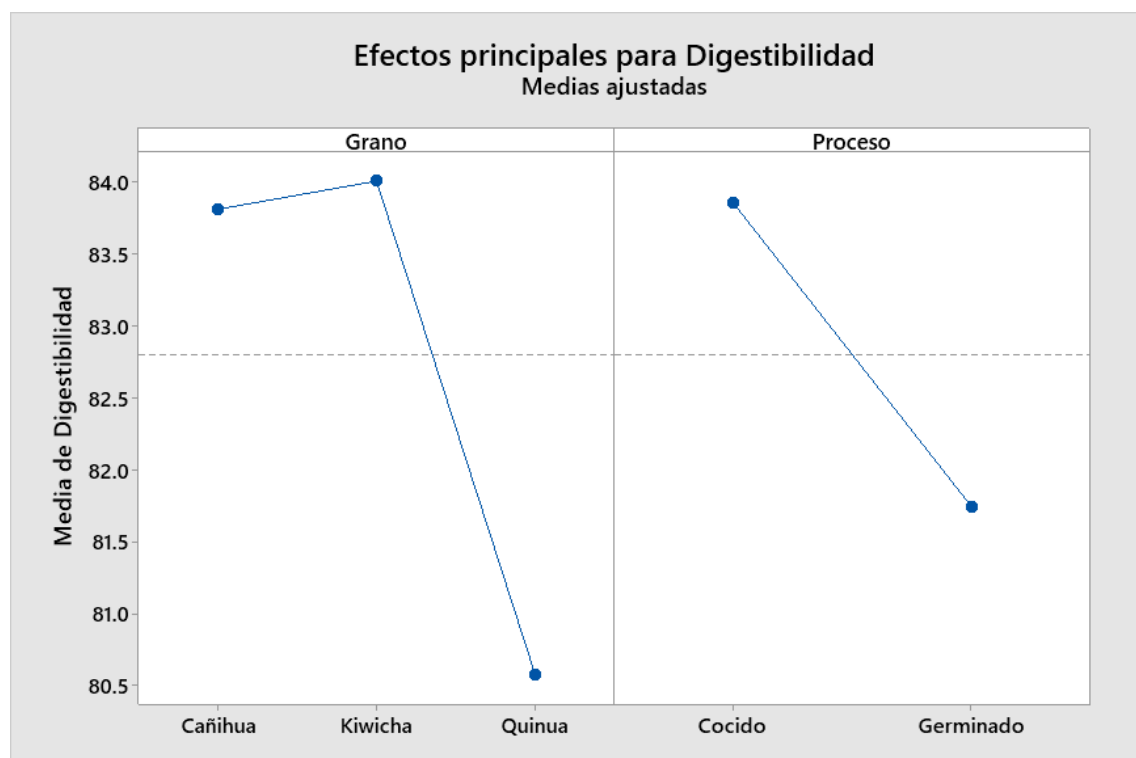
*Cajas para el grado de Digestibilidad en el grano de Cañihua según proceso*



En la tabla 16 y figura 17 se observa que para los granos de cañihua se obtiene un mayor grado de digestibilidad promedio para los granos germinados (84.19%) en comparación con los granos cocidos (83.42%).

En la figura 18 podemos ver la relación de los valores de digestibilidad con el tipo de grano (lado izquierdo de la figura) y con los procesos (lado derecho de la figura). En el gráfico podemos observar que la digestibilidad media de la kiwicha es mayor, seguida por la cañihua y la quinua. También podemos observar que la digestibilidad media de los granos cocidos es mayor a la de los granos germinados.

**Figura 18**  
*Efectos principales para Digestibilidad*



## CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1 Contenido de ceniza en los granos y procesos estudiados

Se encontró para quinua cocida un contenido promedio de ceniza de 2,52 g/100 g MS y para quinua germinada un contenido de 4.04 g/100 g MS. La quinua germinada presenta una concentración de ceniza que casi duplica la encontrada en la quinua cocida.

Bravo et al.<sup>12</sup> (2013) reportaron para quinua germinada una concentración de ceniza de 1.5 g/100 g MS, la cual es inferior a la obtenida en esta investigación. Esta diferencia podría deberse a la variedad de quinua utilizada y a la procedencia, ya que la muestra de quinua que hemos evaluado es Blanca de Hualhuas, cultivada en La Molina y la estudiada por Bravo et al. es Blanca de Junín, cultivada en Huancayo. Así mismo, difieren los criterios para finalización de la germinación, ya que Bravo et al. lo establecen cuando las radículas tienen entre 1 y 2 cm.. Por otro lado, Aguilar et al.<sup>62</sup> (2019) muestran resultados de ceniza para quinua germinada en un rango de 2.38 a 3.15 g/100 g MS, valores inferiores a los obtenidos en este estudio, pero más cercanos que los reportados por Bravo et al..

Pezúa (2017)<sup>47</sup> y Valenzuela et al. (2015)<sup>14</sup> trabajan independientemente en investigaciones en las que evalúan la quinua de las variedades Negra Collana, Pasankalla y Salcedo INIA, en las formas de proceso cocido y germinado. Para granos cocidos, los resultados de Pezúa presentan valores de contenido de ceniza de 2.88, 3.11 y 2.73 g/100 g MS respectivamente, mientras que Valenzuela et al. muestran valores de 1.18, 1.13 y 1.01 g/100 g MS. Con

relación al valor hallado en el presente estudio (2.52 g/100 g MS), los valores de Pezúa son aproximadamente 15% mayores y los de Valenzuela son aproximadamente 44% menores. En el caso de los granos germinados los valores obtenidos por Pezúa fueron de 3.10, 3.21 y 3.15 g/100 g MS para las variedades Negra Collana, Pasankalla y Salcedo INIA respectivamente y los obtenidos por Valenzuela fueron 1.45, 1.12 y 1.10 g/100 g MS. Con relación a los valores obtenidos en esta investigación (4.04 g/100 g MS) los resultados de Pezúa son aproximadamente 22% menores y los de Valenzuela son aproximadamente 70% menores. Las diferencias halladas en ambos trabajos se deberían a que Pezúa y Valenzuela trabajaron con variedades de quinua diferentes a las del presente estudio, nosotras utilizamos la variedad Quinua Blanca de Hualhuas.

Por otra parte, Miranda et al.<sup>63</sup> (2012) realizó una investigación en seis genotipos de quinua cultivados en tres diferentes regiones geográficas de Chile. En este estudio mostró que las características agronómicas, nutricionales, físico químicas y antioxidantes significativamente diferentes, están influenciados por el genotipo.

La kiwicha presentó valores de ceniza de 3.24 g/100 g MS para la muestra cocida y 4.26 g/ MS para la germinada, observándose que la forma germinada presenta un valor superior en aproximadamente 31% con respecto al grano cocido.

Bravo (2013)<sup>12</sup> reporta un valor de 3.18 g/100g MS de ceniza en la kiwicha germinada, el cual es aproximadamente 25% inferior al encontrado en este estudio, lo cual podría deberse a las diferencias varietales. Con relación al contenido de minerales de los granos andinos después de la germinación, Bravo

et al. reportan que el contenido de fósforo disminuye notablemente en aproximadamente 80%, esto sucede debido a que es necesaria la utilización de energía en los granos durante la germinación, mientras que el contenido de calcio se incrementa en 32% y el de hierro en 1.8% <sup>12</sup>.

En lo que se refiere a cañihua, en esta investigación se encontró un contenido de ceniza de 3.47 g/100 g MS para cañihua cocida y un valor ligeramente mayor 3.78 g/100 g MS para cañihua germinada. Estos resultados difieren de los obtenidos por Castillo<sup>13</sup> (2010), quien reporta un contenido de cenizas de 2.73 g/100 g MS en la cañihua con 72 horas de germinación en la variedad Cupi INIA Puno, mientras que León<sup>64</sup> (2020) reporta un valor de cenizas de 3.18 g/100 g MS en la cañihua germinada de la misma variedad. Ambos valores encontrados por los mencionados investigadores son inferiores a los hallados para la variedad IILLPA INIA Puno.

Aliaga et al. <sup>65</sup> (2017) reportaron un incremento de 27% en hierro y 137% en fósforo en la cañihua germinada en comparación con la forma sin germinar en el Ecotipo naranja. Por otra parte, Cruz<sup>66</sup> (2017) encontró que el contenido de hierro de la cañihua germinada de la variedad Illampu es de 17.90 mg/100 g, el contenido de calcio es de 159.36mg/100 y en la variedad Pupurani encontraron un contenido de zinc de 374.31 mg/100g, considerándolo un valor alto. Las diferencias en el contenido total de cenizas y minerales se pueden deber a las diferentes variedades empleadas y los diferentes lugares de procedencia.

Al comparar los tres granos en sus dos formas de proceso, se encontró en relación con las cenizas, que la kiwicha germinada presentó el mayor contenido, seguida de la quinua germinada y luego por la cañihua germinada.

## 5.2 Contenido de proteína en los granos y procesos estudiados

Para el caso de quinua, en esta investigación se encontró un contenido promedio de proteína de 12.44 g/100 g MS para la muestra cocida y para la quinua germinada un contenido de 18.19 g/100 g MS.

Otros estudios, como el de Bravo et al.<sup>12</sup> reportan para quinua germinada un valor de proteína de 13.09 g/100 g MS, inferior en aproximadamente 28% que el encontrado en esta investigación. Por otra parte, Pezúa<sup>47</sup> reportó valores de proteína para grano cocido de 15.67, 14.58 y 13.94 g/ 100 g MS, los cuales en promedio son mayores a los valores encontrados en esta investigación (12.44 g/100g MS) en aproximadamente 18% y reportó para grano germinado valores de 13.46, 13.09 y 11.75 g/ 100 g MS, que en promedio son inferiores en aproximadamente 30% a los de la presente investigación (18.19 g/100 g MS). Esta diferencia podría deberse, por la variedad usada, procedencia y criterio de finalización de la germinación.

Luque et al.<sup>41</sup> (2019) evaluaron el proceso de germinación de la quinua variedad Pasankalla y detectaron un ligero descenso del contenido de proteínas al inicio de la germinación, como resultado del desdoblamiento de nutrientes mediante enzimas, obteniéndose un alimento más digerible. Luego de dos días de germinación encontraron un incremento de proteína de 12.6 a 13.9 g/100 g MS entre quinua no germinada y germinada, respectivamente, lo cual debería tenerse en cuenta para futuros trabajos de investigación. En nuestro caso consideramos como punto de germinación la aparición de las dos hojitas, que correspondieron a cinco días de germinación se debería al momento de germinación, lo que podría explicar el alto contenido de proteína hallada en nuestra muestra.



Valenzuela et al.<sup>14</sup> (2015), obtuvieron valores de proteína de 15.17, 12.05 y 11.38 g/100 g MS en las muestras de quinua cocida y valores de 14.5, 11.16 y 12.05 g/100 g MS para muestras germinadas. Los que, comparados con los valores obtenidos en esta investigación, son 3% mayores para el grano cocido y 31% menores para el germinado. Estas diferencias podrían deberse a las variedades genéticas utilizadas, así como el reporte de Bewley<sup>67</sup> (2013) que indica que los pseudocereales por ser dicotiledóneas, al tercer día de germinación incrementan el contenido de nitrógeno proteico.

Con respecto al contenido de proteínas, los resultados de esta investigación evidencian que hay diferencia entre la kiwicha cocida (13.09 g/100g MS) y germinada (15.18 g/100 g MS), siendo mayor el contenido de proteínas en la kiwicha germinada en aproximadamente 16% con relación a la cocida. Por otro lado, Chaparro et al.<sup>17</sup> (2010) mencionan que el contenido de proteína en la kiwicha se incrementa significativamente durante el segundo y tercer día de germinación, lo que no ocurre con la quinua que mantiene el contenido de proteína durante el proceso de germinación respecto a las semillas sin germinar. En lo que se refiere al contenido de proteína en granos germinados de kiwicha, Bravo et al.<sup>12</sup> reportan un contenido de 16.5 g/100 g MS, ligeramente mayor al obtenido en el presente estudio, por otra parte Chaparro<sup>17</sup> (2010) señala 14.25 g/100 g MS en el grano germinado, valor menor que el encontrado en el presente trabajo.

Cámara et al.<sup>68</sup> señalan que al someter a los alimentos vegetales a un proceso de cocción con agua a una temperatura de 100°C durante 10 minutos, se produce pérdida de proteínas, originado por hidrólisis o lixiviación en el agua

de cocción, lo que podría respaldar el menor contenido de proteínas en los granos cocidos.

Por su parte en la cañihua, el contenido de proteínas encontrado fue de 15.18 g/100 g MS en cañihua cocida y de 12.23 g/100g MS en cañihua germinada. La cañihua germinada tuvo un valor aproximadamente 19% menor que la cañihua cocida. Castillo<sup>13</sup> (2010) reporta 18.4 g/100 g MS de contenido de proteínas en la cañihua germinada, y León<sup>64</sup> (2020) un valor de 19.9 g/100 g MS, ambos valores superiores al obtenido en la presente investigación (12.23g/100g MS).

Con relación a proteína se obtuvo la mayor concentración en la quinua germinada, seguido por la kiwicha germinada y luego por la cañihua germinada.

### **5.3 Contenido de grasa en los granos y procesos estudiados**

En el caso de la quinua, se encontró en esta investigación que el grano germinado (4.81 g/100g MS) triplicó los valores de contenido de grasa de la quinua cocida (1.35 g/100g MS).

Pezúa<sup>47</sup> menciona valores de lípidos que fluctúan entre 5.51 y 6.09 g/100 g MS para grano cocido y entre 5.86 y 6.24 g/100 g MS para grano germinado de quinua, valores superiores a los hallados en nuestros análisis. Por otra parte, Bravo et al.<sup>12</sup> reportan concentraciones de lípidos para quinua germinada de 6.1 g/100g MS, valores muy similares a los reportados por Pezúa<sup>47</sup> y ambos trabajos muestran concentraciones de lípidos mayores a las encontradas en la presente investigación. Por otra parte, Valenzuela et al.<sup>14</sup> indican para quinua cocida valores entre 5.28 y 5.49 g/100g MS, siendo sus resultados muy cercanos a los reportes ya mencionados y para grano germinado valores ligeramente menores (5.33 y 5.49g/100g MS), siendo éstos últimos mayores que los hallados en nuestro trabajo.

En el caso de la kiwicha los contenidos de grasa obtenidos en esta investigación son 0.88 g/100 g MS para kiwicha cocida y 2.98 g/100 g MS para kiwicha germinada. En este estudio encontramos que el contenido de grasa de la kiwicha germinada fue más del triple del obtenido en la kiwicha cocida. Es evidente el impacto de la cocción en la pérdida de grasa de los granos, esto puede estar influenciado por la temperatura y cantidad de agua utilizada durante la cocción. Según Cámara et al.<sup>68</sup>, la pérdida de grasa durante la cocción de vegetales es probable que ocurra debido a la migración de parte de la grasa del alimento al agua de cocción en forma de microgotas que se dispersan en el medio acuoso. Este proceso también es favorecido por el procesamiento térmico que afecta la integridad de las paredes celulares.

Para la cañihua se obtuvo en esta investigación valores de grasa para la muestra cocida de 1.65 g/100 g MS y para la germinada de 3.09 g/100 g MS, lo que indica que la muestra germinada tuvo un valor aproximadamente 87% mayor que la muestra cocida. Esta diferencia puede estar asociada con la pérdida de grasa en el agua de cocción<sup>13</sup>. Castillo<sup>13</sup> (2010) reporta 10.5 g/100 g MS de grasa en la cañihua germinada, un valor 3 veces mayor al obtenido en nuestro estudio.

Los resultados hallados indican que el mayor contenido de grasa lo presentan los granos germinados evaluados en este estudio.

#### **5.4 Digestibilidad en los granos y procesos estudiados**

En el caso de la quinua, el nivel de digestibilidad *in vitro* de la proteína del grano cocido es en promedio 81.43 g/100 g de proteína, mientras que para el grano germinado es de 79.73 g/100 g de proteína. La digestibilidad *in vitro* de la quinua germinada resultó ser menor en aproximadamente 2% con relación a la quinua cocida.

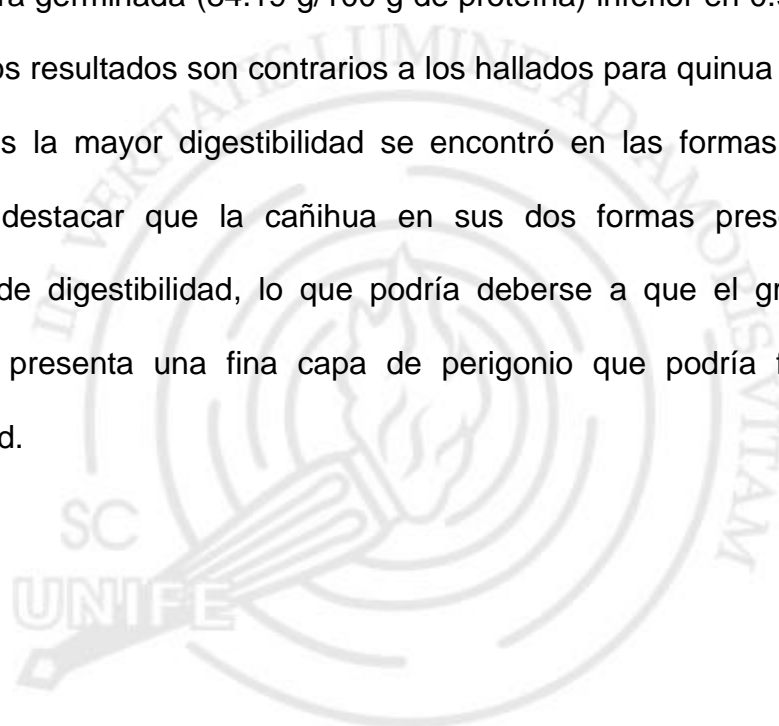
Pezúa<sup>47</sup> reporta valores de digestibilidad de proteína *in vitro* para la quinua cocida en un rango entre 84.07 y 86.27g/100g de proteína y para la germinada entre 81.90 y 83.13g/100g de proteína, similares a los obtenidos en esta investigación. Por otra parte, Chaparro et al.<sup>17</sup> señalan que la digestibilidad para quinua germinada es de 90.35g/100g de proteína, valores superiores a los hallados por Pezúa<sup>47</sup> y nosotros. Esta diferencia podría deberse a la variedad de quinua utilizada y a las condiciones de germinación.

En el caso de la kiwicha, el nivel de digestibilidad *in vitro* de la muestra cocida fue en promedio 86.70 g/100 g de proteína, superior al valor obtenido para los granos germinados (81.31g/100g de proteína).

Chaparro et al.<sup>17</sup> indicaron un valor de digestibilidad de kiwicha germinada de 72.6 g/100 g de proteína en un estudio realizado al tercer día de germinación, siendo inferior en aproximadamente 11% comparado con el presente estudio. Ambas muestras han sido germinadas por tres días, pero son de diferentes variedades, lo que indicaría la influencia de la variedad de las muestras en el contenido de nutrientes, también estas variaciones pueden ser explicadas por los tipos de procesamiento. Por otra parte, Grundy et al.<sup>69</sup> señalan que el amaranto molido es la forma más digerible por lo que evidenciaron que el procesamiento tiene un gran efecto sobre la digestibilidad de macronutrientes como las proteínas. Adicionalmente, sus resultados sugieren que la pared celular de la kiwicha actúa como una barrera física que evita la actividad de enzimas y otros agentes digestivos. Por consiguiente, sugirieron que dependiendo de la variedad y/o las condiciones de crecimiento, los granos de kiwicha adquieren paredes celulares con características fisicoquímicas específicas que afectan su comportamiento durante la digestión en el tracto intestinal humano. Lupano<sup>70</sup>

(2013) indica que en el proceso de cocción de proteínas vegetales a una temperatura máxima o ligeramente mayor a 100°C se produce la ruptura de puentes de hidrogeno, originando la desnaturalización de las proteínas, y al ocurrir esta modificación la digestibilidad aumenta porque quedan más zonas expuestas a la acción de las enzimas como la pepsina.

En el caso de la cañihua, el nivel de digestibilidad *in vitro* de la proteína de la muestra cocida es en promedio 83.42 g/100 g de proteína, siendo el valor de la muestra germinada (84.19 g/100 g de proteína) inferior en 0.9% a la de la cocida. Estos resultados son contrarios a los hallados para quinua y kiwicha, ya que en ellos la mayor digestibilidad se encontró en las formas cocidas. Es importante destacar que la cañihua en sus dos formas presenta valores superiores de digestibilidad, lo que podría deberse a que el grano es muy pequeño y presenta una fina capa de perigonio que podría favorecer su digestibilidad.



## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- El contenido de cenizas resultó mayor en los granos germinados, siendo la kiwicha la de mayor contenido, seguida por la quinua y luego por la cañihua. Los granos cocidos presentaron contenidos menores de ceniza, siendo la quinua la que obtuvo la menor concentración.
- Para la proteína, la concentración más elevada la presentó la quinua germinada, seguida por la kiwicha germinada y la cañihua cocida. Los menores niveles de proteína fueron presentados por la kiwicha cocida, la quinua cocida y la cañihua germinada.
- En el caso de la grasa, la quinua germinada fue la que presentó la mayor concentración, seguida por la cañihua y kiwicha germinadas. Las concentraciones más bajas se encontraron en la cañihua cocida, la quinua cocida y la kiwicha cocida.
- En los resultados de digestibilidad de las proteínas se encontró que la quinua cocida tuvo mayor valor que la germinada, la kiwicha cocida también superó en valor a la germinada y la cañihua germinada tuvo un comportamiento contrario a los otros granos, siendo mayor el valor de la cañihua germinada comparada con el valor de la cocida.
- Con relación al aporte nutricional de los granos de quinua, kiwicha y cañihua en los dos procesos que se investigaron germinación y cocción, se halló que existen diferencias estadísticamente significativas.
- Los granos que germinaron más rápido fueron la kiwicha y la cañihua (tres días), mientras que la quinua lo hizo en cinco días.

- Durante la germinación, la quinua fue el grano que se adaptó con mayor facilidad a la variación de las condiciones del proceso, como la cantidad de agua y la temperatura ambiental.

## **6.2 Recomendaciones**

- Fomentar estudios similares con otras variedades de los granos estudiados para conocer la influencia de la carga genética en su aporte nutricional.
- Alentar la realización de estudios semejantes con otras especies como, por ejemplo: sachá inchi, chíá y tarwi.
- Promover la realización de trabajos de investigación con los granos de cañihua orientados al aporte nutricional; teniendo en cuenta las formas en que puede ser procesado para su consumo como, por ejemplo: cañihua cocida, harina de cañihua, etc.
- Realizar un estudio para evaluar la variación de los aminogramas de los granos germinados y cocidos de la quinua, kiwicha y cañihua.
- Analizar la composición de los minerales de los granos de quinua, kiwicha y cañihua; teniendo en cuenta los procesos a los que son sometidos más frecuentemente, tales como cocción, tostado, germinado, etc.
- Realizar un estudio de la variación de digestibilidad de las proteínas en estos granos con diferentes tiempos de germinación y cocción.
- Elaborar recetas utilizando germinados de estos granos andinos para promover su consumo y la alimentación saludable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Malnutrición en niños y niñas en América Latina y el Caribe | Enfoques | [Internet]. Enfoques CEPAL - Naciones Unidas. 2018 [cited 2021 Apr 20]. Available from: <https://www.cepal.org/es/enfoques/malnutricion-ninos-ninas-america-latina-caribe>
2. Organización Mundial de la Salud. Malnutrición [Internet]. 2021 [cited 2021 Dec 27]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
3. FAO, FIDA, OPS W y U. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2020. FAO, FIDA, OPS W y U, editor. Seguridad alimentaria y nutricional para los territorios más rezagados. Santiago de Chile, Chile; 2020.
4. Organización Mundial de la Salud OMS, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola FIDA, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, Programa Mundial de Alimentos WFP. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. FAO, editor. Roma - Italia; 2019. 200 p.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. El estado de la seguridad alimentaria y nutrición en el mundo 2019 : protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. FAO; 2019.
6. Instituto Nacional de Salud. Estado nutricional por etapas de vida en la población peruana; 2013-2014. Lima-Perú; 2015.
7. Instituto Nacional de Salud. Sobrepeso y obesidad en peruanos según etapas de vida 2007-2015. Lima, Perú; 2020.
8. Díez-Canseco F, Saavedra-García L. Programas sociales y reducción de la obesidad en el Perú: Reflexiones desde la investigación. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2017 Jan 1;34(1):105–12.
9. Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso [Internet]. Notas Descriptivas del Centro de Prensa. 2020 [cited 2021 Jan 25]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
10. Repo De Carrasco R, Solórzano F. GRANOS Andinos. Súper alimentos en la cocina. Solórzano F, Repo de Carrasco R, editors. Lima, Perú: Flavio Solórzano Alvarez; 2020.
11. Pilco S. Elaboración de una bebida a base de granos andinos: Quinoa



(*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). [Lima-Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2021.

12. Bravo M, Reyna J, Gómez Sánchez I, Huapaya M. Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*). *Rev Peru Química e Ing Química*. 2013;16(1):54–60.
13. Castillo EJ. “Determinación de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).” 2010;1–128.
14. Valenzuela RN, Mita G, Zapana FE, Quilla D, Miranda R, Mita UJ. Efecto de germinación y cocción en las propiedades nutricionales de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev Investig Altoandina*. 2015;17(2):169–72.
15. Ponce De León C, Torija E, Matallana MC. Utilidad en la alimentación de algunas semillas germinadas: brotes de soja y trigo. *Bol R Soc Esp Hist Nat Sec Biol*. 2013;107:47–55.
16. Romero MF, Robles CI, Cáceres P. Influencia del proceso de germinado del arroz en cáscara (*Oryza Sativa*) F50 sobre el contenido proteico y las características sensoriales. Guayaquil, Ecuador; 2012.
17. Chaparro D, Pismag R, Elizalde A, Vivas N, Erazo C. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de la proteína en semillas de amaranto, quinua, soja y guandul. *Fac Ciencias Agropecu - Univ del Cauca Colomb*. 2010;8(1):35–42.
18. Barrón-Yáñez M, Villanueva-Verduzco C, García-Mateos M, Colinas-León M. Valor nutricional y contenido de saponinas en germinado de Huazontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), Calabacita (*Cucurbita pepo* L.), Canola (*Brassica napus* L.) y Amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.). *Rev Chapingo Ser Hortic*. 2009;15(3):237–43.
19. Reyes M, Gómez-Sánchez I, Espinoza C. Tablas peruanas de composición de alimentos. 10th ed. Instituto Nacional de Salud, editor. Lima, Perú: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición; 2017.
20. Collazos C, Alvisur J, Vásquez G, Herrera A, Robles G, Arias V, et al. Tablas peruanas de composición de alimentos. 7ma. Instituto Nacional de Salud, Nutrición CR de A y, editors. Lima-Perú: Ministerio de Salud; 1996.
21. Gordillo-Bastidas E, Díaz-Rizzolo D, Roura E, Massanés T, Gomis R. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from Nutritional Value to Potential Health Benefits: An Integrative Review. *J Nutr Food Sci*. 2016;06(03).
22. Bazile D, Pulvento C, Verniau A, Al-Nusairi MS, Ba D, Breidy J, et al. Worldwide evaluations of quinoa: Preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Front Plant Sci*.

2016 Jun 21;7.

23. Repo-Carrasco-V R, Cortez G, Montes RO, Quispe L, Ramos I. Cultivos andinos. In: De tales harinas, tales panes Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. I. Córdoba, Argentina: Hugo Baez; 2007. p. 243–94.
24. Mujica A, Izquierdo J, Marathee J-P. Quinoa ancestral. Cultivo de los Andes. In: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. 2001. p. 1–19.
25. Bravo R, Valdivia R. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinoa, cañihua y kiwicha en Perú. Bioversity. Bravo R, Valdivia R, Andrade K, Padulosi S, Jager M, editors. Roma, Italia: Bioversity International; 2010. 97–105 p.
26. Canahua M, Quispe M. Informe anual proyecto IFAD-NUS I. Puno, Perú; 2002.
27. Tapia ME. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago de Chile, Chile; 2000.
28. Tapia ME, Fries AM. Guía de campo de los cultivos andinos. 1st ed. Lima, Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE); 2007. 209 p.
29. Pérez A. Cultivo de kiwicha en la sierra central. Huancayo-Perú; 2010.
30. Bravo R, Andrade K, Valdivia R, Soto J. Investigaciones sobre especies olvidadas y subutilizadas. Granos Andinos. Bioversity International, editor. Bioversity International. Roma - Italia: Bioversity International; 2010.
31. Gade DW. Ethnobotany of cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), rustic seed crop of the Altiplano. *Econ Bot.* 1970;24(1):55–61.
32. Rodriguez JP, Jacobsen S-E, Andreasen C, Sørensen M. Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*): A Promising New Crop for Arid Areas. *Research Gate.* 2020. p. 221–43.
33. Apaza V. Manejo y mejoramiento de kañiwa. 1st ed. Castillo A, editor. Vol. 1, Instituto Nacional de Innovación Agraria Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA Bioversity International International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú: Editorial Altiplano E.I.R.L.; 2010. 43 p.
34. Chura JM. Evaluación de la calidad física y fisiológica de las semillas de tres variedades y tres ecotipos de cañihua (*Chenopodium canihua*Cook) en Puno. [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano; 2019.
35. León J. Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias

Agrícolas, editor. Boletín N° 6. 1964;

36. Gonzales C. Comportamiento agronómico de dos variedades y un ecotipo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con tres densidades de siembra en condiciones de la irrigación Majes - Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2019.
37. Hinojosa J. Caracterización de conocimientos ancestrales en la producción de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano norte y centro del departamento de La Paz. Universidad Mayor de San Andrés; 2017.
38. Pampa P. Calidad nutritiva de los Germinados. In 2017.
39. Ampuero Quispe E, Hallasi Perales V. Efecto regenerativo del consumo de germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y germinado de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en ratas Wistar con úlceras gastroduodenales. Puno 2019. [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano; 2020.
40. Repo-Carrasco R. Cultivos andinos y la alimentación infantil. *Ser Investig.* 1992;1.
41. Luque OM, Parillo I, Sacachipana R, Yucra YE, Mamani Y, Baylor LR. Influencia del proceso de germinación en el contenido de proteínas y aminoácidos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad Pasankalla Roja. *Ñawparisun - Rev Investig Científica Univ Nac Juliaca.* 2019 Oct;2(1):25–30.
42. Sosa-Zuniga V, Brito V, Fuentes F, Steinfort U. Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. *Ann Appl Biol.* 2017;171(1):117–24.
43. Pilco-Quesada S, Tian Y, Yang B, Repo-Carrasco-Valencia R, Suomela JP. Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J Cereal Sci.* 2020 Jul 1;94:102996.
44. Repo-Carrasco-Valencia RAM, Encina CR, Binaghi MJ, Greco CB, Ronayre de Ferrer PA. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. *J Sci Food Agric.* 2010 Jun 25;90(12):2068–73.
45. Caballero B. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition.* Maryland, USA: Academic Press; 2003.
46. FAO. CONTROL DE CALIDAD DE INSUMOS Y DIETAS ACUICOLAS [Internet]. 1994 [cited 2021 Dec 27]. Available from: <https://www.fao.org/3/ab482s/AB482S07.htm#ch7>.
47. Pezúa Céspedes R. Digestibilidad in vitro de la proteína y la composición

- nutricional de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinada y cocida. [Apurímac, Perú]: Universidad Nacional José María Arguedas; 2017.
48. FAO/OMS. Comisión del Codex Alimentarius: Manual de procedimiento. 25th ed. Codex Alimentarius - Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Roma, Italia: Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias; 2016. 275 p.
  49. Real Academia Española (RAE), Asociación de Academias de la Lengua Española (ASALE). Diccionario de la lengua española [Internet]. Edición del Tricentenario. 2020 [cited 2021 Jun 1]. Available from: <https://dle.rae.es/>
  50. Olvera M, Martínez C, Real de León E. Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos [Internet]. FAO. 1993 [cited 2021 Jun 1]. Available from: <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S00.htm#TOC>
  51. Chaparro D, Pismag Y, Elizalde A, Vivas N, Erazo C. Estrategia ARPCC en la producción de semillas germinadas. Fac Ciencias Agropecu - Univ del Cauca. 2009;7(1):36–44.
  52. Hernández R, Carlos F, Baptista P. Metodología de la Investigación. Sexta. McGraw-Hill, editor. México D.F.; 2014.
  53. Apaza V, Cáceres G, Estrada R, Pinedo R. Catálogo de variedades comerciales de quinua en Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, editor. Lima-Perú: FAO, INIA; 2013.
  54. Programa de Cereales Nativos - Facultad de Agronomía. Nuevo cultivar de kiwicha: Centenario. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2006.
  55. Carbajal Á. Manual de Nutrición y Dietética. Madrid, España; 2013 Sep.
  56. AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International - 20th Edition, 2016. 20th ed Gaithersbg AOAC. 2016;
  57. AOAC International. AOAC International (2012). Official methods of analysis of AOAC International (19th ed.). AOAC Off Methods Anal. 2012;
  58. Santamaria W, Brahams J. Determinación de la digestibilidad proteica in vitro de harina de grillo "*Gryllus assimilis*." UPeU. Universidad Peruana Unión; 2019.
  59. Pampa P. Elaboración y aplicaciones de germinados de cereales y granos andinos. In 2017.
  60. Tribest. Manual de instrucciones Freshlife. California, United States of America; 2013.

61. Dagnino S. J. Análisis de varianza. *Rev Chil Anest.* 2014;43(4):306–10.
62. Aguilar J, Miano AC, Obregón J, Soriano-Colchado J, Barraza-Jáuregui G. Malting process as an alternative to obtain high nutritional quality quinoa flour. *J Cereal Sci.* 2019;
63. Miranda M, Vega-Gálvez A, Martínez E, López J, Rodríguez MJ, Henríquez K, et al. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) genotypes cultivated in Chile. *Food Sci Technol.* 2012 Dec;32(4):835–43.
64. León D. Formulación de una bebida vegetal a partir de germinado y malteado de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) variedad Cupi. Dirección general de Investigación. 2020.
65. Aliaga S, Mamani F, Mamani N. Potencial alimenticio de los germinados de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Rev la Carrera Ing Agronómica.* 2017 Sep;3(3):634–8.
66. Cruz N V. Valoración de las cualidades nutricionales de germinados de tres variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) bajo dos condiciones de laboratorio de la estación experimental de Choquenaira. [La Paz, Bolivia]: Universidad Mayor de San Andrés; 2017.
67. Bewley D, Black M. *Seeds: Physiology of Deveopment, Germination and Dormancy.* Third. Springer Science & Business Media, editor. Londres; 2013.
68. Cámara M, García-Herrera P, Sánchez-Mata M, Tardío J, Pardo de Santayana M. Las verduras silvestres como potenciales recursos naturales de alto valor nutritivo: influencia del cocinado en su composición nutricio. *XIII Jornadas Del Grup Hortic.* 2015;101–6.
69. Grundy MML, Momanyi DK, Holland C, Kawaka F, Tan S, Salim M, et al. Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *J Funct Foods.* 2020 Sep 1;72.
70. Lupano CE, Lupano CE. *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento.* 1st ed. Editorial de la Universidad de La Plata, editor. Buenos Aires-Argentina: Universidad Nacional de la Plata; 2013.

## APÉNDICE

APÉNDICE A: Formatos de registro de procedimientos

APÉNDICE B: Registro Fotográfico de la Germinación

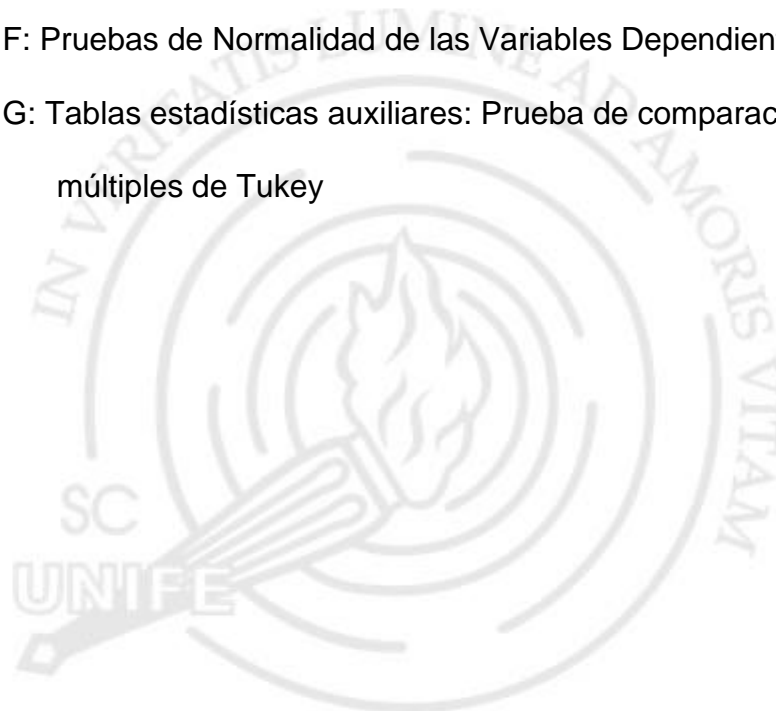
APÉNDICE C: Registro Fotográfico de la Cocción (Quinua)

APÉNDICE D: Resultados repeticiones

APÉNDICE E: Parámetros utilizados en los procesos

APÉNDICE F: Pruebas de Normalidad de las Variables Dependientes

APÉNDICE G: Tablas estadísticas auxiliares: Prueba de comparaciones  
múltiples de Tukey



## APÉNDICE A

### Formatos de registro de procedimientos

#### REGISTRO DE PROCEDIMIENTO

##### Germinación

Grano \_\_\_\_\_

Fecha de inicio \_\_\_\_\_

Tº \_\_\_\_\_ HR \_\_\_\_\_

Día	Observaciones
1	
2	
3	
4	
5	
6	

# REGISTRO DE PROCEDIMIENTO

## Cocción

Grano\_\_\_\_\_

Fecha\_\_\_\_\_

Temperatura de cocción\_\_\_\_\_

Observaciones

---

---

---

---





## APÉNDICE B

### REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA GERMINACIÓN

#### GERMINACIÓN DE QUINUA

##### Día 0. Pesado de la muestra



##### Eliminación de materiales extraños



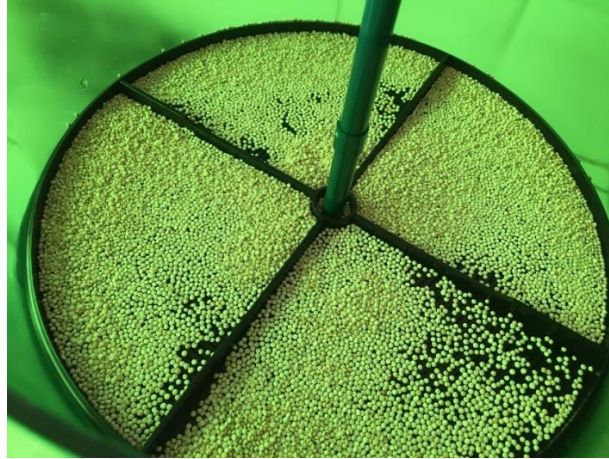
### Lavado y desinfección



### Colocación de los granos en bandejas del germinador



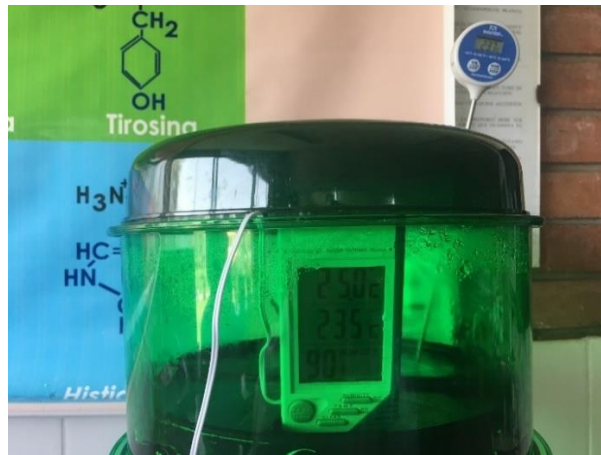
## Distribución del grano de quinua en el germinador



## Germinación de quinua Día 1



## Medición con termohigrómetro y termómetro





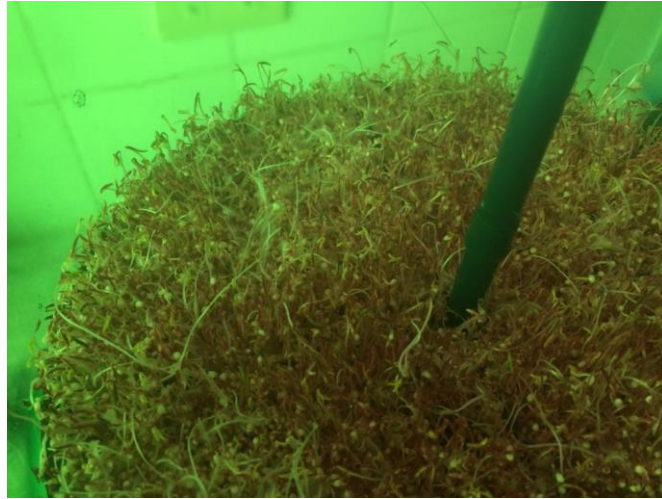
**Quinoa- Día 1. Vista superior de un cuadrante**



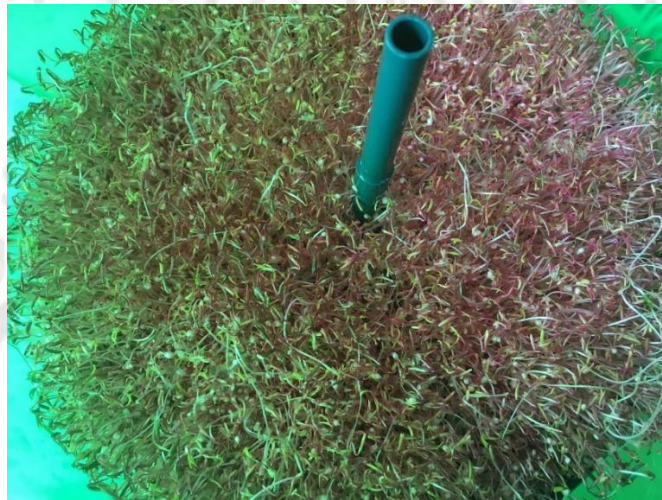
**Quinoa-Día 1. Vista superior de los cuatro cuadrantes**



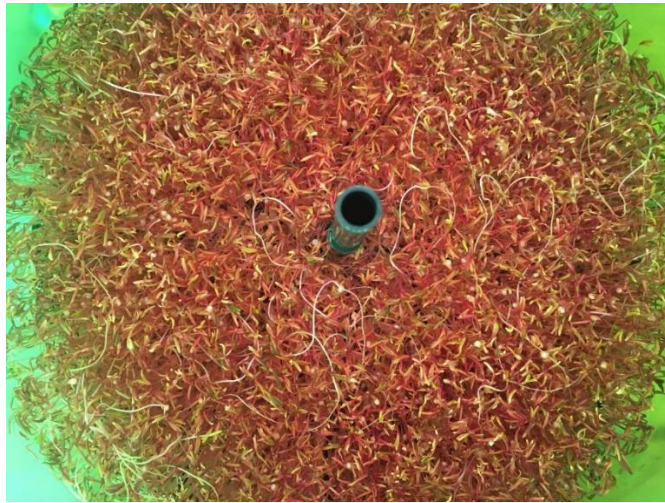
**Quinoa-Día 2**



**Quinoa-Día 3**



**Quinoa- Día 4. Vista superior**



**Quinoa Germinada, se observan las dos hojitas**







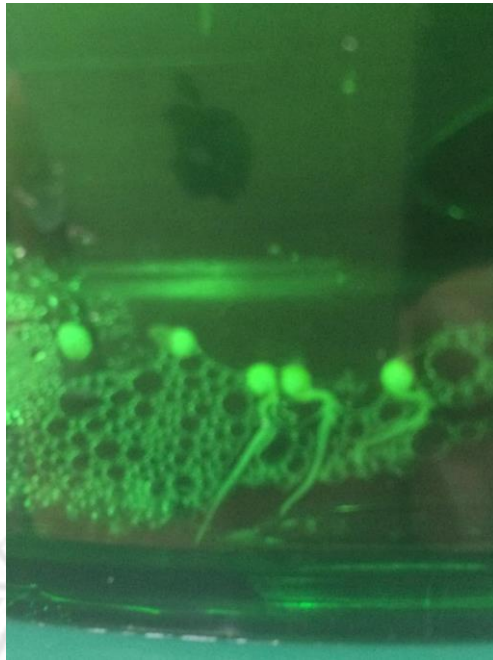
**Oreado del Germinado retirado del germinador**





## GERMINACIÓN DE KIWICHA

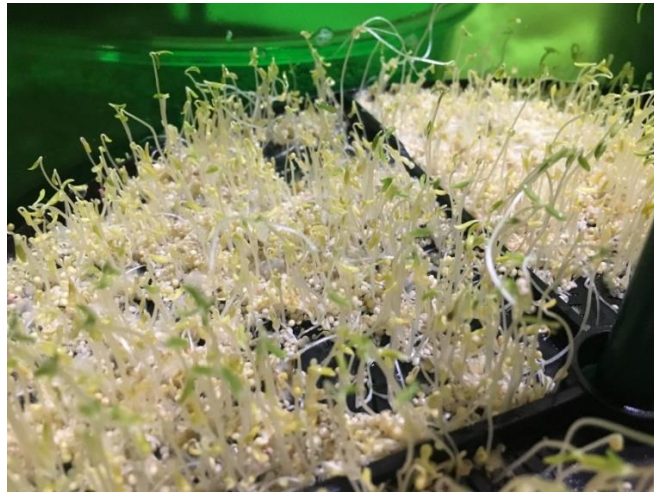
### Kiwicha-Día 1



### Kiwicha-Día 2



**Kiwicha- Día 3**



**GERMINACIÓN DE CAÑIHUA**

**Cañihua-Día 3**



## APÉNDICE C

### REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA COCCIÓN (Quinua)

#### Eliminación de materiales extraños



#### Pesado de granos





**Lavado con agua corriente**



**Cocción y toma de temperatura**





**Enfriamiento**



**Grano cocido listo para envasar y refrigerar**



## APÉNDICE D

### Resultados Repeticiones

**Tabla D.1**

*Aporte nutricional de la quinua en sus dos formas: cocida y germinada (base seca)*

	Repeticiones				Promedio
	M1	M2	M3	M4	
<b>Grano Cocido</b>					
Ceniza (g/100g materia seca)	2.49	2.52	2.52	2.55	2.52
Proteína (g/100g materia seca)	12.74	12.13	12.43	12.44	12.44
Grasa (g/100g materia seca)	1.31	1.34	1.37	1.37	1.35
Digestibilidad por Pepsina (g/100g de muestra original)	81.40	81.49	81.40	81.42	81.43
<b>Grano Germinado</b>					
Ceniza (g/100g materia seca)	3.94	4.20	4.02	4.02	4.04
Proteína (g/100g materia seca)	18.28	18.19	18.15	18.13	18.19
Grasa (g/100g materia seca)	4.88	5.01	4.68	4.65	4.81
Digestibilidad por Pepsina (g/100g de muestra original)	79.71	79.73	79.72	79.75	79.73

**Tabla D.2**

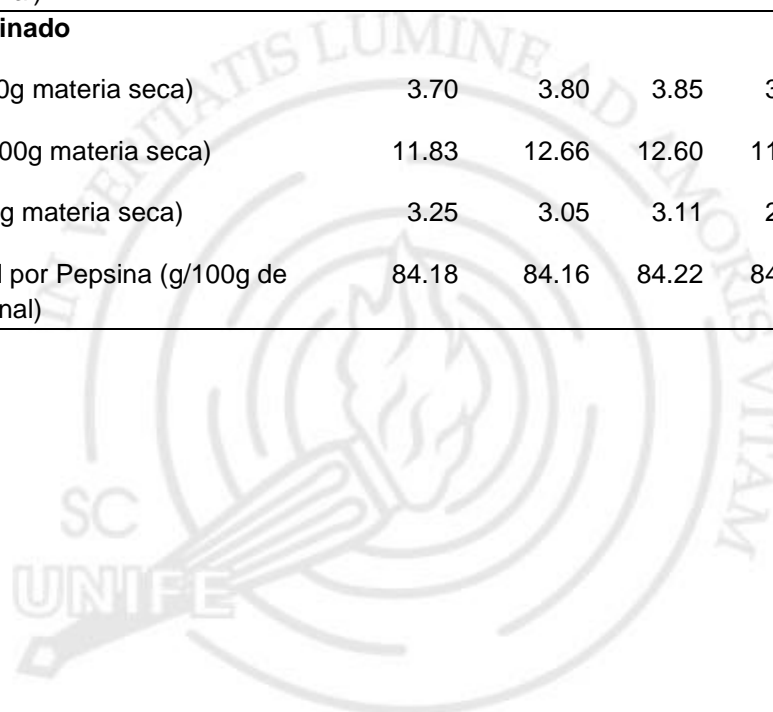
*Aporte nutricional de la Kiwicha en sus dos formas: cocida y germinada (base seca)*

	Repeticiones				Promedio
	M1	M2	M3	M4	
<b>Grano Cocido</b>					
Ceniza (g/100g materia seca)	3.26	3.26	3.20	3.26	3.24
Proteína (g/100g materia seca)	12.89	13.15	13.15	13.16	13.09
Grasa (g/100g materia seca)	0.83	0.89	0.86	0.92	0.88
Digestibilidad por Pepsina (g/100g de muestra original)	86.63	86.27	86.96	86.92	86.70
<b>Grano Germinado</b>					
Ceniza (g/100g materia seca)	4.19	4.29	4.36	4.19	4.26
Proteína (g/100g materia seca)	16.48	17.43	15.30	16.30	15.18
Grasa (g/100g materia seca)	2.82	2.99	2.98	3.13	2.98
Digestibilidad por Pepsina (g/100g de muestra original)	81.27	81.25	81.45	81.26	81.31

**Tabla D.3**

*Aporte nutricional de la Cañihua en sus dos formas: cocida y germinada (base seca)*

	Repeticiones				Promedio
	M1	M2	M3	M4	
<b>Grano Cocido</b>					
Ceniza (g/100g materia seca)	3.44	3.41	3.47	3.56	3.47
Proteína (g/100g materia seca)	14.52	14.98	15.16	16.05	15.18
Grasa (g/100g materia seca)	1.58	1.50	1.78	1.73	1.65
Digestibilidad por Pepsina (g/100g de muestra original)	83.42	83.43	83.40	83.43	83.42
<b>Grano Germinado</b>					
Ceniza (g/100g materia seca)	3.70	3.80	3.85	3.77	3.78
Proteína (g/100g materia seca)	11.83	12.66	12.60	11.82	12.23
Grasa (g/100g materia seca)	3.25	3.05	3.11	2.95	3.09
Digestibilidad por Pepsina (g/100g de muestra original)	84.18	84.16	84.22	84.20	84.19





## APÉNDICE E

### Parámetros utilizados en los procesos

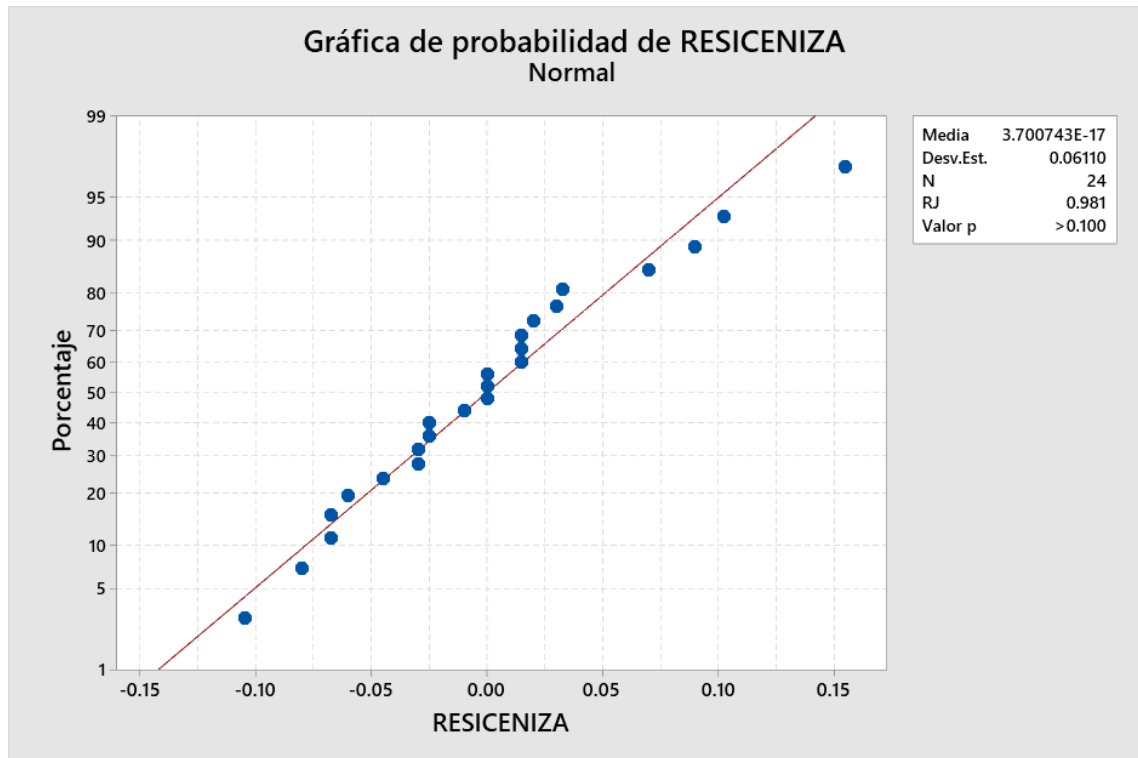
Parámetros	Germinación			Cocción		
	Quinua	Kiwicha	Cañihua	Quinua	Kiwicha	Cañihua
Tamaño de muestra/evaluación	200g	100g	100g	250g		
Temperatura	20-25°C			100°C		
Tiempo	5 días	3 días	3 días	20 minutos		



## APÉNDICE F

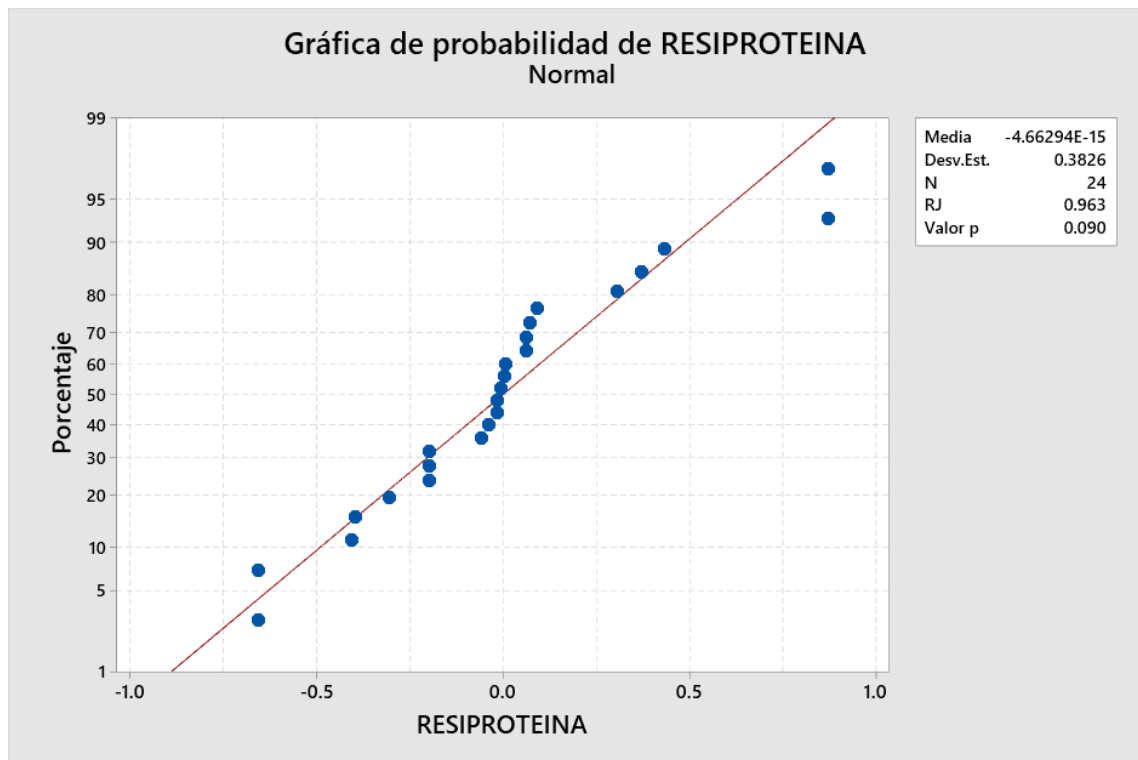
### Pruebas de Normalidad de las Variables Dependientes

Figura F.1  
*Prueba de normalidad para Ceniza*



La prueba de normalidad nos permite establecer que el modelo de ANOVA planteado para ceniza sigue una distribución normal ( $p > 0.050$ ), debido a que los residuos generados se distribuyen de forma similar a la distribución normal.

Figura F.2  
Prueba de normalidad para Proteína



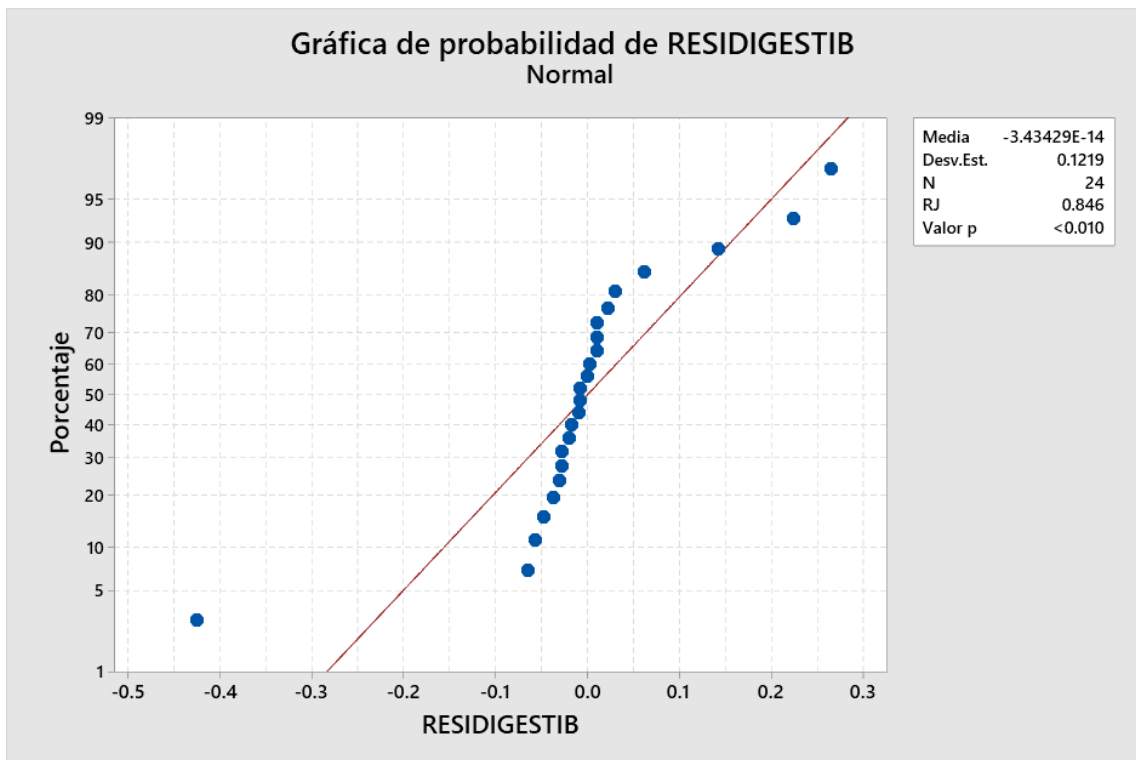
La prueba de normalidad nos permite establecer que el modelo de ANOVA planteado para proteína sigue una distribución normal ( $p > 0.05$ ), debido a que los residuos generados se distribuyen de forma similar a la distribución normal.

Figura F.3  
Prueba de normalidad para Grasa



La prueba de normalidad nos permite establecer que el modelo de ANOVA planteado para grasa sigue una distribución normal ( $p > 0.05$ ), debido a que los residuos generados se distribuyen de forma similar a la distribución normal.

Figura F.4  
Prueba de normalidad para Digestibilidad



La prueba de normalidad nos permite establecer que el modelo de ANOVA planteado para digestibilidad no sigue una distribución normal ( $p < 0.05$ ), debido a que los residuos generados no se distribuyen de forma similar a la distribución normal.

## APÉNDICE G

### Tablas estadísticas auxiliares: Prueba de comparaciones múltiples de Tukey

**Tabla G.1.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de Ceniza

Diferencia de Grano*Proceso niveles	Diferencia de medias	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
(Cañihua Germinado) - (Cañihua Cocido)	0.3097	(0.1541; 0.4652)	6.32	0.000
(Kiwicha Cocido) - (Cañihua Cocido)	-0.2221	(-0.3777; -0.0665)	-4.53	0.003
(Kiwicha Germinado) - (Cañihua Cocido)	0.7878	(0.6322; 0.9434)	16.07	0.000
(Quinua Cocido) - (Cañihua Cocido)	-0.9503	(-1.1059; -0.7947)	-19.39	0.000
(Quinua Germinado) - (Cañihua Cocido)	0.5749	(0.4193; 0.7305)	11.73	0.000
(Kiwicha Cocido) - (Cañihua Germinado)	-0.5318	(-0.6874; -0.3762)	-10.85	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Cañihua Germinado)	0.4781	(0.3225; 0.6337)	9.76	0.000
(Quinua Cocido) - (Cañihua Germinado)	-1.2599	(-1.4155; -1.1043)	-25.71	0.000
(Quinua Germinado) - (Cañihua Germinado)	0.2652	(0.1096; 0.4208)	5.41	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Kiwicha Cocido)	1.0099	(0.8543; 1.1655)	20.61	0.000
(Quinua Cocido) - (Kiwicha Cocido)	-0.7281	(-0.8837; -0.5726)	-14.86	0.000
(Quinua Germinado) - (Kiwicha Cocido)	0.797	(0.6414; 0.9526)	16.26	0.000
(Quinua Cocido) - (Kiwicha Germinado)	-1.738	(-1.8936; -1.5824)	-35.46	0.000
(Quinua Germinado) - (Kiwicha Germinado)	-0.2129	(-0.3685; -0.0573)	-4.34	0.004
(Quinua Germinado) - (Quinua Cocido)	1.5251	(1.3695; 1.6807)	31.12	0.000

**Tabla G.2. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de Proteína**

Diferencia de Grano*Proceso niveles	Diferencia de medias	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
(Cañihua Germinado) - (Cañihua Cocido)	-2.95	(-3.921; -1.978)	-9.64	0.000
(Kiwicha Cocido) - (Cañihua Cocido)	-2.088	(-3.059; -1.117)	-6.83	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Cañihua Cocido)	0	(-0.971; 0.971)	0.00	1.000
(Quinua Cocido) - (Cañihua Cocido)	-2.738	(-3.709; -1.766)	-8.95	0.000
(Quinua Germinado) - (Cañihua Cocido)	3.011	(2.039; 3.982)	9.84	0.000
(Kiwicha Cocido) - (Cañihua Germinado)	0.862	(-0.110; 1.833)	2.82	0.100
(Kiwicha Germinado) - (Cañihua Germinado)	2.95	(1.978; 3.921)	9.64	0.000
(Quinua Cocido) - (Cañihua Germinado)	0.212	(-0.759; 1.183)	0.69	0.980
(Quinua Germinado) - (Cañihua Germinado)	5.96	(4.989; 6.932)	19.48	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Kiwicha Cocido)	2.088	(1.117; 3.059)	6.83	0.000
(Quinua Cocido) - (Kiwicha Cocido)	-0.65	(-1.621; 0.322)	-2.12	0.319
(Quinua Germinado) - (Kiwicha Cocido)	5.099	(4.128; 6.070)	16.67	0.000
(Quinua Cocido) - (Kiwicha Germinado)	-2.738	(-3.709; -1.766)	-8.95	0.000
(Quinua Germinado) - (Kiwicha Germinado)	3.011	(2.039; 3.982)	9.84	0.000
(Quinua Germinado) - (Quinua Cocido)	5.748	(4.777; 6.720)	18.79	0.000

**Tabla G.3. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de Grasa**

Diferencia de Grano*Proceso niveles	Diferencia de medias	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
(Cañihua Germinado) - (Cañihua Cocido)	1.447	(1.1875; 1.7065)	17.7	0.000
(Kiwicha Cocido) - (Cañihua Cocido)	-0.7737	(-1.0332; -0.5142)	-9.47	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Cañihua Cocido)	1.3316	(1.0721; 1.5911)	16.29	0.000
(Quinua Cocido) - (Cañihua Cocido)	-0.3013	(-0.5608; -0.0418)	-3.69	0.018
(Quinua Germinado) - (Cañihua Cocido)	3.1564	(2.8969; 3.4158)	38.62	0.000
(Kiwicha Cocido) - (Cañihua Germinado)	-2.2207	(-2.4801; -1.9612)	-	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Cañihua Germinado)	-0.1154	(-0.3749; 0.1441)	-1.41	0.720
(Quinua Cocido) - (Cañihua Germinado)	-1.7483	(-2.0078; -1.4888)	-	0.000
(Quinua Germinado) - (Cañihua Germinado)	1.7094	(1.4499; 1.9689)	20.92	0.000
(Kiwicha Germinado) - (Kiwicha Cocido)	2.1053	(1.8458; 2.3648)	25.76	0.000
(Quinua Cocido) - (Kiwicha Cocido)	0.4724	(0.2129; 0.7318)	5.78	0.000
(Quinua Germinado) - (Kiwicha Cocido)	3.93	(3.6706; 4.1895)	48.09	0.000
(Quinua Cocido) - (Kiwicha Germinado)	-1.6329	(-1.8924; -1.3734)	-	0.000
(Quinua Germinado) - (Kiwicha Germinado)	1.8248	(1.5653; 2.0843)	22.33	0.000
(Quinua Germinado) - (Quinua Cocido)	3.4577	(3.1982; 3.7172)	42.31	0.000