



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

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**"EFECTO DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS**  
**Y SAPONINAS EN TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA**  
**(*Chenopodium quinoa* Willd.)"**

**Irma Janneth Condori Mamani**

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

**Asesora: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez**  
**Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo**

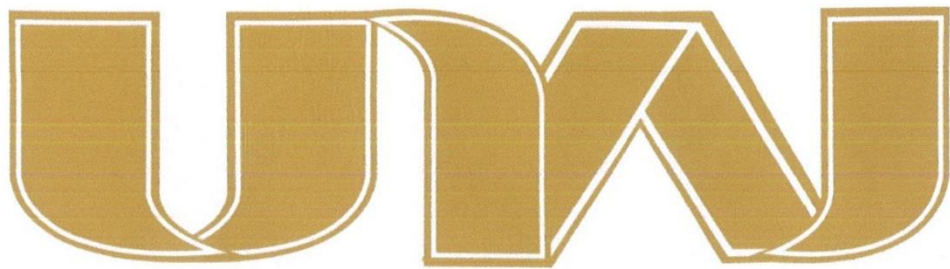


**Juliaca - 2024**



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

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS**  
**Y SAPONINAS EN TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA**  
**(Chenopodium quinoa Willd.)”**

**Irma Janneth Condori Mamani**

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

**Asesora: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez**  
**Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo**



**Juliaca - 2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS  
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS  
Y SAPONINAS EN TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.)”**

Irma Janneth Condori Mamani

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

Asesora: D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

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

Juliaca, 2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

Condori, M., I.J. (2024). *Efecto del escaldo y cocción sobre los oxalatos y saponinas en tres variedades de hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)* [Tesis de pregrado en ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca.

**AUTOR:** Irma Janneth Condori Mamani.

**TÍTULO:** Efecto del escaldado y coccion sobre los oxalatos y saponinas en tres variedades de hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2024

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (97 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias - Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 03-000032-03/C74

**NOTA:** Incluye bibliografía.

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

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

**PALABRAS CLAVES:** Etapa fenológica, hojas de quinua, oxalatos, saponinas.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**“EFECTO DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS Y  
SAPONINAS EN TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.)”**

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

**Presentada por:**

**Irma Janneth Condori Mamani**

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

**Dr. Julio Machaca Yana**

**PRESIDENTE DE JURADO**

**Mag. Elvira Anani Durand Goyzueta**

**JURADO (Secretaria)**

**M.Sc. Bradley Condori Mamani**

**JURADO (Vocal)**

**D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez  
ASESOR DE TESIS**

**2° MIEMBRO**

**3° MIEMBRO**

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

**Irma Janneth Condori Mamani**

**“EFECTO DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS Y SAPONINAS EN TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA ...**

Universidad Nacional de Juliaca



**Detalles del documento**

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:512965513

115 páginas

Fecha de entrega

14 oct 2025, 8:35 p.m. GMT-5

28.781 palabras

Fecha de descarga

14 oct 2025, 8:38 p.m. GMT-5

153.106 caracteres

Nombre del archivo

TESISTURNITIN.pdf

Tamaño del archivo

2.7 MB




## 9% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

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

### Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

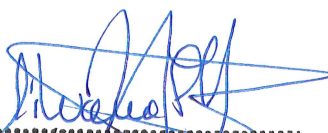
### Marcas de integridad

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

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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



.....  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales  
Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

A ti, divino Dios, gracias por guiarme por la ruta más adecuada de mi vida y brindarme la salud y el conocimiento necesario para cumplir todos mis objetivos hasta el día de hoy.

A mis queridos padres, Marcos Condori y Nicolasa Mamani por tenerme mucha paciencia, por confiar en mis logros, por enseñarme el ejemplo de esfuerzo y valentía, asimismo a mis hermanas Maribel, Lourdes y Sonia.

A Lenin por su apoyo incondicional, comprensión y estar siempre a mi lado, por haber llegado a mi vida cuando menos lo esperaba, por tu paciencia, por estar ahí siempre para mí en las malas y buenas.

Dios gracias por hacer que ellos formen parte de mi vida.

## AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos:

- Un inmenso agradecimiento a la “Universidad Nacional de Juliaca”, en particular a todos los docentes de la escuela profesional de “Ingeniería en Industrias Alimentarias” por brindarme sus conocimientos y compartido sus experiencias durante el transcurso de mi formación profesional.
- Expreso mi agradecimiento a mi asesora D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez por brindarme sus consejos, su tiempo y recomendaciones a lo largo del desarrollo de la investigación.
- Mi sincero agradecimiento a mi co-asesor M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo por su invaluable guía y paciencia, insistencia, asesoría, aliento, orientación y sobre todo por brindarme su tiempo a lo largo del desarrollo de la investigación.
- A mis jurados Dr. Julio Machaca Yana, Mag. Elvira A. Durand Goyzueta, M.Sc. Bradley Condori Mamani por brindarme sus consejos, por algunos retoques, por su tiempo y ayuda en la culminación del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Noé Costilla y químico Jorge Choquenaire por haberme orientado y brindado el acceso a sus laboratorios y por regalarme su valioso tiempo.
- A mis padres Marcos Condori y Nicolasa Mamani, que me brindaron su apoyo moral, por ayudarme en todo lo que fuera necesario, Así mismo a mis hermanas Mary, Lourdes y Sonia.

Finalmente, un especial agradecimiento a Lenin por su apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos, por regalarme una parte de su tiempo, por tenerme paciencia.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	6
2.1.1. Internacionales: .....	6
2.1.2. Nacionales: .....	8
2.1.3. Locales: .....	8
2.2. QUINUA .....	9
2.2.1. Aspectos generales .....	9
2.2.2. Características botánicas .....	9

2.2.3. TAXONOMÍA .....	10
2.2.4. VARIEDADES DE LA QUINUA .....	10
2.2.5. Salcedo INIA .....	12
2.2.6. Kankolla .....	12
2.2.7. Rosada de Taraco .....	12
2.2.8. USOS DE LA QUINUA .....	12
2.2.9. PRODUCCIÓN DE LA QUINUA.....	12
2.3. FENOLOGÍA .....	13
2.3.1. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA.....	14
2.4. HOJAS DE QUINUA.....	17
2.4.1. Características generales .....	17
2.4.2. Características fisicoquímicas de las hojas de quinua.....	17
2.4.3. Micro elementos .....	20
2.5. ALCALOIDES .....	22
2.5.1. Oxalatos.....	22
2.5.2. Biosíntesis del ácido oxálico .....	23
2.6. SAPONINAS.....	25
2.7. TRATAMIENTO TÉRMICO .....	28
2.7.1. Escaldado.....	28
2.7.2. Cocción.....	28
2.8. AGUA POTABLE: .....	29

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1.1. Hipótesis general .....	30
3.1.2. Hipótesis Especificas.....	30

3.2.	LUGAR DE EJECUCIÓN .....	30
3.3.	POBLACIÓN .....	31
3.4.	MUESTRA.....	31
3.5.	EQUIPOS Y MATERIALES .....	31
3.5.1.	Equipos.....	31
3.4.2.	Materiales.....	31
3.6.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	32
3.7.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.7.1.	Para el objetivo N°01. ....	38
3.7.2.	Para el objetivo N°02. ....	39
3.7.3.	Métodos de Análisis .....	40
3.7.4.	Diseño Estadístico .....	42

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE OXALATOS, SAPONINAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS DE TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA SALCEDO INIA, KANKOLLA Y ROSADA DE TARACO.....	43
4.1.1.	Evaluación de oxalatos de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.....	43
4.1.2.	Resultado de saponinas de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.....	47
4.1.3.	Resultado físicoquímico de las tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.....	49
4.2.	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS, SAPONINAS EN VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA EN ADECUADA ETAPA	

FENOLÓGICA Y MEJORES CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS.....	58
4.2.1. Resultado de oxalatos en hojas de quinua Rosada de Taraco y Salcedo INIA en la etapa de inicio de panojamiento (60 días), sometidos a escaldado y cocción.....	58
4.2.2. Resultado de saponinas en hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA y Rosada de Taraco en la etapa de inicio de panojamiento (60 días), sometidos a escaldado y cocción.....	60
4.2.3. Análisis fisicoquímico de las hojas de quinua en la variedad Salcedo INIA y rosada de Taraco en la etapa de inicio de panojamiento (60 días), sometidos a escaldado y cocción.....	62

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES.....	70
5.2. RECOMENDACIONES .....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	72
ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Contenido de saponinas en algunas variedades de quinua.....	11
Tabla 2:	Características de la hoja de quinua de dos variedades kankolla y salcedo INIA.....	17
Tabla 3:	Relación entre las hojas de quinua y el grano de quinua en términos nutricionales.....	18
Tabla 4:	Composición de aminoácidos en la hoja de quinua (g/proteína por cada 100 gramos).....	19
Tabla 5:	Evaluación del contenido de aminoácidos vitales en las hojas de quinua, amaranto y espinaca comparando con el aminoácido específico de la proteína del huevo de gallina (%). ....	20
Tabla 6:	Comparación de micro elementos entre la hoja de quinua y el grano de quinua.....	20
Tabla 7:	Comparación de resultados químico proximal por varios autores. ....	21
Tabla 8:	Alimentos que destacan por su contenido en oxalatos. ....	24
Tabla 9:	Toxicidad oral de saponinas. ....	27
Tabla 10:	Contenido de oxalatos y saponinas en hojas de quinua.....	27
Tabla 11:	Resultado del oxalato total de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.....	43
Tabla 12:	Resultado de oxalato soluble de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	45
Tabla 13:	Resultado de saponinas de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.....	47
Tabla 14:	Resultado de proteínas en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	49

Tabla 15: Resultado de grasas y aceites en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	52
Tabla 16: Resultado de carbohidratos en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	53
Tabla 17: Resultado de fibra bruta en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	54
Tabla 18: Resultado de pH de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	55
Tabla 19: Resultado de humedad en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	55
Tabla 20: Resultado del contenido de cenizas en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	56
Tabla 21: Resultado del Contenido de acidez total en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas. ....	57
Tabla 22: Resultado del contenido de oxalatos en porcentaje de dos variedades de hojas de quinua sometidos a tratamiento térmico en la etapa de inicio de panojamiento (60 días). ....	58
Tabla 23: Resultado del contenido de saponinas en porcentaje de dos variedades de hojas de quinua sometidos a escaldado y cocci3n en la etapa de inicio de panojamiento (60 días). ....	60
Tabla 24: Resultado fisicoquímico de las hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado y cocci3n en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días). ....	62
Tabla 25: Resultado fisicoquímico de las hojas de quinua de la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado y cocci3n en la etapa de inicio de panojamiento (60 días). ....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción de quinua a nivel nacional .....	13
Figura 2: Etapas fenológicas de las hojas de quinua. ....	16
Figura 3: Estructura básica del oxalato .....	22
Figura 4: Biosíntesis del ácido oxálico.....	23
Figura 5: Estructura de la saponina, se muestra el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucosídico. ....	26
Figura 6: Diseño experimental para la determinación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en tres variedades de hojas de quinua.....	33
Figura 7: Metodología experimental para la evaluación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en tres variedades de hojas de quinua.....	34
Figura 8: Metodología experimental para el escaldado y cocción en las hojas de quinua de las variedades Salcedo INIA y Rosada de Taraco en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días).....	36
Figura 9: Resultado del oxalato total en tres variedades de hojas de quinua vs etapas fenológicas.....	44
Figura 10: Resultado del oxalato soluble en las tres variedades de hojas de quinua vs etapas fenológicas. ....	46
Figura 11: Resultado de las saponinas en tres variedades de hojas de quinua vs etapas fenológicas.....	48
Figura 12: Porcentaje de proteínas vs etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua. ....	51
Figura 13: Porcentaje de oxalatos vs tiempo de escaldado y cocción en dos variedades de hojas de quinua. ....	59
Figura 14: Porcentaje de saponinas vs tiempo de escaldado y cocción en dos variedades de hojas de quinua. ....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculos para la determinación de oxalatos y saponinas.....	80
Anexo 2: Análisis de varianza del porcentaje de oxalato total en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	81
Anexo 3: Análisis de varianza del porcentaje de oxalato soluble en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	81
Anexo 4: Análisis de varianza del porcentaje de saponinas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	82
Anexo 5: Análisis de varianza del porcentaje de proteínas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	83
Anexo 6: Análisis de varianza del porcentaje de aceites y grasas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	84
Anexo 7: Análisis de varianza del porcentaje de carbohidratos en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	85
Anexo 8: Análisis de varianza del porcentaje de fibra bruta en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas	

fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	86
Anexo 9: Análisis de varianza de pH en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	87
Anexo 10: Análisis de varianza del porcentaje de humedad en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	88
Anexo 11: Análisis de varianza del porcentaje de ceniza en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	89
Anexo 12: Análisis de varianza del porcentaje de acidez total en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso. ....	90
Anexo 13: Análisis de varianza del contenido de oxalatos en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco en la etapa de inicio de panojamiento la cual es 60 días. ....	91
Anexo 14: Análisis de varianza del contenido de saponinas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco de la etapa de inicio de panojamiento. ....	92
Anexo 15: Imágenes de recolección de las tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de inicio de panojamiento de los campos de cultivo Illpa UNA Puno. ....	93
Anexo 16: Recolección de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de inicio de la floración de los campos de cultivo Illpa UNA Puno. ....	94

Anexo 17: Imágenes de la recolección de las tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de floración de los campos de cultivo Illpa UNA Puno.....	94
Anexo 18: Imágenes de la recolección de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de grano lechoso de los campos de cultivo Illpa UNA Puno. ....	95
Anexo 19: Imágenes de la recolección y selección de las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco en el inicio de panojamiento de 60 días para ser sometidos a tratamiento térmico. ....	95
Anexo 20: Imágenes del escaldado y cocción de las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco en el inicio de panojamiento de 60 días a una temperatura de 87°C por 3, 10 y 15 minutos.....	96
Anexo 21: Imágenes de los análisis de saponinas y oxalatos de las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco, tras ser sometidos a tratamiento térmico. ....	96

## RESUMEN

Las hojas de quinua, se consideran vegetales nutritivos debido a su alto contenido proteico y compuestos bioactivos. El objetivo de la investigación, fue evaluar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas y evaluar el efecto del tiempo y temperatura de escaldado (3 min.) y cocción (10, 15 min.) en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas. Para determinar el contenido de oxalatos se utilizó el método: McBride y las saponinas se determinaron mediante espectrofotómetro, las características fisicoquímicas fueron realizados de acuerdo a los diferentes métodos de la NTP. El análisis estadístico ANOVA mostro que existe diferencia significativa de oxalatos, saponinas y análisis proximal en las cuatro etapas fenológicas de las tres variedades de hojas de quinua. En el inicio de panojamiento las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco tuvieron bajos niveles de oxalatos, saponinas y presentaron mejores características fisicoquímicas; la variedad Salcedo INIA presentó 3.18% de oxalato total, saponinas 4.61%, proteínas 35.65%, ceniza 4.68%, Fibra 14.06%, grasas 0.17%, carbohidratos 12.37%, humedad 81.1% y la variedad Rosada de Taraco presento 2.91% de oxalato total, saponinas 4.72%, proteínas 33.32%, humedad 81.47%, carbohidratos 13.27%, fibra 13.87%, grasa 0.15%, ceniza 4.15%. Los oxalatos y saponinas disminuyeron en las dos variedades de hojas de quinua al ser sometidos a cocción por 15 minutos, la variedad Salcedo INIA obtuvo saponinas 0%, oxalatos 1.62%, proteínas 32.22%, ceniza 12.41%, fibra 8.02% y la variedad Rosada de Taraco obtuvo saponinas 0.32%, oxalatos 1.34%, proteína 32.03%, ceniza 12.39%, fibra 8.04%. En conclusión, estos resultados demuestran que el tratamiento térmico reduce los niveles de oxalatos y saponinas no deseables en la hoja de quinua, lo que mejora su valor nutricional y seguridad alimentaria.

**PALABRAS CLAVES:** Etapa fenológica, hojas de quinua, oxalatos, saponinas.

## ABSTRACT

Quinoa leaves are considered nutritious vegetables due to their high protein content and bioactive compounds. The objective of the study was to evaluate the content of oxalates, saponins and physicochemical characteristics in three varieties of quinoa leaves in four phenological stages and to evaluate the effect of blanching time and temperature (3 min.) and cooking (10, 15 min.) in varieties of quinoa leaves in adequate phenological stage and better physicochemical characteristics. The McBride method was used to determine the oxalate content and the saponin content was determined by spectrophotometer. The physicochemical characteristics were determined according to the different methods of the NTP. The ANOVA statistical analysis showed that there is a significant difference in oxalates, saponins and proximate analysis in the four phenological stages of the three varieties of quinoa leaves. At the beginning of panojamiento the two varieties of quinoa leaf Salcedo INIA and Rosada de Taraco had low levels of oxalates, saponins and presented better physicochemical characteristics; the variety Salcedo INIA presented 3.18% of total oxalate, saponins 4.61%, protein 35.65%, ash 4.68%, fiber 14.06%, fat 0.17%, carbohydrates 12.37%, moisture 81.1% and the variety Rosada de Taraco had 2.91% total oxalate, saponins 4.72%, protein 33.32%, moisture 81.47%, carbohydrates 13.27%, fiber 13.87%, fat 0.15%, ash 4.15%. Oxalates and saponins decreased in the two varieties of quinoa leaves when subjected to cooking for 15 minutes, the Salcedo INIA variety obtained 0% saponins, oxalates 1.62%, protein 32.22%, ash 12.41%, fiber 8.02% and the Rosada de Taraco variety obtained saponins 0.32%, oxalates 1.34%, protein 32.03%, ash 12.39%, fiber 8.04%. In conclusion, these results show that heat treatment reduces the levels of oxalates and undesirable saponins in quinoa leaf, which improves its nutritional value and food safety.

**Keywords:** Phenological stage, quinoa leaves, oxalates, saponins.

## INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa*), es una planta comestible originaria de los Andes, específicamente de los alrededores del lago Titicaca en Perú y Bolivia, es reconocido mundialmente por su alto valor nutricional y sigue siendo muy consumida en la actualidad (Soria, 2017). Este grano es una cosecha antigua de la región andina, es conocida por su adaptabilidad a diversas altitudes y condiciones climáticas, lo que le permite crecer en rangos desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 4000 metros sobre el nivel del mar (Colin y Corke, 2016). La quinua es un alimento valioso que desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria y la nutrición a nivel mundial, su reconocimiento por parte de instituciones como la NASA resalta su importancia y potencial en la lucha contra la desnutrición (Condori, 2017).

Los principales países productores de la quinua son Perú, Bolivia y Ecuador; Perú es uno de los mayores productores y exportadores a nivel mundial, destacando por la variedad "quinua real"; Bolivia también es conocido por su producción de la quinua de color rojo y negro; Ecuador, con una producción menor en comparación con los otros dos, también ha comenzado a aumentar su cultivo y exportación (Padrón *et al.*, 2014). La quinua registró una producción de 106 643 toneladas en el 2021, cifra superior en 15.4% y a su vez, 6.4% mayor frente a la producción obtenida el año 2020, en la actualidad, la quinua se cultiva en 17 de los 24 departamentos del país; el primer departamento que destaca en producción es Puno la cual es el soporte de la producción nacional en el país, seguido por Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa y Junín (MIDAGRI, 2022).

Además, a través del Programa Nacional de Innovación Agrícola de Cultivos Andinos, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú ha desarrollado una variedad de variedades de quinua, como la variedad INIA Salcedo , Kankolla y Rosada de Taraco , son ejemplos de estos esfuerzos por incrementar la productividad y resistencia de estos cultivares (Apaza *et al.*, 2013). Actualmente, la quinua se ha transformado en uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, su adaptabilidad y su habilidad para desarrollarse en diferentes climas han propiciado un incremento en su cultivo y consumo, estableciéndola como un alimento esencial en la batalla por la seguridad alimentaria (Ramirez, 2015).

Igualmente, las hojas frescas de la quinua se emplean en la dieta como vegetales y se emplean en múltiples preparaciones; en contraste con las espinacas, las hojas de quinua poseen un mayor contenido proteico, lo que las convierte en particularmente relevantes para aquellos

que buscan fuentes vegetales de proteína (Mujica *et al.*, 2006). La hoja de quinua es un aporte valioso a la alimentación y el tiempo apropiado para su consumo se encuentra entre 60 y 90 días tras la emergencia, dado que durante este lapso posee un contenido superior de proteínas, vitaminas y minerales (Pathan *et al.*, 2019). El consumo de hojas de quinua ocurre durante la fase fenológica de inicio del panojamiento, dado que en esta fase suelen poseer un contenido superior de nutrientes, incluyendo hierro y proteínas, por lo que son muy apreciadas por su valor nutricional (Acosta, 2022).

Por otro lado, Vite (2015), señala que la fenología se ocupa de las interacciones entre las plantas y las condiciones del clima, tales como la temperatura, la humedad y la luz, asimismo, se enfoca en las variaciones perceptibles en las plantas durante su crecimiento y reproducción. Además, aumentar el consumo de vegetales es una de las estrategias sugeridas para preservar una salud ideal, dado que son abundantes en nutrientes, fibra, vitaminas y minerales (Wen *et al.*, 2023). En las zonas andinas de Perú y Bolivia, es habitual ingerir hojas de quinua en lugar de hojas de espinaca, debido a su alto valor en vitaminas y minerales. Estas hojas se emplean en múltiples recetas, proporcionando un gusto distintivo y nutritivo a los platos típicos de la región (Galarza, 2010).

Pero, se desconoce el contenido de oxalatos y saponinas en las etapas fenológicas de las hojas de quinua y después de someterse al escaldado y cocción, ya que un consumo elevado de dichos antinutrientes trae como consecuencia problemas renales que pueden ser riesgosos para el bienestar. Por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas y el efecto del tiempo y temperatura de escaldado y cocción en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy por hoy la búsqueda de sustentos con alto contenido de proteínas es una necesidad creciente, con el fin de evitar las grasas saturadas presentes en alimentos de origen animal; por ello muchos consumidores optan por los alimentos vegetales que son abundantes en proteínas, minerales, fibra y vitaminas, además de compuestos bioactivos; es así que la hoja de quinua se presenta como una alternativa promisorio debido a su alto contenido de proteínas, minerales y compuesto bioactivos, sin embargo no es posible su aprovechamiento de las hojas, ya que no se emplea de forma adecuada debido a que se utiliza en el sector ganadero.

El uso de las hojas de quinua como verdura es disminuido a pesar de sus beneficios nutricionales y su potencial para diversificar la alimentación, algunos factores que pueden haber contribuido a esta reducción en su consumo es la falta de información (Stoleru *et al.*, 2022). Las hojas de quinua acumulan en sus tejidos compuestos anti nutrientes como oxalatos que pueden afectar la absorción de minerales como el calcio, ya que se pueden unir a ellos y formar sales insolubles y las saponinas poseen compuestos que tienen propiedades espumantes y tienen un sabor amargo (Bravo y Pérez, 2018).

Las saponinas son compuestos naturales que se encuentran en varias plantas, cuando se ingieren, pueden formar una especie de espuma que altera la superficie de los líquidos en el tracto digestivo, dificultando la digestión y absorción adecuada de nutrientes, esto puede resultar en síntomas como dolor estomacal, náuseas, diarrea leve y otros problemas digestivos (Fontúrbel, 2003). Han sido consideradas como agentes antinutricionales debido a su actividad hemolítica que se refiere a la capacidad de estas sustancias para destruir los glóbulos rojos, esta actividad puede interferir con la absorción de nutrientes, ya que pueden afectar la integridad de la membrana celular de las células intestinales y, por lo tanto, disminuir la biodisponibilidad de ciertos nutrientes (Troisi *et al.*, 2014).

Por otro lado, los oxalatos son una amenaza toxica para la salud ya que el organismo no la metaboliza, estas pueden unirse al calcio en el tracto urinario y formar cristales, lo que puede llevar a la formación de cálculos renales, siendo así, una amenaza inmediata de toxicosis (Maradini *et al.*, 2015).

El oxalato, en su forma soluble, puede presentar ciertos riesgos y características peligrosas; es considerado un oxidante fuerte en todas sus formas; en soluciones concentradas puede causar irritación y daños en los tejidos; pueden formar complejos estables con metales, lo que les permite secuestrar iones metálicos; puede ser tóxico si se ingiere, causando efectos sobre el sistema renal (Jáuregui y Moreno, 2004). En niños pequeños cuyas capacidades fisiológicas y metabólicas son diferentes a las de los adultos, los efectos pueden ser más severos, a veces mortales, tras la ingestión de alimentos muy ricos en oxalatos, los cuales pueden producir una lesión renal (Thanh *et al.*, 2013).

Es así que, se planteó estudiar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas de cuatro etapas fenológicas en tres variedades de hojas de quinua kankolla, Rosada de Taraco y Salcedo INIA, para luego evaluar el efecto del tiempo y temperatura del escaldado y cocción en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.

Por las razones expuestas anteriormente, se plantea las siguientes interrogantes:

General:

- ¿Cuál será el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas y el efecto del tiempo y temperatura de escaldado y cocción en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas?

Específico:

- ¿Cuál será el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en cuatro etapas fenológicas de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Kankolla y Rosada de Taraco?
- ¿Cuál será el efecto del tiempo y temperatura del escaldado y cocción sobre los oxalatos y saponinas en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas?

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas y el efecto del tiempo y temperatura de escaldado y cocción en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en cuatro etapas fenológicas de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Kankolla y Rosada de Taraco.
- Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del escaldado y cocción sobre los oxalatos, saponinas en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Por su parte, Campos *et al.* (2022) indica que la hoja de quinua contiene mayor contenido de proteínas que los granos convirtiéndose así en un alimento saludable por sus altas cantidades de nutrientes como calcio, fósforo, hierro y zinc. También, Vázquez *et al.* (2019) refiere que el contenido proteico de la hoja de quinua es superior a la proteína de las espinacas (2,86%), acelgas (1,82%) y brócoli (2,98%), se pueden consumir crudas o cocidas, es ideal para la dieta de los vegetarianos o deportistas. Asimismo, Pathan *et al.* (2019), indica que la hoja de quinua contiene mayor contenido de proteínas que las hojas de espinaca y amaranto, pero, es menor en cuanto a la proteína del huevo de gallina.

En tanto, Galarza (2010) refiere que las hojas de quinua contienen 2.04% de zinc, 4.83% de minerales sobresaliente el hierro y 27.84% de proteínas y la FAO considera que la quinua es el “alimento perfecto” para el consumo del hombre. De la misma forma, Coloma *et al.* (2017) menciona que las hojas frescas de quinua de la variedad Salcedo INIA contienen 30.47% de proteínas. Asimismo, Tapia (2012), menciona que las hojas de quinua son utilizadas de forma tradicional, por los productores agropecuarios del altiplano desde mucho tiempo.

De igual manera, Alvear *et al.* (2018), sostiene que la hoja de quinua se presenta como una alternativa prometedora debido a su notable contenido en proteínas, minerales y compuestos bioactivos; a pesar de sus beneficios nutricionales, estas hojas no son consumidas en grandes cantidades, lo que a menudo lleva a los productores a desecharlas; este desperdicio subraya la necesidad de promover su consumo y aprovechar su potencial como un alimento nutritivo y sostenible.

Por lo tanto, Siener *et al.* (2006), menciona que la ingesta permitida de oxalatos por día está entre un rango de 50 a 200 miligramos. Asimismo, (Bargagli *et al.*, 2020), refiere que es fundamental cuantificar el contenido de oxalatos y evaluar su comportamiento en vegetales de hoja verde; existen dos formas de oxalatos las cuales son insoluble y soluble; el oxalato insoluble se excreta a través de las heces, y el oxalato soluble se absorbe en el intestino, posteriormente, se transporta al riñón para ser eliminado. Las hojas de quinua presentan oxalatos y saponinas que imposibilitan la absorción de nutrientes tales como el calcio y magnesio, es así que pueden producir una lesión renal (Berdonces, 1996).

Por su parte, Savage *et al.* (2000), refiere que la cocción puede reducir el contenido de oxalatos en vegetales, mediante métodos que utilizan el agua, como hervir, es así que los oxalatos se disuelven en el agua de cocción, y al filtrar el agua de cocción, se pueden percibir las pérdidas de oxalatos, dichos compuestos pueden transferirse del alimento al líquido. La integración de nuevas hortalizas, como las hojas de quinua, es una forma de promover la sostenibilidad del sistema alimentario a través de la diversificación, fomentando el cultivo y consumo (Stoleru *et al.*, 2022).

Es por esta razón que se debe estudiar el comportamiento de los oxalatos y saponinas en cuatro etapas fenológicas de tres variedades de hojas de quinua y el efecto del tiempo y temperatura del escaldado y cocción, y así obtener parámetros adecuados ya que se obtendrá un punto de partida para obtener parámetros técnicos y así mejorar el uso de las hojas de quinua en los sectores de gastronomía, nutrición y salud, es así que puede incrementarse confiadamente el consumo de hojas de quinua y aprovechar mejor sus proteínas.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Las limitadas investigaciones, con relación a la hoja de quinua se presentan a continuación:

##### 2.1.1. Internacionales:

Por su parte, Villacrés *et al.* (2016), en su publicación “La riqueza oculta de las hojas de quinua” mencionan que las hojas de quinua son ricas en minerales y vitaminas, como: manganeso 410 mg/ 100g., zinc 3.7 mg/100g., hierro 8.87 mg/100g., vitamina C 19.49 mg/100g., vitamina A 311.22 mg/100, y también destacan por la presencia de cuatro aminoácidos esenciales como: fenilalanina, lisina, isoleucina y treonina, estos aminoácidos esenciales intervienen en el proceso biológico de cada día; asimismo indican que las hojas de quinua en estado crudo, presentan antioxidantes, atribuibles a los flavonoides, antocianinas y polifenoles, estas son usadas en la preparación de diversos platos como: ensaladas, sopas. Es por ello que los autores mencionados consideran que la hoja de quinua, debe ser un alimento de uso frecuente en nuestras mesas.

Fiallos *et al.* (2016), en su estudio “Saponin determination, expression analysis and functional characterization of saponin biosynthetic genes in *Chenopodium quinoa* leaves” cuantificaron el contenido de saponinas en hojas de quinua de genotipos dulces y amargos, la cual encontraron acumulación de saponinas en las hojas tratados con jasmonato de metilo en ambos ecotipos, también descubrieron una variación de concentración de saponinas entre las hojas de quinua de ambos genotipos y las semillas de tipo amargo ya que esta última resulto con mayor concentración de saponinas, pero las semillas de tipo dulce no tuvieron diferencia con las hojas, también descubrieron que el jasmonato de metilo induce la acumulación de saponinas en las hojas de quinua e induce la expresión de genes biosintéticos de saponinas en la quinua.

Gutiérrez *et al.* (2004), en su estudio “Nitrates, oxalates and alkaloids in two phenological stages of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in irrigated and rainfed conditions” evaluaron en 10 variedades de hojas de quinua de diferentes colores la presencia de alcaloides por lo cual identificaron nitratos, oxalatos y alcaloides en la quinua bajo riego y temporal en las fases de brote floral y floración, en las variedades de planta rosa en el botón floral detectaron: oxalatos en toda la planta 2.93%; oxalato, en hojas 2.14%; oxalato, en tallos 0.79% y nitratos en toda la planta 1773 mg kg<sup>-1</sup> de MS, nitratos en hojas 461 mg kg<sup>-1</sup> de MS, nitratos en tallos 1312 mg kg<sup>-1</sup> MS; y en variedades de planta rosa en floración, el oxalato en toda la planta fue de 2.48%; oxalato, en hojas 1.96%; oxalato, en tallos 0.52% y nitratos en toda la planta fue de 1360 mg kg<sup>-1</sup> de MS, nitratos en hojas 476 mg kg<sup>-1</sup> de MS, nitratos en tallos 88 mg kg<sup>-1</sup> de MS y para las variedades de planta verde el porcentaje de oxalatos en toda la planta fue de 2.51%; oxalatos, en hojas 1.96%; oxalato, en tallos 0.55% y nitratos en toda la planta 1253 mg kg<sup>-1</sup> de MS, nitratos en hojas 406 mg kg<sup>-1</sup> de MS, nitratos en tallos 847 mg kg<sup>-1</sup> de MS.

Pathan *et al.* (2019), en sus investigaciones de “Nutritional composition of the green leaves of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)” Examinaron la composición nutricional en la hoja de quinua como un aporte relevante de aminoácidos, minerales y proteínas en la alimentación de las personas. Además, realizó una comparación del aporte nutricional de las hojas de quinua con las de amaranto y espinaca. Los hallazgos del análisis proximal de las hojas deshidratadas de quinua resaltaron más en (g/100g de peso seco) de proteínas (37,05 g.) en comparación con las de amaranto que fue (27,45 g.) y espinacas con (30,00 g.); asimismo, encontraron una baja cantidad de carbohidratos (34,03 g.) en las hojas de quinua mientras que el amaranto (47,90 g.) y la espinaca (43,78 g) tuvieron mayor contenido, y también hallaron una mayor cantidad de aminoácidos esenciales en las hojas de quinua, que en las espinacas y el amaranto.

Vázquez *et al.* (2019), en “La hoja de quinua como alternativa nutricional”, determinaron la calidad nutricional de las hojas de quinua secas y molidas se mide por medio de los siguientes indicadores: proteínas, azúcares reductores, carbohidratos, flavonoides totales, polifenoles totales, contenido de ceniza, contenido de agua y fibra en su estado natural. Obteniendo como resultados para las proteínas 11.8 ± 0.6 %, azúcares reductores 3.2 ± 0.27 %, carbohidratos 18.3 ± 0.9 %, flavonoides 62.07 ± 5.1 mg 100 g<sup>-1</sup>, polifenoles 131,8 ± 10.3 mg 100 g<sup>-1</sup>, cenizas 1.4 ± 0.14 %, agua 2.8 ± 0.9 % y fibra cruda 43.7 ± 3.9%. La hoja de quinua es una fuente valiosa de nutrientes, compuestos bioactivos como los polifenoles y

flavonoides ya que tienen propiedades antioxidantes, es así que pueden reducir las enfermedades cardiovasculares, diabetes y algunos tipos de cáncer.

Thanh *et al.* (2017), en su publicación “Oxalate content of taro leaves grown in central vietnam”, recolectaron hojas de cuatro cultivares diferentes de *Colocasia esculenta* y tres cultivares de *Alocasia odora* que crecían en nueve granjas diferentes en el centro de Vietnam. Se extrajeron y midieron los contenidos totales, solubles e insolubles de oxalato de las hojas mediante cromatografía HPLC. El contenido total de oxalato de las hojas varió de 433,8 a 856,1 mg/100 g de materia húmeda, mientras que el oxalato soluble varió de 147,8 a 339,7 mg/100 g de materia húmeda. La proporción de oxalato soluble varió de 28% a 41% del contenido total de oxalato de las hojas. La proporción equivalente de oxalato insoluble varió de 59% a 72% del total. Hubo poca diferencia entre los cultivares de taro *Colocasia esculenta* y *Alocasia odora*, aunque el contenido total de oxalato fue significativamente mayor en los cultivares de *Alocasia odora*.

### **2.1.2. Nacionales:**

Acosta (2022), en su investigación “Caracterización de tres variedades de hojas de quinua en dos fases fenológicas antes y después del secado solar con bandejas dehytray”, las tres variedades de las hojas de quinua fueron: la variedad Salcedo INIA, Altiplano y Real criolla, estudió en dos fases: en la fase fenológica de inicio de panojamiento e inicio de florecimiento y como resultado se obtuvo que el inicio de panojamiento es la más recomendable para la cosecha de las hojas de quinua, también determinó que la hoja de quinua real criolla presenta mejores contenidos de hierro 274.98 ppm y proteínas 42.36% y esto fue antes del secado y 270.32 ppm. de hierro y proteínas 44.31% después del secado. El secado en las bandejas de Dehytray se dio a una temperatura de 55°C para la variedad Real criolla y Salcedo INIA fue en un tiempo de 3.25 horas y para la variedad Altiplano el tiempo de secado fue 3 horas.

### **2.1.3. Locales:**

Coloma *et al.* (2017), señalan que la composición química proximal de las hojas de quinua se conserva más estable al realizar el pretratamiento del escaldado en cloruro de sodio (NaCl) al 3%. Esto aumenta la conservación de elementos hidrosolubles y conserva un equilibrio significativo en proteína, grasa, ceniza y fibra en comparación con la muestra que no ha sido pretratada. En cuanto a la disminución de humedad y el periodo de secado de las hojas de quinua, se descubrió que las muestras que previamente fueron tratadas con pretratamiento de escaldado en agua y secadas a 50 °C, revelaron los índices de rehidratación más elevados

(4.75 kg H<sub>2</sub>O/Kg SS); por otro lado, las muestras que no recibieron pretratamiento presentaron índices más bajos (3.03 kg H<sub>2</sub>O/Kg SS) y no presentaron fluctuaciones en la temperatura de secado.

## **2.2. QUINUA**

### **2.2.1. Aspectos generales**

La quinua es vista como un alimento sagrado por las antiguas civilizaciones andinas y sus características la convierten en un producto del porvenir (Ramírez *et al.*, 2017). Es originaria específicamente de los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, es reconocido mundialmente por su alto valor nutricional y es valorado por la importancia de la seguridad alimentaria (Soria, 2017). Siendo un pseudocereal de la región andina, puede ser un alimento indispensable para la seguridad de todo el mundo (Nowak *et al.*, 2016). Este grano es una antigua cosecha de la zona andina, posee una impresionante capacidad de adaptación al clima, desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud (Colin y Corke, 2016).

Actualmente, la NASA identifica a la quinua como uno de los alimentos "más completos" para el consumo humano, dado que es un excelente recurso en la batalla contra la desnutrición y el hambre (Condori, 2017). La variedad genética de la quinua es extensa, puede desarrollarse desde el nivel del mar hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar (msnm), desde 408 grados de latitud sur hasta 28 grados de latitud norte, y desde el clima frío de las zonas altas hasta las condiciones subtropicales (Jacobsen, 2003). Es una planta anual con variedades y cultivos variados, se domestica en las proximidades del lago Titicaca, en la región entre Perú y Bolivia (Troisi *et al.*, 2014).

### **2.2.2. Características botánicas**

La quinua muestra variaciones en su forma, color y reacción a diferentes condiciones ambientales en las zonas donde se cultiva. Puede resistir sequías, heladas, suelos salinos y otros elementos que perjudican su cultivo (Apaza *et al.*, 2013). Su fase vegetativa fluctúa entre 150 y 240 días y llega a tener una altura de 0,8 a 3 metros; se ajusta a terrenos y climas diversos, desde los 2 000 hasta los 3 900 metros de altitud (Ortiz y Blanco, 2008).

Las plantas de quinua exhiben variados colores que van desde el verde, morado hasta el rojo, negro hasta el café, marrón, gris, amarillo y naranja, dependiendo de sus variedades, pigmentos, la luz a la que se exponen y su estado de crecimiento (Mujica *et al.*, 2003). La raíz tiene la capacidad de llegar a 1,50 metros de profundidad, esto se basa en diversos

factores como: la clase de suelo, la presencia de agua y las condiciones meteorológicas; por lo tanto, la adaptación le brinda la posibilidad de explorar una amplia profundidad en busca de agua y nutrientes (Tapia y Fries, 2007).

El tallo principal puede tener ramas o no, esto varía según el ecotipo y la raza; sin embargo, es más habitual el tallo ramificado en las variedades de quinua cultivadas en el sur de Perú y Bolivia; mientras que el tallo sin ramas puede ser visto en el centro norte de Perú y Ecuador (MIDAGRI, 2021).

### **2.2.3. Taxonomía**

Mujica y Jacobsen (2013), ratifican que la familia Chenopodiaceae comprende cultivos originarios; la quinua se categoriza en la subclase Magnoliopsida, subgrupo Caryophyllidae, rango Caryophyllales, familia Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata*. Y exhibe la siguiente categoría taxonómica.

Reino: *Vegetal*

División: *Fanerógama*

Clase: *Dicotiledóneae*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiaceae*

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa*

Nombre científico: *Chenopodium quinoa* Willd.

### **2.2.4. Variedades de la quinua**

Apaza *et al.* (2013), indican que, en el Perú, existen más de 3000 variedades de quinua, sin embargo, en el catálogo de variedades comerciales, clasifican las siguientes variedades más importantes:

- Altiplano - INIA 431
- Amarilla Sacaca - INIA 427
- Negra Collana - INIA 420
- Pasankalla - INIA 415
- INIA Illpa
- Rosada de Taraco

- INIA Quillahuaman
- Amarilla Marangani
- Kankolla
- Blanca de Junín
- INIA Salcedo
- Huancayo
- Hualhuas
- Blanca de Juli

INACAL (2021) y la NTP 206.06 sobre los requisitos de la quinua. Identifican que el grano de quinua contiene saponinas, las cuales se clasifican en dulces y amargas, siendo el valor 0.12% de saponinas el factor determinante. Si es inferior al valor determinante se clasifica como dulce, y si es superior como amarga.

**Tabla 1: Contenido de saponinas en algunas variedades de quinua.**

<b>Variedades</b>	<b>contenido de saponina (%)</b>	<b>genotipo (dulce / margo)</b>
Hualhuas	3	Amarga
Amarilla marangani	7	Amarga
Witulla	Medio / Alto	--
Tahuaco	Alto	--
Blanca de Juli	0.04	Dulce
Blanca rosada de Junín	Bajo	--
Cheweka	5.6 – 7.5	Amarga
INIA 431 – Altiplano	0.03	Dulce
INIA 427 - Amarilla Sacaca	7	Amarga
INIA 420 - Negra Collana	0	Dulce
INIA 415 – Pasankalla	0	Dulce
Illpa INIA	0.02	Dulce
Salcedo INIA	0.02	Dulce
Quillahuaman INIA	3	Amarga
Kankolla	0.348	Amarga
Huancayo	3	Amarga

FUENTE: Ahumada *et al.* (2016).

### **2.2.5. Salcedo INIA**

Esta variedad fue escogida en la estación experimental de Patacamaya, obtenida a través de una selección surco-panoja mediante la incorporación de material genético proveniente de las variedades "Real boliviana" y "Sajama". Se introdujo a "Puno en 1989", mide de 1.8 a 2 mm de diámetro y el grano es de color blanco, tiene un sabor dulce. Su ciclo de cultivo es de 160 días (adelantado), con un rendimiento de 2500 Kg. /ha resistente al mildiu (Gomez y Aguilar, 2016).

### **2.2.6. Kankolla**

Grano de tamaño medio de 1.6 a 1.9 mm de diámetro, de tonalidad blanca o rosada, con un alto contenido de saponinas, su periodo vegetativo es de 160 a 180 días (tardía), con un rendimiento de 3500 Kg./ha, presenta una tolerancia moderada al leve y se aconseja para áreas distantes del lago Titicaca, como: Cabanillas, Juliaca, Azángaro (Gomez y Aguilar, 2016).

### **2.2.7. Rosada de Taraco**

Esta variedad es de grano reducido, el pericarpio (capa-fruto) tiene un tono crema y la episperma (capa-semilla) tiene un tono blanco. La región idónea para su cultivo es el Altiplano (Gomez y Aguilar, 2016).

### **2.2.8. Usos de la quinua**

Según, Villacrés *et al.* (2016), El cultivo de la quinua ofrece múltiples beneficios para el sector industrial además del grano. Por ejemplo, del tallo de la quinua se puede obtener ceniza y celulosa, concentrado para animales. Además, en el sector industrial, el tallo se emplea como recurso para la elaboración de papel y cartón.

Pathan *et al.* (2019), en el lanzamiento de su libro "Guía del cultivo de quinua", menciona que es posible el uso de las hojas de quinua como verdura, ya que cuenta con una excelente fuente de nutrientes, que puede ser el reemplazo de la espinaca. Otro tipo de utilidad que se da a la hoja de quinua es para eliminar las manchas de la cara (Tapia, 2012).

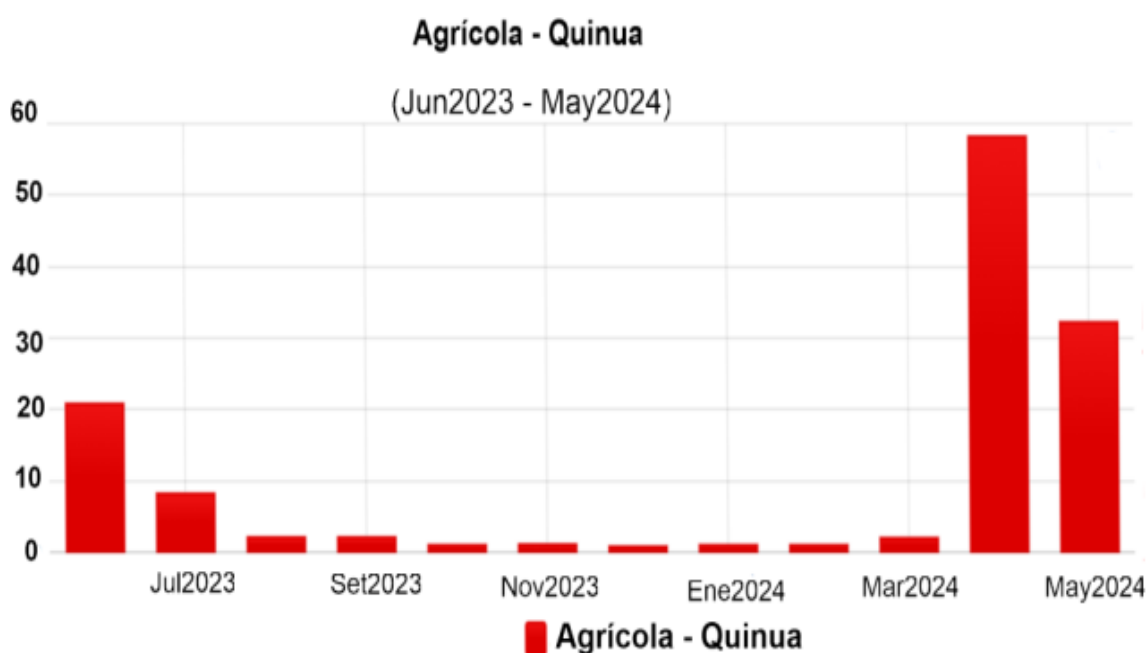
### **2.2.9. Producción de la quinua**

El centro de investigación de economía y negocios globales CIEN (2021), Menciona que el Perú fue el mayor productor mundial de quinua en grano, acumulando el 55.6% del total

(89.8 mil TM); le siguió Bolivia con el 41,6% y Ecuador con el 2,8%. Mientras tanto MIDAGRI (2021), establece que Perú encabeza como exportador y productor global de la quinua, desafiando a Bolivia. En Perú, más de 68.000 productores pequeños en las zonas altoandinas se enfocan específicamente en el cultivo de quinua.

Las regiones más productoras de quinua incluyen: Puno (44,1%), después se encuentran “Ayacucho (17,6%), Apurímac (12,6%), Arequipa (9,4%), Cusco (4,7%), Junín (3,9%), Huancavelica (2,5%), La Libertad (1,7%), Cajamarca (1,3%) y otros (2,3%)”.

La producción de quinua en el país comprende 65.280 hectáreas de cultivos y con una producción de 89.775 toneladas, conforme a registros del 2019, de la misma manera, se menciona que en abril del 2024 la producción de este grano, habría llegado a 58.336 toneladas métricas como se observa en la figura 1 (BCRP, 2024).



**Figura 1: Producción de quinua a nivel nacional**

FUENTE: BCRP (2024).

### 2.3. FENOLOGÍA

Es el estudio de los cambios externos visibles que presentan las plantas en el transcurso de un periodo, como resultados de sus relaciones con las condiciones ambientales (temperatura, luz, humedad, suelo) durante los periodos vegetativo y reproductivo, también mide las diferentes fases de desarrollo de la planta, a través de la observación (Vite, 2015).

La hoja de quinua es una valiosa adición a la dieta y el momento adecuado para el consumo se da entre 60 y 90 días después de la emergencia ya que en este periodo contienen un mayor contenido de proteínas, vitaminas y minerales (Pathan *et al.*, 2019).

### 2.3.1. Etapas fenológicas del cultivo de quinua

Yzarra y López (2011), manifiestan: “Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas, también puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica”.



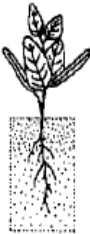







Por otra parte León (2003), señala que la duración de las fases fenológicas está influenciada por diversos, factores medioambientales, como por ejemplo: la existencia de lluvias constantes en enero, febrero, marzo y abril, sin la presencia de veranillos, las fases fenológicas pueden extenderse, extendiendo el periodo vegetativo y reduciendo el rendimiento. Por otro lado, cuando se observan veranillos sin heladas, la situación es totalmente distinta a la previa. En efecto el autor ya mencionado y (Martínez y Souza, 2012) señalan que las fases fonológicas de la quinua son las siguientes:

- **Emergencia (7 a 10 días):** El brote surge del terreno y forma sus hojas cotiledonales. En el surco, se pueden ver las plántulas en filas claramente delimitadas. La planta posee una cierta capacidad para soportar la sequía, aunque esto depende de la humedad del terreno. Además, es susceptible al perjuicio provocado por las aves.
- **Dos hojas verdaderas (10 a 15 días):** En esta fase, ocurre la aparición de dos hojas auténticas que superan los cotiledonales. Estas hojas ya tienen una figura lanceolada y están situadas en el brote apical, donde se encuentra el par de hojas. Simultáneamente, se nota un crecimiento acelerado de las raíces. La planta exhibe resistencia ante la sequía y tiene la capacidad de resistir entre 10 y 14 días sin agua.
- **Cuatro hojas verdaderas (25 a 30 días):** En esta etapa, se pueden observar dos pares de hojas auténticas totalmente desarrolladas, junto con las aún existentes hojas cotiledonales de tonalidad verde. En el botón foliar, es ya posible identificar las próximas hojas del ápice, y se comienza a formar botones en la axila del primer par de hojas. La planta exhibe cierto rendimiento frente al “frío y a la sequía”, aunque puede ser objeto a la agresión por parte de herbívoros que se nutren de las hojas.
- **Seis hojas verdaderas (35 a 45 días):** Durante este periodo de crecimiento, es posible distinguir tres parejas de hojas auténticas completamente desplegadas, las hojas cotiledonales en esta etapa adquieren un tono amarillento. Se aprecia un claro

resguardo del ápice vegetal por las hojas más desarrolladas, particularmente cuando la planta se encuentra con temperaturas bajas, el inicio de la noche o bajo estrés debido a la falta de agua o elevados grados de salinidad.

- **Ramificación (45 a 50 días):** En esta etapa, se pueden identificar hasta un octavo de hojas auténticas totalmente desplegadas, incluyendo hojas axilares hasta el nudo tres. Las hojas cotiledonales se desvanecen, dejando huellas en los tallos. Además, se puede apreciar el surgimiento de la inflorescencia, que está resguardada por las hojas, sin dejar despejado el elote, vale la pena destacar que las hojas pueden consumirse como sustituto de la espinaca.
- **Inicio de panojamiento (55 a 60 días):** Esta etapa comienza cuando la inflorescencia empieza a emerger a partir del ápiculo de la planta, con el surgimiento de un grupo de diminutas hojas alrededor que progresivamente cubren tres cuartas partes de la panoja. Además, se percibe una coloración amarilla en el primer par de hojas auténticas y un incremento en el tallo.
- **Panojamiento (65 a 70 días):** Esta etapa se evidencia cuando la inflorescencia sobresale claramente sobre las hojas, permitiendo la observación de los grupos de flores que la conforman. Además, se pueden identificar los botones florales individuales en los grupos de flores de la base. Desde este momento hasta el inicio del crecimiento del grano lechoso, se pueden ingerir las hojas como alternativa a las hortalizas.
- **Inicio de la floración (75 a 80 días):** Esta fase ocurre cuando la parte superior de la flor hermafrodita se despliega y muestra los estambres aislados. En este momento, la planta es extremadamente susceptible a la sequía y las condiciones de congelamiento. Además, en los conglomerados de flores, el perigonio, de tonalidad verde limón, protege a las anteras.
- **Floración (90 a 100 días):** En este punto, la floración se da, cuando las flores que conforman la inflorescencia están abiertas en un 50% aproximadamente. Es evidente que la floración se produce al mediodía, cuando la luz solar es intensa; ya que, al amanecer y al anochecer, dichas flores aún se mantienen cerradas. Además, las hojas de la planta que se encuentran por debajo comienzan a caerse ya que participan menos en la fotosíntesis. Cuando las temperaturas superan los 38°C, ocurre la pérdida de las flores. La planta también es altamente susceptible a las condiciones heladas y granizadas.

- **Grano lechoso (100 a 130 días):** Durante este periodo, los frutos presentes en los conglomerados de las flores de la panoja, cuando se aplastan estallan y expulsan un fluido blanco; la falta de agua resulta sumamente dañina para el desempeño de la planta.
- **Grano pastoso (130 a 160 días):** Esta etapa se distingue por la textura pastosa y el tono blanco de los frutos al ser presionados. Además, el cultivo experimenta graves perjuicios a causa del ataque de aves como gorriones y palomas, que establecieron nidos y devoran los granos. En esta fase, no es imprescindible la lluvia.
- **Madurez fisiológica (160 a 180 días):** En esta fase, cuando las uñas ejercen presión sobre los granos, muestran resistencia, y su humedad oscila entre el 14% y el 16%. El grano comienza a llenarse entre la floración y la madurez fisiológica, se acompaña de la coloración amarilla y la defoliación total de la planta. La lluvia continua es dañina, pues puede alterar la calidad y el gusto del grano.

FASES FENOLÓGICAS DE LA QUINUA									
<i>Chenopodium quinoa</i>									
									
EMERGENCIA	DOS HOJAS VERDADERAS	CUATRO HOJAS VERDADERAS	SEIS HOJAS VERDADERAS	RAMIFICACION	PANOJA	FLORACION	GRANO LECHOSO	GRANO PASTOSO	MADURACION
Aparecen las dos hojas cotiledonales en la superficie del suelo	Aparecen las dos hojas verdaderas extendidas.	Se observa dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde.	Se aprecian tres pares de hojas verdaderas extendidas, las hojas cotiledonales se toman de color amarillento.	Se nota ocho hojas verdaderas extendidas. Las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo	Emergen las primeras panojas para luego sobresalir con claridad por encima de las hojas de la planta.	Se abren las primeras flores de la parte apical de la panoja.	Los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.	Los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco.	Todas las partes de la planta están secas; los granos al ser presionados presentan resistencia.

**Figura 2: Etapas fenológicas de las hojas de quinua.**

FUENTE: Vite (2015).

## 2.4. HOJAS DE QUINUA

### 2.4.1. Características generales

Se considera que las hojas de quinua son vegetales nutritivos, y en peso seco presentan un alto valor biológico que los granos y se diferencia de los cereales debido a que contiene todos los aminoácidos esenciales; también es el único alimento de origen vegetal que puede sustituir la proteína animal (Mamani, 2024). La hoja de quinua de la zona inferior de la planta tiene una figura romboidal o triangular, las hojas enormes llegan a medir de 10 a 15 cm de largo y de ancho 8 a 10 cm, son de color verde cuando son tiernas y están cubiertas de papilas, tanto en el as como en el envés (Tapia y Fries, 2007).

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, el peciolo puede ser de color verde, rosado, rojo y púrpura, las hojas y las partes tiernas de la planta están cubiertas normalmente con una pubescencia vesicular granular blanca, rosada o púrpura, dicha pubescencia granular contiene oxalato de calcio la cual absorbe agua del medio ambiente y así incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea a las hojas, cuando maduran, las láminas se tornan amarillas, naranjas, rosadas, rojas o púrpuras (Gomez y Aguilar, 2016).

**Tabla 2: Características de la hoja de quinua de dos variedades kankolla y salcedo INIA**

Características de la hoja de quinua		
	Kankolla	Salcedo INIA
Extremo de las hojas inferiores	Aserrado	Aserrado
Hojas Aserrados	12 a 25 dientes	12 a 30 dientes
Largo del peciolo	3.00 a 6.70 cm	5.10 a 6.30 cm
Largo de las hojas	6.60 a 6.70 cm	10.40 a 11.20 cm
Ancho de las hojas	2.50 a 5.70 cm	8.60 a 10.50 cm
Pigmento de las hojas	Verde	Verde

FUENTE: Apaza *et al.* (2013).

### 2.4.2. Características fisicoquímicas de las hojas de quinua

Las hojas de quinua son un alimento valioso comparable a la verdura y se emplean en varias preparaciones como: ensaladas, sopas, locros, y en comparación con las espinacas, las hojas de quinua poseen un contenido proteico superior (Mujica y Jacobsen , 2006).

El momento adecuado para consumir hojas de quinua como alimento es justo antes del comienzo de la floración, que se produce entre 60 y 80 días después de la germinación (Rodríguez, 2018). Asimismo, Tapia (2012), menciona que la hoja de quinua en la alimentación del hombre se encuentra entre 60 y 90 días después de la germinación, es decir, antes de la floración; ya que antes de este período o después de él, se vuelve muy dura y lignificada.

Las hojas de quinua son consideradas como verduras nutritivas, en peso seco, aportan 322.022 Kcal por gramos. Su perfil nutricional es superior al del grano, con un 27,84% de proteínas, un 40,78% de carbohidratos y un 3,5 % de grasa (Villacrés *et al.*, 2016) como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3: Relación entre las hojas de quinua y el grano de quinua en términos nutricionales.**

Indicador	Hojas		Grano
	Peso fresco	Peso seco	Peso seco
Humedad (%)	81.64	5.23	12.00
Ceniza (%)	3.65	19.86	1.96
Extracto etéreo (%)	0.64	3.50	6.00
Proteína (%)	5.11	27.84	16.7
Fibra (%)	1.47	8.02	8.61
Carbohidratos (%)	7.49	40.78	66.73
Calorías (kcal/100 g)	59.10	322.02	404.94
Calcio (%)	0.51	2.79	0.18
Fosforo (%)	0.12	0.63	0.32
Magnesio (%)	0.41	2.26	0.16
Potasio (%)	0.87	4.74	0.33
Sodio (%)	0.01	0.05	0.02
Cobre (ppm)	1.47	8.00	0.6
Hierro (ppm)	88.68	483.00	7.8
Manganeso (ppm)	6.98	38.00	1.0
Zinc (ppm)	37.45	204.00	3.3
Ácido ascórbico (mg/100 g)	19.49	358.00	---
Ácido fólico (mg/100 g)	0.03	0.18	1.68

FUENTE: Galarza (2010).

La hoja de quinua también contiene aminoácidos esenciales estos son fundamentales para diversas funciones biológicas, como la síntesis de proteína, la producción de hormonas y neurotransmisores, y el mantenimiento del equilibrio nitrogenado en el organismo, por ello deben ser obtenidos a través de la dieta ya que mejoran el buen funcionamiento del organismo (Alvear *et al.*, 2018), en la tabla 4 se puede apreciar el contenido de los aminoácidos esenciales y no esenciales presentes en las hojas de quinua.

**Tabla 4:** *Composición de aminoácidos en la hoja de quinua (g/proteína por cada 100 gramos).*

<b>Indicador</b>	<b>Medida (%)</b>
Acido aspártico	2,98 (%)
Treonina	1,08 (%)
Serina	1,13 (%)
A Glutámico	4,49 (%)
Prolina	1,25 (%)
Glicina	2,48 (%)
Alanina	2,9 (%)
Cistina	0,19 (%)
Valina	0,79 (%)
Isoleucina	1,15 (%)
Tirosina	0,81 (%)
Fenilalanina	1,51 (%)
Histidina	0,53 (%)
Lisina	1,18 (%)
Arginina	1,41 (%)

FUENTE: INIAP (2015).

En la Tabla 5. Se presentan los aminoácidos esenciales en las hojas de quinua, amaranto y espinaca en comparación con el aminoácido de referencia en la proteína del huevo de gallina como estándar (FAO, 1970). A continuación, en la tabla 5 se observa, los resultados de las cantidades de aminoácidos esenciales en las hojas de quinua ya que fueron más altas, que, en las hojas de amaranto y espinaca, sin embargo, son más bajas que los aminoácidos esenciales del huevo de gallina.

**Tabla 5: Evaluación del contenido de aminoácidos vitales en las hojas de quinua, amaranto y espinaca comparando con el aminoácido específico de la proteína del huevo de gallina (%).**

Aminoácidos	Hojas			Literatura publicada
	Quinua	Amaranto	Espinaca	Huevos de gallina (FAO, 1970)
Histidina	39.81	32.42	35.26	53.46
Isoleucina	91.57	81.33	71.66	138.78
Leucina	150.72	132.52	127.97	195.66
Lisina	107.5	104.65	90.43	156.41
Metionina	34.13	30.14	31.28	114.32
Fenilalanina	101.81	82.47	85.88	127.97
Treonina	82.47	65.98	69.96	114.32
Valina	104.65	92.14	91	153
Metionina + cisteína	62	56.88	63.13	113.75

FUENTE: Pathan *et al.* (2019).

### 2.4.3. Micro elementos

Las vitaminas y minerales son esenciales para el adecuado funcionamiento del cuerpo, las hojas de quinua contienen una gran cantidad de estas. La tabla 6 indica el contenido de microelementos (potasio, calcio, magnesio, hierro y ácido fólico); estos tienen múltiples beneficios para la salud, por ejemplo, el potasio es importante para la función celular y el equilibrio de líquidos, tanto el magnesio y el calcio son primordiales para los huesos y el músculo; para la formación de la hemoglobina el hierro es básico. Las hojas de quinua tienen mayor contenido de microelementos y en el grano de quinua es menor.

**Tabla 6: Comparación de micro elementos entre la hoja de quinua y el grano de quinua.**

Indicador (%)	Hoja de quinua	Grano de quinua
Calcio	2,79	0,18
Fósforo	0,63	0,32
Magnesio	2,26	0,16
Potasio	4,74	0,33
Sodio	0,05	0,02
Hierro	483	7,8
Manganeso	38	1
Zinc	204	3,3
Ácido fólico	189	1,68

FUENTE: INIAP (2015).

**Tabla 7: Comparación de resultados químico proximal por varios autores.**

<b>Autores</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Grasas y aceites %</b>	<b>Proteína %</b>	<b>Cenizas %</b>	<b>Fibra %</b>	<b>Carbohidratos %</b>
Coloma (2017)	82.69	*	*	*	*	*
escaldado	*	8.13	28.37	17.17	10.07	36.27
sin escaldar	*	8.49	30.47	20.03	13	28
Pathan <i>et al.</i> (2019)	*	*	37.05	*	*	34.03
Vázquez <i>et al.</i> (2019)	*	*	11.8	1.4	43.7	18.3
Koziol (1992)	85.2	1.8	5.8	3.3	1.9	4.8
Rodas (2020)	*	0.6 - 0.67	*	*	*	5.41 - 6.60
Bravo y Pérez (2018)	*	*	11.82	2.45	*	*
Bhargava <i>et al.</i> (2006)	*	*	*	3.3	*	*
Corimayhua (2017)	84	*	5.11	*	*	*
Villacrés <i>et al.</i> (2011)	*	*	27.84	*	*	*
Acosta (2022)	87	2.59 - 4.95	26.09	*	*	*
Gutierrez (2019)	*	*	34.98	*	*	*
Galarza (2010)	81.64	*	*	*	*	7.49

\*= no estudiado

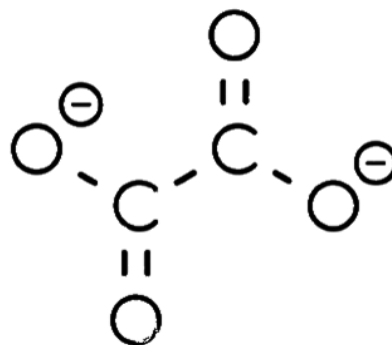
## 2.5. ALCALOIDES

### 2.5.1. Oxalatos

Castro *et al.* (2022), indican que los oxalatos son una sal o éster, derivados del ácido oxálico, estas sales tienen el anión  $C_2O_4^{2-}$ ; mientras que la estructura de los ésteres es  $R-O_2CCO_2R'$ , estas son sustancias tóxicas, ya que, en presencia de iones de calcio, forman oxalato de calcio ( $CaC_2O_4$ ), esta es una sal con muy baja solubilidad.

Por su parte, Maradini *et al.* (2015), indica que los oxalatos están presentes en las espinacas, acelgas, tomates y en las familias de vegetales como: Polygonaceae, Amaranthaceae y Chenopodiaceae, estas se almacenan en hojas, raíces, tallos y semillas. Por otro lado, Siener *et al.* (2006), refiere que la ingesta permitida de oxalatos está entre un rango de 0.5 – 2% por día, es decir de 50 a 200 miligramos respectivamente.

El oxalato soluble, puede ser peligroso y riesgoso si se ingiere en soluciones concentradas y cantidades mayores a lo recomendado ya que puede causar irritación y daños en los tejidos de los riñones (Jáuregui y Moreno 2004). En niños pequeños cuyas capacidades fisiológicas y metabólicas son diferentes a las de los adultos, los efectos pueden ser más severos, a veces mortales, tras la ingestión de alimentos muy ricos en oxalatos, los cuales pueden producir una lesión renal (Hang *et al.*, 2013).

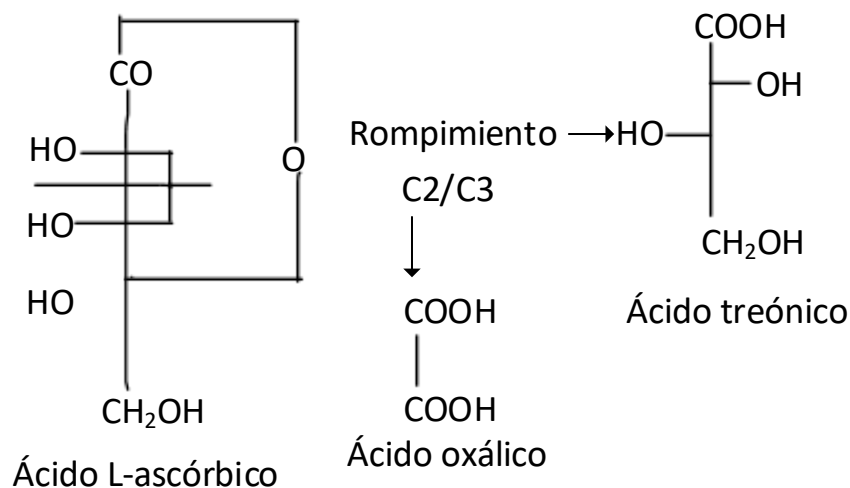


**Figura 3: Estructura básica del oxalato**

FUENTE: Wade (2012).

### 2.5.2. Biosíntesis del ácido oxálico

La biosíntesis del ácido oxálico en las plantas, se realiza por diferentes formas, las más comunes son: degradación de isocitrato, hidrólisis de oxalo-acetato, degradación oxidativa del ácido L-ascórbico, oxidación de glicolato/glioxilato; la tercera biosíntesis es esencial para la síntesis del ácido oxálico, ya que, su función es la formación de cristales de oxalato de calcio; el ascorbato se sintetiza en el interior de los idioblastos, así mismo, el oxalato se sintetiza mediante una enzima que aún no está conocida, la cual esta descompone el doble enlace entre los carbonos 2 y 3 del ácido L-ascórbico (Fig. 4). Esta síntesis se lleva a cabo en el citoplasma de los idioblastos, donde la enzima se sintetiza, posteriormente, el ácido oxálico es transportado hacia la vacuola en donde es incorporado a los cristales en el interior de las cámaras cristalinas (Jáuregui y Moreno, 2004).



**Figura 4: Biosíntesis del ácido oxálico.**

FUENTE: Jáuregui y Moreno (2004).

- **Toxicodinámica:** Los oxalatos presentes en la sangre se descomponen, liberando ácido oxálico  $C_2H_2O_4$ , y se unen al calcio plasmático para crear oxalato de calcio, provocando una disminución en los niveles de calcio en la sangre. Los oxalatos que no se disuelven no son absorbidos, por lo tanto, no afectan la absorción de calcio, pero sí pueden causar irritación e inflamación en las membranas mucosas (Peña y Zuluaga, 2017).

El consumo de plantas con niveles elevados de oxalato puede causar una intoxicación, dado que conduce a la creación de grandes volúmenes de cristales de oxalato de calcio en el organismo, particularmente en los riñones. Esto genera problemas como la hipocalcemia, tetania, insuficiencia renal, aparición de piedras en los riñones y, en situaciones severas, la muerte (Wen *et al.*, 2023).

- **Farmacocinética:** El proceso de absorción de oxalatos tiene lugar en el intestino delgado a través de procesos de transporte activo y la absorción de oxalatos en el intestino delgado y grueso mediante la difusión pasiva. La absorción es mínima (2% y 6%) y su eficacia fluctúa dependiendo de la especie. La mayoría de este compuesto se excreta mediante la excreción renal, que usualmente ocurre entre 8 y 12 horas después de su consumo (Peña y Zuluaga, 2017).

**Tabla 8. Alimentos que destacan por su contenido en oxalatos.**

Alimentos	mg oxalato/100 g. de alimento	gramos alimento/ración estándar	mg oxalato/ración
Espinaca	780	200	1.560
Remolacha	675	100	675
Café en polvo	650	10	65
Acelga	645	200	1.290
Cacao en polvo	600	10	60
Germen de trigo	270	10	27
Nuez	200	20	40
Cacahuete	187	20	37
Chocolate	120	25	30
Perejil	100	5	5
Puerro	90	75	67.5
Limón	85	145	123
Té infusión	75	150	112
Berza	74	200	148
Apio	20	75	15
Judías verdes	20	200	40
Patatas	20	200	40
Pimiento verde	20	60	12
Frambuesa	15	100	1.5
Lechuga	15	100	1.5
Fresa	10	100	1

FUENTE: Galdón *et al.* (2016).

## 2.6. SAPONINAS

Las saponinas son glucósidos esteroides o triterpenoides, presentes en los cultivos vegetales; estos compuestos poseen un sabor amargo y se consideran tóxicos en grandes cantidades; se encuentran en toda la planta de quinua, desempeñando su función natural de proteger la planta del entorno externo (Abugoch, 2009).

Las saponinas también pertenecen al género de los glucósidos amargos y pueden causar desintegración sobre los eritrocitos (Rodríguez, 2017). Están presentes en la soja, la alfalfa, el té, la remolacha, las espinacas, los espárragos y tienen tres características: (tienen un sabor amargo, funcionan como potentes surfactantes y provocan hemólisis en los glóbulos rojos), también están presentes en el veneno de serpientes y estrellas marinas (Badui, 2006). Se ha observado un incremento en la cantidad de saponinas en las hojas de la planta (9 g/1000 g), mientras que en las flores y frutos se registra una cantidad inferior (Maradini *et al.*, 2015). Se nota una mayor cantidad de saponinas totales durante el crecimiento de la planta, además de que estas no tienen una estructura química claramente establecida (Ahumada *et al.*, 2016).

Las saponinas son sustancias naturales presentes en diversas plantas; al ser consumidas, pueden generar una especie de espuma que modifica la superficie de los fluidos en el sistema digestivo, obstaculizando la digestión y absorción correcta de nutrientes; esto puede provocar síntomas como malestar estomacal, náuseas, diarrea leve y otros trastornos digestivos (Fontúrbel, 2003).

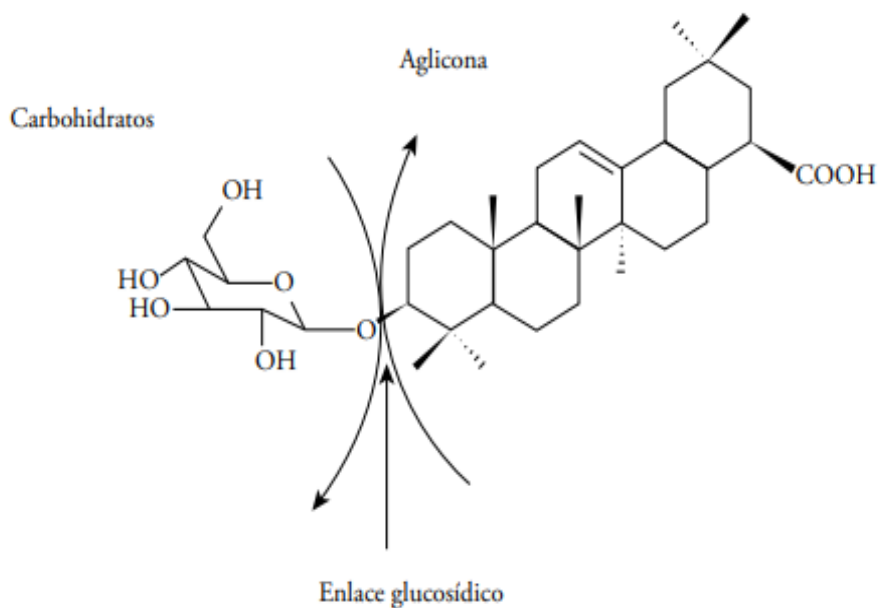
Se les ha clasificado como antinutritivos por su actividad hemolítica, que hace referencia a la habilidad de estas sustancias para destruir los glóbulos rojos; esta actividad puede obstaculizar la absorción de nutrientes, dado que pueden alterar la integridad de la membrana celular de las células intestinales y, en consecuencia, reducir la biodisponibilidad de determinados nutrientes (Troisi *et al.*, 2014). Son afectadas por los cambios bruscos de pH, ya que los valores muy ácidos o básicos generan la ruptura de los enlaces O-glucosídicos es así que esta característica puede facilitar su cuantificación y análisis químico (Ahumada *et al.*, 2016).

Para los humanos, el consumo de las saponinas no es riesgoso en general, ya que son hidrolizados por la microflora intestinal, además de que su absorción es difícil y el plasma sanguíneo los inhibe con facilidad; sin embargo, una sobredosis puede provocar náuseas, vomito, diarrea y mareo (Valle y Lucas, 2000).

Por otro lado, Bojanic (2011), indica que el nivel de saponina máximo permitido en la quinua para el consumo humano oscila entre el 0,06% y el 0,12%. Según, lo reportado por Mori (2015), en circunstancias de escasez de agua, la quinua tiene la capacidad de incrementar la producción de saponinas como un mecanismo de protección frente a elementos perjudiciales en su entorno; esto se debe a que las saponinas actúan como defensa de la planta.

La cantidad de saponinas presentes en las semillas de quinua está sujeta a factores como el clima, el terreno de cultivo, las variaciones de temperatura, la presencia de agua, los impactos del estrés y el fotoperiodo. Esto se debe a que estos impactan la actividad metabólica de las plantas y promueven la acumulación de saponinas (García *et al.*, 2018).

Las saponinas son metabolitos secundarios presentes en una gran diversidad de plantas. Su composición química consta de un núcleo de aglicona (que puede ser de tipo terpenoide o esteroide) vinculado a cadenas de carbohidratos. Esto les confiere características exclusivas, como la habilidad de generar espumas en soluciones acuosas y su naturaleza anfifílica (una porción de la molécula es hidrofílica y la otra es hidrofóbica) (Ahumada *et al.*, 2016).



**Figura 5: Estructura de la saponina, se muestra el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucosídico.**

FUENTE: Ahumada *et al.* (2016).

**Tabla 9: Toxicidad oral de saponinas.**

<b>Saponina</b>	<b>animal</b>	<b>índice toxicológico</b>	<b>valor (mg/kg)</b>
Saponaria vaccaria	rata	<b>DL50</b>	960
	perro	<b>DL</b>	20 a 25
agrostemma githago	rata	<b>DL50</b>	>50
Aesculus hippocastanum	rata	<b>DL50</b>	>50
Hedera hélix	rata	<b>DL50</b>	>100
Gypsophila paniculata	rata	<b>DL50</b>	50
Cyclamen europaeum	rata	<b>DL50</b>	>160
Digitalis pupurea	ratón	<b>DL</b>	90
Sapindus sapindus	ratón	<b>DL</b>	3,000

DL= dosis letal por vía oral, DL50: dosis letal 50 por vía oral

FUENTE: Valle y Lucas (2000).

La tabla 10. Muestra el contenido del porcentaje de oxalatos y saponinas en las hojas de quinua reportadas por varios autores, donde se puede apreciar el porcentaje de oxalatos totales, oxalatos solubles y saponinas, alcanzando el máximo porcentaje de oxalatos en el estudio de Gutiérrez con un 2.2%.

**Tabla 10: Contenido de oxalatos y saponinas en hojas de quinua.**

<b>Autores</b>	<b>Oxalatos %</b>	<b>Saponinas %</b>
Siener <i>et al</i> (2006)	0.87 - 1.95*	-
	0.14 - 0.23**	-
Gutiérrez <i>et al</i> (2004)	2.2	-
Iza y Borja (2018)	0.6 - 1.0 *	-
	0.9 - 1.2 *	-
Mori (2015)	-	0.089 - 0.16
Fiallos (2016)	-	0.07 - 0.08

\*= oxalatos totales \*\*= oxalatos soluble - = no estudiado

## **2.7. TRATAMIENTO TÉRMICO**

En la preparación tanto doméstica como industrial, los alimentos son sometidos a procesos térmicos para realzar sus cinco características esenciales; la reacción de Maillard y la caramelización son las encargadas de producir sabores, aromas y tonalidades atractivas. El tratamiento térmico también tiene como objetivo eliminar microorganismos, tanto los que provocan deterioro como los patógenos y sus toxinas, así como las enzimas que podrían provocar transformaciones no deseados (Badui, 2013).

### **2.7.1. Escaldado**

El escaldado es un procedimiento simple que usualmente se aplica a las plantas y se basa en inmersión del vegetal en agua a temperatura de ebullición acorde a la altitud de cada sitio, por un período corto, con el objetivo de neutralizar enzimas perjudiciales (Riveros, 2019). La duración del escaldado varía entre 1 y 3 minutos, dependiendo del tamaño y la dureza de la planta; luego se enfrían en agua con hielo para poner fin a las reacciones y prevenir la cocción interna, su objetivo es inactivar las enzimas, mantener el color, preservar el sabor, textura y valor nutricional debido a la constante actividad de las enzimas (Badui, 2013).

Por su parte Tigreros *et al.* (2021), indican que el objetivo del escaldado es inhibir la actividad de las enzimas, eliminar el aire acumulado en los tejidos intercelulares, incrementar la velocidad de hidratación del producto, eliminar pesticidas y sus componentes tóxicos, reducir la carga de microorganismos, potenciar la eficacia en la extracción de compuestos bioactivos y ayudar al pelado de productos.

### **2.7.2. Cocción**

La cocción se realiza mediante el calor y se utiliza la máxima temperatura alcanzable como la ebullición, que a nivel del mar es de 100°C, y varía de acuerdo a la altitud de cada lugar, es decir a medida que se incrementa la intensidad de la flama, la temperatura no sube más allá de la ebullición, asimismo el calor provoca modificaciones químicas y físicas del alimento que mejoran el aroma y sabor, la palatabilidad y la digestibilidad del producto, mejoran su conservación, de la misma forma, este calor puede aumentar la disponibilidad de algunos nutrientes (Badui, 2013).

La cocción destruye parcialmente el ácido oxálico presentes en alimentos, asimismo la presencia de algunos alimentos ricos en calcio en la misma comida ayuda a neutralizar sus efectos, por ejemplo, hervir las espinacas y luego escurrirlas bien, y después adicionar un producto a base de leche ya que contiene calcio, esto ayudará a capturar parte del ácido oxálico restante (Berdonces, 1996).

## **2.8. AGUA POTABLE:**

Para considerarse potable, el agua debe satisfacer, las cuatro condiciones fundamentales: ser inocua, sin olor, sin sabor y sin color. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que la falta de potabilidad del agua es responsable de una serie de enfermedades gastrointestinales, incluyendo algunas potencialmente mortales como el cólera, la hepatitis y diversas parasitosis, transmitidas por bacterias, virus, lombrices intestinales y protozoarios (Badui, 2013).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

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

##### **3.1.1. Hipótesis general**

- Las concentraciones de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas aumentan de acuerdo a las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua y disminuyen con el efecto del tiempo y temperatura del escaldado y cocción en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.

##### **3.1.2. Hipótesis Específicas**

- El contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas aumenta en las cuatro etapas fenológicas de las tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Kankolla y Rosada de Taraco.
- Con el efecto del tiempo y temperatura de escaldado y cocción disminuyen el contenido de oxalatos y saponinas, las características fisicoquímicas se mantienen en las variedades de hojas de quinua.

#### **3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La parte experimental de las etapas fenológicas se realizó en los campos de cultivo del Centro Experimental Illpa UNA Puno, con semillas debidamente certificadas por el INIA.

La evaluación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas de las hojas frescas de quinua se realizaron en Trujillo - La Libertad en el laboratorio “servicios y análisis DELTAS S.R.L.” y en la Universidad Nacional “San Antonio de Abad del Cusco”, en la facultad de Ingeniería química se realizó la cuantificación de Oxalatos y Saponinas en hojas de quinua previamente sometidos a escaldado y cocción, las características fisicoquímicas se realizaron en la “Universidad Nacional del Altiplano” de la facultad de Ingeniería química del Laboratorio de control de Calidad.

### **3.3. POBLACIÓN**

La población, fueron las hojas de quinua frescas de tres variedades como son: Kankolla, Salcedo INIA y Rosada de Taraco. Las cuales se sembraron y luego se recolectaron en cuatro etapas fenológicas de los campos de cultivo del Centro Experimental Illpa UNA Puno.

### **3.4. MUESTRA**

Se toma como muestra la clasificación de las tres variedades de hojas de quinua fresca en cuatro etapas fenológicas para determinar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas, para luego someter a escaldado y cocción las variedades de hojas de quinua con mejores características fisicoquímicas.

### **3.5. EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **3.5.1. Equipos**

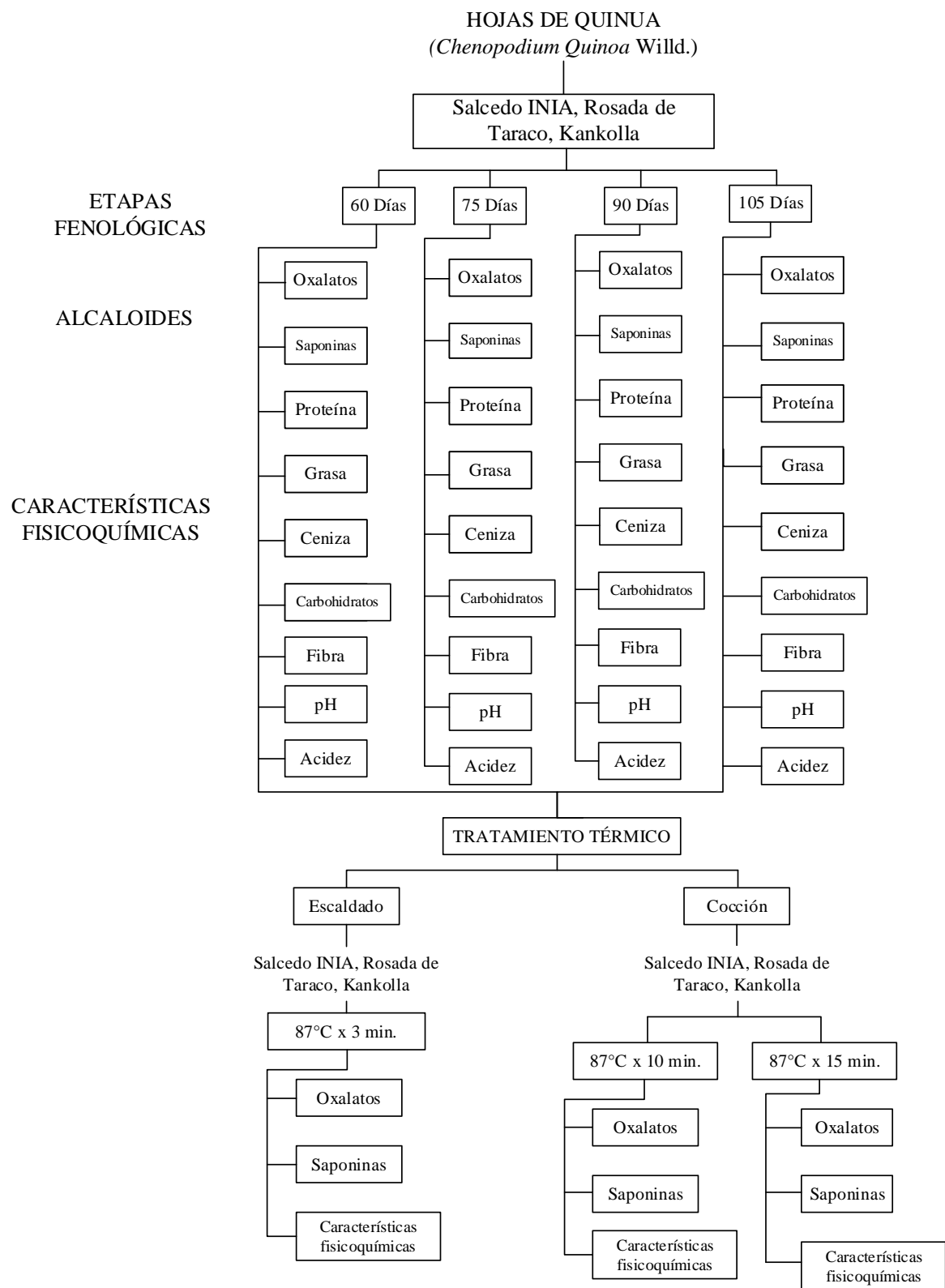
- Refrigeradora, HYUNDAI.
- Balanza electronica, KITCHEN SCALE.
- Estufa, SURGE.

#### **3.4.2. Materiales**

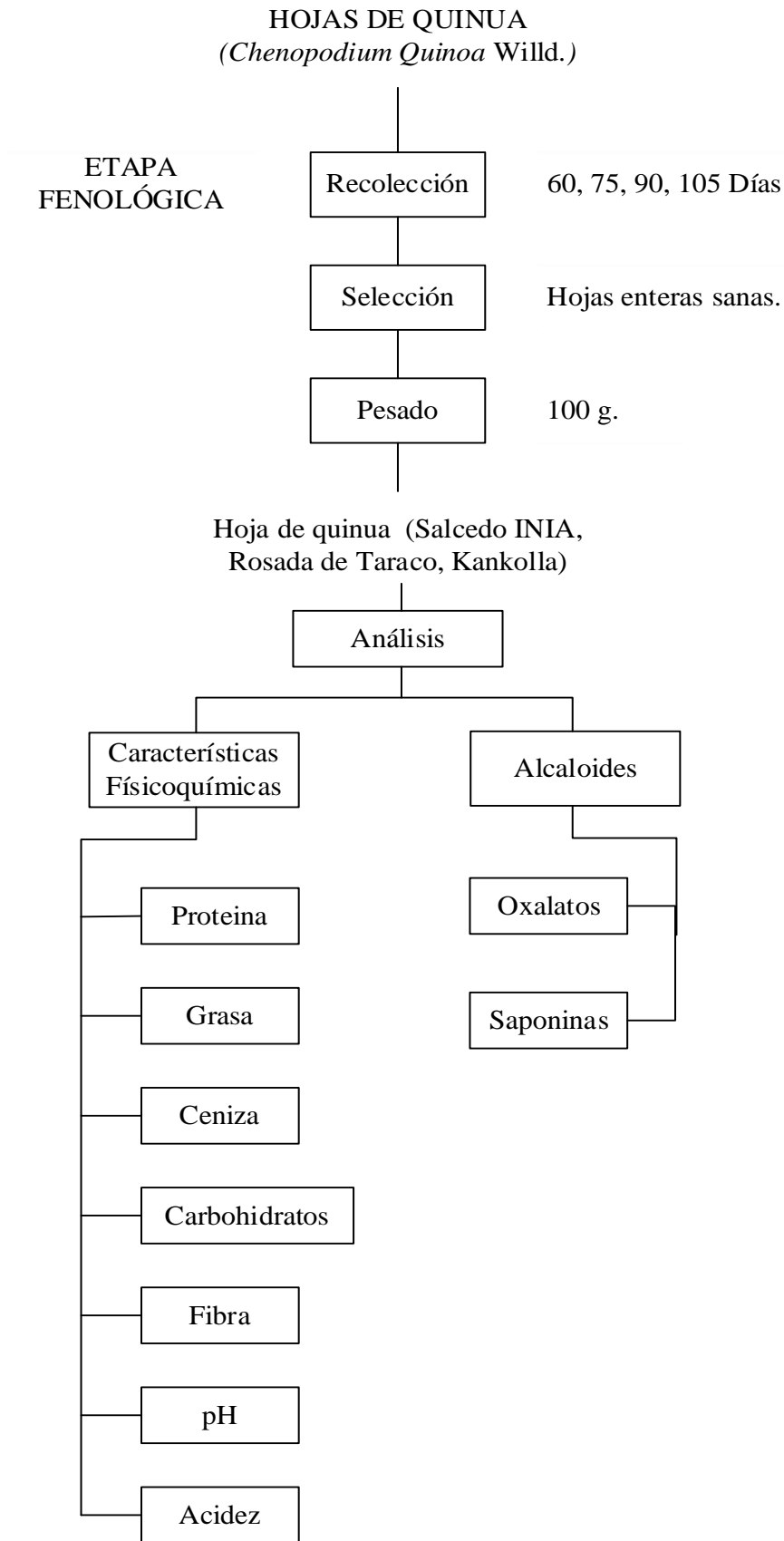
- Reloj.
- Higrometro.
- frascos de vidrio de 0.5 ml
- 01 Termometro Digital.
- 04 bolsas de hielo sustituto
- 01 frasco de hielo sustituto de 740 ml
- 01 cooler de 21 L.
- 04 cajas térmicas de tecnopor de 21 L.
- 01 regla metálica de 30 cm.
- 06 bandejas de metal de 4 L.
- 02 ollas de acero inoxidable de 4 L.
- 06 bolsas herméticas.
- 02 pliegues de papel Kraft 45g. 75x120 cm.

### **3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

La figura 6: Muestra el diseño experimental de la evaluación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas de las hojas de quinua fresca de la variedad Salcedo INIA, Kankolla y Rosada de Taraco, en las cuatro etapas fenológicas las cuales son: inicio de panojamiento (60 días), inicio de floración (75 días), floración (90 días) y grano lechoso (105 días) y el efecto del tiempo y temperatura de escaldado y cocción en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.



**Figura 6: Metodología experimental para la determinación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en tres variedades de hojas de quinua.**



**Figura 7: Diseño experimental para la evaluación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en tres variedades de hojas de quinua.**

**a. Descripción de operaciones para la evaluación de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas de hojas de quinua en tres variedades.**

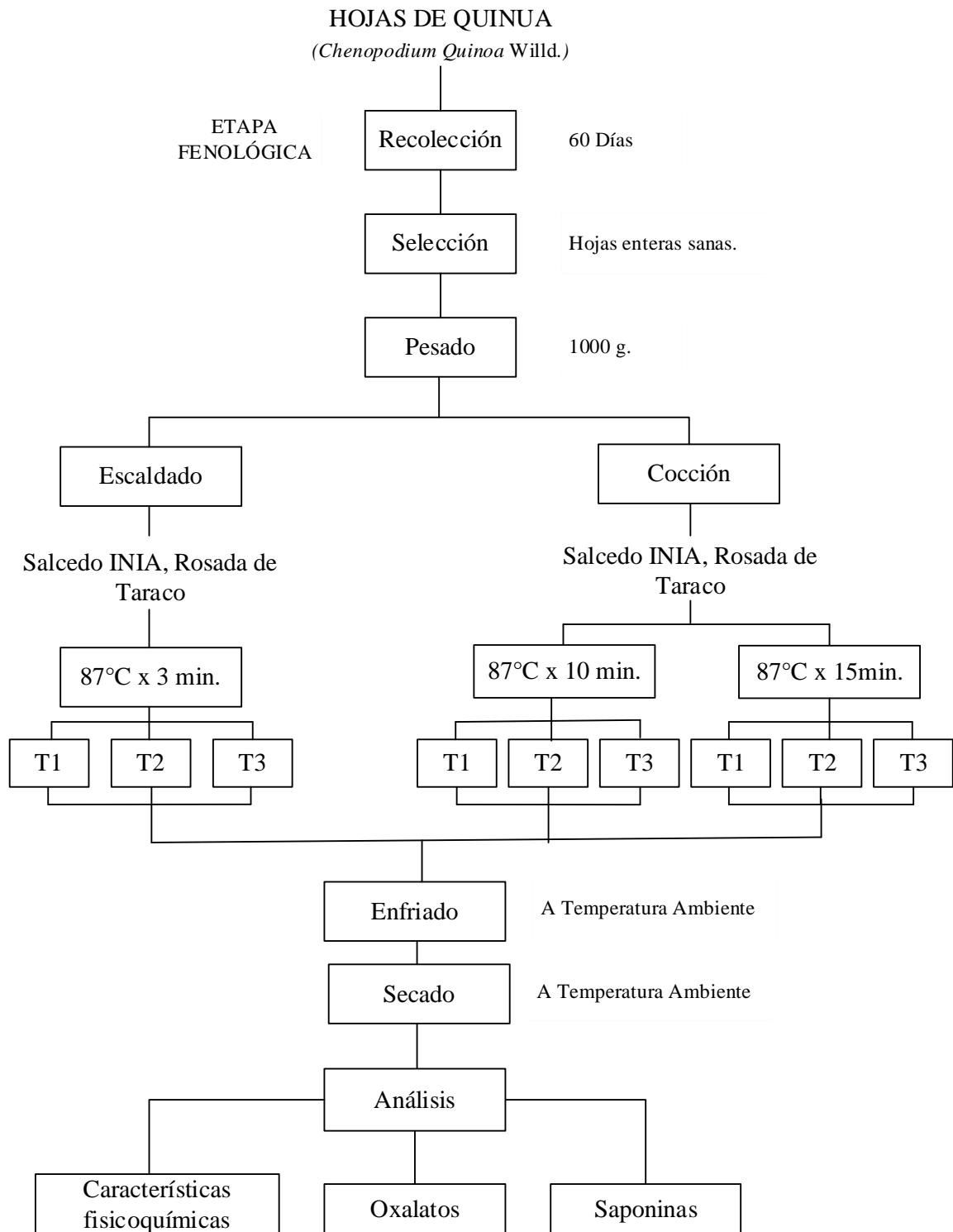
**Recolección:** las variedades de hojas de quinua fueron (kankolla, salcedo INIA y rosado de Taraco) se recolectaron en los campos de cultivo del centro experimental Illpa UNA Puno, en las etapas fenológicas de 60, 75, 90 y 105 días después de la siembra, para ello se recogieron manualmente desde la mitad hacia arriba con unas tijeras para no dañar la planta en crecimiento.

**Selección:** Las hojas se clasificaron para eliminar algunos de los defectos antes mencionados (daños por insectos, quebradas, amarillamiento) ya que afectarían la cuantificación de oxalatos y saponinas. El proceso se llevó a temperatura ambiente.

**Pesado:** Se pesaron 100 gramos de hoja de quinua (Salcedo INIA, Kankolla, Rosada de Taraco) previamente seleccionadas y se enviaron al laboratorio.

**Análisis de las muestras:** Las hojas de quinua seleccionadas y pesadas de tres variedades Kankolla, Salcedo INIA y Rosada de Taraco, se colocaron en cajas térmicas con capacidad de 20 L., para mantener su temperatura interna se insertó hielo sustituto, luego se enviaron al Laboratorio de servicios de análisis y asesoría DELTAS S.R.L. para la determinación de oxalatos según la metodología de (Flaschka *et al.*, 1973), saponinas mediante espectrofotometría según lo descrito por Gianna (2013) y las propiedades fisicoquímicas se determinaron mediante los parámetros especificados en la NTP, los análisis se realizaron por triplicado.

La figura 8: Detalla el diseño experimental de la cocción y escaldado de las hojas de quinua de la variedad salcedo INIA y rosada de Taraco en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días), para ello se presenta la descripción del proceso:



**Figura 8:** Diseño experimental para el escaldado y cocción en las hojas de quinua de las variedades Salcedo INIA y Rosada de Taraco en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días).

## **b. Descripción de operaciones de las hojas de quinua sometidos a escaldado y cocción**

**Recolección:** Las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosado de Taraco se recolectaron en la etapa fenológica de 60 días después de la siembra, en los campos de cultivo del “Instituto Nacional de Innovación Agraria” (INIA) UNA Puno, dichas muestras se recolectaron desde el centro hacia la parte superior utilizando tijeras para evitar daños a la planta en desarrollo.

**Selección:** Las hojas se clasificaron para eliminar algunos de los defectos como: daños por insectos, quebradas, amarillamiento; ya que afectarían la cuantificación de oxalato y saponina. El proceso se llevó a cabo a temperatura ambiente.

**Pesado:** Se pesaron 1000 gramos de hojas de quinua, utilizando una balanza.

**Escaldado:** Se sometieron a escaldado las hojas de quinua de variedades Salcedo INIA y Rosada de Taraco previamente pesadas durante 3 minutos a 87°C.

**Cocción:** Las hojas de quinua (Salcedo INIA y Rosado de Taraco) se sometieron a cocción a 87°C durante 10 y 15 minutos.

**Enfriado:** Esto se realizó a temperatura ambiente sobre una superficie plana limpia y desinfectada.

**Secado:** Se realizó a temperatura ambiente durante 30 días, para luego ser sometido a evaluación de los objetivos.

### **Análisis de las muestras**

A continuación, las hojas de quinua sometidos a tratamiento térmico se llevaron al laboratorio de la “Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco”, en la facultad de ingeniería química se realizó la cuantificación de oxalatos y saponinas, las características físico químicas se realizaron en la “Universidad Nacional del Altiplano facultad de Ingeniería química laboratorio de control de calidad”. Para ello se describe la metodología empleada para el análisis de las muestras.

### **3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL**

#### **3.7.1. Para el objetivo N° 01.**

Determinar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas en cuatro etapas fenológicas de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Kankolla y Rosada de Taraco.

##### **a. Variable independiente**

- Hoja de quinua:
  - Salcedo INIA, Kankolla, Rosada de Taraco.
- Etapa fenológica:
  - $\theta_1$ : 60 días
  - $\theta_1$ : 75 días
  - $\theta_1$ : 90 días
  - $\theta_1$ : 105 días

##### **b. Variable dependiente**

- Oxalatos
- Saponinas
- Características fisicoquímicas
  - Proteína
  - Grasa
  - Fibra
  - Ceniza
  - Carbohidratos
  - pH
  - Acidez

Se recolectaron tres variedades de hojas frescas de quinua (Kankolla, Salcedo INIA y Rosada de Taraco) en cuatro etapas fenológicas las cuales fueron: inicio de panojamiento (60 días), inicio de floración (75 días), floración (90 días) y grano lechoso (105 días), para determinar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas, dichas evaluaciones se desarrollaron de la siguiente manera:

- **Cuantificación de oxalatos**

Para la cuantificación de oxalatos de las tres variedades de hojas de quinua de cuatro etapas fenológicas, se utilizó la metodología descrita por (Flaschka *et al.*, 1973).

- **Cuantificación de Saponinas:**

Los niveles de saponina de las tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas, se determinaron mediante espectrofotometría según lo descrito por Gianna (2013).

### **3.7.2. Para el objetivo N° 02.**

Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del escaldado y cocción sobre los oxalatos, saponinas en variedades de hojas de quinua en adecuada etapa fenológica y mejores características fisicoquímicas.

#### **a. Variable independiente**

- Hojas de quinua con menor contenido de oxalatos, saponinas y mejores características fisicoquímicas.
- Tratamiento térmico
  - 87°C x 3 min. (Escaldado)
  - 87°C x 10 min. (Cocción)
  - 87°C x 15 min. (Cocción)

#### **b. Variable dependiente**

- Oxalatos
- Saponinas
- Características fisicoquímicas

Se recolectaron dos variedades de hojas de quinua (Salcedo INIA y rosada de Taraco) ya que tuvieron mejores características fisicoquímicas y menor contenido de oxalatos y saponinas, para ello en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días) se encontró menor contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas, para luego ser sometidos a tratamiento térmico por ebullición a 87°C, se aplicó el escaldado por 3 min. y la cocción por 10 min. y 15 min. Después determinar el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas.

### 3.7.3. Métodos de Análisis

- **Determinación de humedad**

Se determinó mediante, la aplicación de NTP 205.002:2021.

- **Determinación de ceniza**

Se determinó mediante, la aplicación de NTP 205.004:2022Cenizas.

- **Determinación de proteína total (Método de Kjeldahl)**

Se determinó mediante, la aplicación de NTP 205.005:2018 (Método Kjeldahl).

- **Determinación de grasa total (Método de Soxhlet)**

Se determinó mediante, la aplicación de NTP 205.005:2017/CT 1:2018.

- **Determinación de fibra cruda**

Se determinó mediante, la aplicación de NTP 205.0032016 (usando fibra de vidrio)-  
corregido técnica 1 2018.

- **Determinación de carbohidratos**

El método fue calculo, consistió en restar 100, menos la suma de todos los valores encontrados anteriormente (Ceniza, Proteína total, Grasa y Fibra cruda).

- **Determinación de la acidez total**

Se determinó mediante el método de NTP 206.008 (1976) (Revisado 2021).

- **Determinación de pH**

Se determinó mediante el uso de pH metro digital.

- **Cuantificación de oxalatos**

Para la cuantificación de oxalatos en hojas de quinua, se utilizó la metodología descrita por (Flaschka *et al.*, 1973)

a) Extracción de oxalato soluble: Se pesó de 1 a 1.2 g de hoja de quinua seca en una balanza analítica y se depositó en un vaso de precipitación de 50 ml y se mezcló con 20 ml de agua destilada.

b) Extracción de oxalato total: Se pesó de 1 a 1.2 g de hoja seca de quinua en la balanza analítica y luego se puso a un vaso precipitado de 50 ml y se mezcló con 20 ml de HCl 0.10 M.

c) Tanto los contenidos de (a) y (b) se pusieron en baño maría a 100°C por 30 minutos.

d) Se filtraron los contenidos de (c), los cuales fueron recogidos en tubos de ensayo para centrífuga de plástico Falcón de 50 ml.

- e) Se adicionaron a los contenidos de (d) 0.5 ml de  $\text{CaCl}_2$  al 5%. Se mezcló en el vortex por unos 30 segundos y se puso a la centrifuga a 3500 rpm por unos 15 minutos.
- f) Luego se descartó el centrifugado, y el residuo de los contenidos de (e) se lavó con 2 ml de hidróxido de amonio 0.35 M. luego se centrifugo nuevamente y se descartó el centrifugado.
- g) El residuo lavado se disolvió con 15 ml de ácido sulfúrico 0.50 M y transferido completamente a un Erlenmeyer de 125 ml.
- h) Se puso listo el equipo de titulación: bureta con permanganato de potasio estándar (del orden de 0.05 M), Erlenmeyer de 125 ml con su contenido a la temperatura de 60°C se colocó en una plancha de calentamiento con agitación, luego se tituló lentamente hasta que la solución titulada adquirió una coloración rosa pálido que permanezca unos 15 segundos. Se anotó el gasto de solución de permanganato.

- **Cuantificación de Saponinas:**

Los niveles de saponinas se midieron mediante espectrofotometría según lo descrito por Gianna (2013), con modificaciones menores, en donde el compuesto atraviesa la columna a través de la fase estacionaria (usualmente, un cilindro con minúsculas partículas redondeadas con determinadas propiedades químicas en su superficie), a través de la presión elevada del líquido (fase móvil) a través de la columna.

- (a) Se realizó el secado de las hojas en una estufa a 45°C por 7 días.
- (b) Se molieron las hojas obteniendo un producto de un tamaño de diámetro de poro menor a 1 milímetro.
- (c) Extracción de saponinas: se pesaron 5 gramos de hoja de quinua molida y se transfirieron a frascos de color ámbar juntamente con 100 ml. de etanol al 70% (p/v), donde se maceraron por 7 días.
- (d) Filtración y reducción del volumen de extracto: Con la ayuda de un rotavapor se concentró la muestra de (c), luego se llevó a una capsula Petri y se secó en una estufa a la temperatura de 45° C por 7 días.
- (e) Disolución de la muestra: el contenido de (d) se disolvió con agua haciendo un volumen de 10 ml. en un tubo de ensayo falcón.
- (f) Preparación del reactivo de color de Lieberman-Burchard para la determinación de saponinas: se preparó en el momento de la medición espectrofotométrica. Este

reactivo se obtuvo en frío donde el recipiente que lo contiene debe estar rodeado de agua y hielo, mezclando con cuidado el anhídrido acético y el ácido sulfúrico en la proporción de (1:5). Esta solución quedo al final casi translúcida, por lo tanto, hubo reacción con la saponina.

Preparación de la curva de calibración: con el reactivo estándar saponina, se prepara un conjunto de soluciones de estándar de saponina diluidas (10 ml) entre el rango de 100 a 1000 ppm. Se miden en el espectrofotómetro UV/Vis a la longitud de onda de 420 nm las soluciones preparadas.

#### **3.7.4. Diseño Estadístico**

Para el presente trabajo de investigación, los análisis de los tratamientos se realizaron por triplicado, aplicando el diseño experimental completamente al azar (DCA), con un conjunto de siete tratamientos, tres repeticiones la cual hacen un total de veinte y uno unidades experimentales, con los resultados se efectuó un análisis de varianza (ANOVA), para identificar si se encuentra o no diferencias significativas. También se efectuó pruebas de comparación con Tukey con un 95 % de confianza ( $p < 0.05$ ), para verificar si existe o no diferencias significativas entre tratamientos. Los análisis de comparaciones se realizaron con el software estadístico Minitab para sus dos objetivos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusiones están ordenados según los objetivos planteados:

#### 4.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE OXALATOS, SAPONINAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS DE TRES VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA SALCEDO INIA, KANKOLLA Y ROSADA DE TARACO.

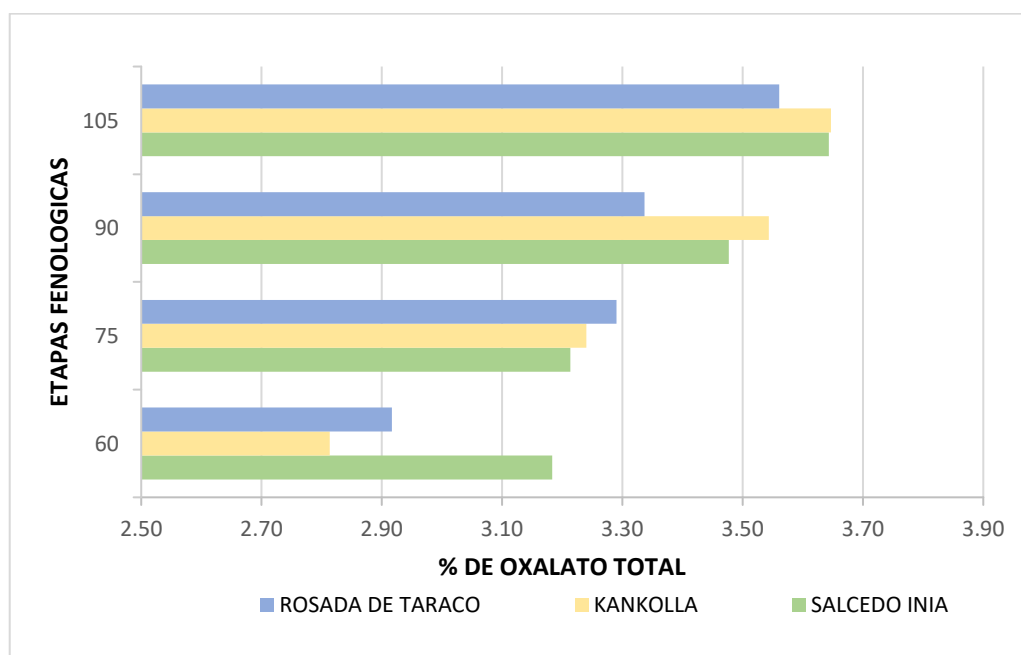
##### 4.1.1. Evaluación de oxalatos de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.

En este estudio se analizaron tres variedades de hojas de quinua fresca: Salcedo INIA, Kankolla y Rosado de Taraco, en cuatro etapas fenológicas las cuales son: inicio de panojamiento (60 días), inicio de floración (75 días), floración (90 días) y grano lechoso (105 días). Y se evaluó el contenido de oxalatos, saponinas y características fisicoquímicas. Cuyos resultados se presentan a continuación.

**Tabla 11: Resultado del oxalato total de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológica	Días	% de Oxalato Total		
Inicio de panojamiento	60	3.18±0.04	2.81±0.07	2.91±0.04
Inicio de la floración	75	3.21±0.03	3.24±0.03	3.29±0.02
Floración	90	3.47±0.03	3.54±0.08	3.33±0.10
Grano lechoso	105	3.64±0.015	3.64±0.03	3.56±0.16

En la tabla 11. El menor contenido del porcentaje de oxalatos total en las tres variedades de hojas de quinua fue en la etapa de inicio de panojamiento (60 días); la variedad Salcedo INIA tuvo 3.18%, la variedad kankolla resulto con 2.81% y finalmente la variedad rosada de Taraco obtuvo 2.91% de oxalato total y en la etapa de grano lechoso el contenido de oxalatos fue mayor para las tres variedades de hojas de quinua. Asimismo, Siener *et al.* (2006), en su investigación menciona que el porcentaje del oxalato total en las especies de las familias Polygonaceae, Amaranthaceae y Chenopodiaceae esta entre 0.87% - 1.95% en tallos y hojas de quinua. Por su parte, Gutiérrez *et al.* (2004), determino nitratos, oxalatos y alcaloides en dos etapas fenológicas de quinua en riego y temporal obteniendo 2.2 % de oxalatos en hojas de quinua en el inicio de panojamiento. Mientras tanto, Iza y Borja (2018), determinaron la concentración de antinutrientes en hojas de quinua obteniendo 1.17% de contenido de oxalato. En su estudio, Siener *et al.* (2006), menciona que la ingesta permitida de oxalatos por día está en un rango de 0.5 – 2 %. Entonces al comparar estas ideas con los diferentes autores ya mencionados, los resultados obtenidos del porcentaje de oxalatos total incrementan a medida que la planta de quinua está en crecimiento, por otra parte, estos resultados del oxalato total en las tres variedades de hojas de quinua son mayores que el porcentaje de la ingesta diaria permitida de oxalatos. Por lo mismo, Menon *et al.* (2022), refiere que no es recomendable su consumo directo de las hojas de quinua ya que primero se debe quitar el contenido de oxalatos porque es un componente clave de los cálculos renales.



**Figura 9: Resultado del oxalato total en tres variedades de hojas de quinua vs etapas fenológicas.**

La figura 9. Indica el incremento del porcentaje de oxalato total en las distintas etapas fenológicas de las tres variedades de hojas de quinua en los días 60, 75, 90 y 105. Por lo mismo, Gonzales y Prado (2013), indican que esta situación, de incremento de oxalatos en las hojas de quinua se ve influenciada por las etapas fenológicas que se recolecta, por la zona de cultivo, la variedad y las condiciones agroecológicas. Asimismo, Siener *et al.* (2006), describe que la variación se debe por las partes de la planta y las familias de las plantas.

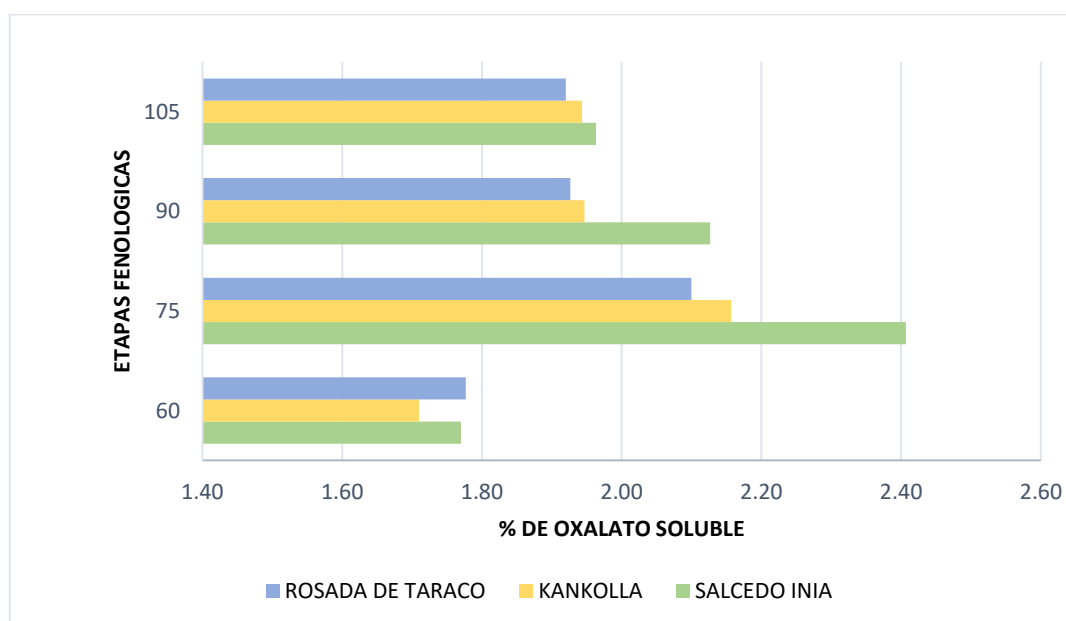
Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 2. Se determinan las diferencias significativas del contenido de oxalato total de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

**Tabla 12: Resultado de oxalato soluble de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológica	Días	% de Oxalato Soluble		
Inicio de panojamiento	60	1.77±0.04	1.71±0.04	1.77±0.04
Inicio de la floración	75	2.40±0.03	2.15±0.02	2.10±0.07
Floración	90	2.12±0.07	1.94±0.03	1.92±0.03
Grano lechoso	105	1.96±0.06	1.94±0.01	1.92±0.02

En la tabla 12. Se aprecia el porcentaje del contenido de oxalato soluble en las tres variedades de hojas de quinua; por lo cual, la etapa de inicio de panojamiento (60 días) tuvo menor contenido de oxalato soluble para las tres variedades de hojas de quinua, Salcedo INIA 1.77 %, Kankolla 1.71% y Rosada de Taraco 1.77 %, mientras que en la etapa de grano lechoso descendió el porcentaje de oxalato soluble en las tres variedades de hojas de quinua y para la etapa fenológica de inicio de floración el porcentaje de oxalato soluble aumento. Asimismo, Siener *et al.*, (2006), determinó el contenido del porcentaje de oxalato soluble entre 0.14% - 0.23% en hojas y tallos de quinua, también menciona que algunas plantas acumulan altas concentraciones de oxalatos como los: Polygonaceae, Amaranthaceae y

Chenopodiaceae que representan a la mayoría de las especies con concentraciones excesivas de oxalatos. Por su lado, Moreau y Savage (2009), estudiaron oxalatos solubles en las hojas crudas de verdolaga obteniendo 53.0% de oxalato soluble. Asimismo, Gonzales y Prado (2013), mencionan que esta situación de las hojas de quinua se ve influenciada por las etapas fenológicas que se recolecta, por la zona de cultivo, la variedad, y las condiciones agroecológicas. La ingesta permitida de oxalatos por día está entre un rango de 0.5 – 2 % (Siener *et al.*, 2006). De igual modo, Oscarsson y Savage (2007), indican que las personas con mayor riesgo de desarrollar cálculos de oxalato de calcio, deben prevenir el consumo de verduras de hojas verdes con alto contenido de oxalatos.



**Figura 10: Resultado del oxalato soluble en las tres variedades de hojas de quinua vs etapas fenológicas.**

La figura 10. Presenta el incremento de oxalato soluble en las tres variedades de hojas de quinua es decir a medida que estas pasan por etapas fenológicas el oxalato soluble aumenta y cuando las hojas se vuelven duras y lignificadas tienden a disminuir, de modo idéntico, Zindler *et al.* (2001), indica que la presencia de oxalatos en las hojas adultas de las plantas, es menor y en hojas de plantas en crecimiento es mayor. También, Gonzales y Prado (2013), mencionan que esto se debe a que las hojas de quinua se ven influenciadas por el número de días que se recolectan, por la zona de cultivo, la variedad, y las condiciones agroecológicas. Asimismo el oxalato soluble, puede ser peligroso y riesgoso si se ingiere en soluciones concentradas y cantidades mayores a lo recomendado ya que puede causar irritación y daños en los tejidos de los riñones (Jáuregui y Moreno 2004).

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo número 03. Se determinan las diferencias significativas del contenido de oxalato soluble de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

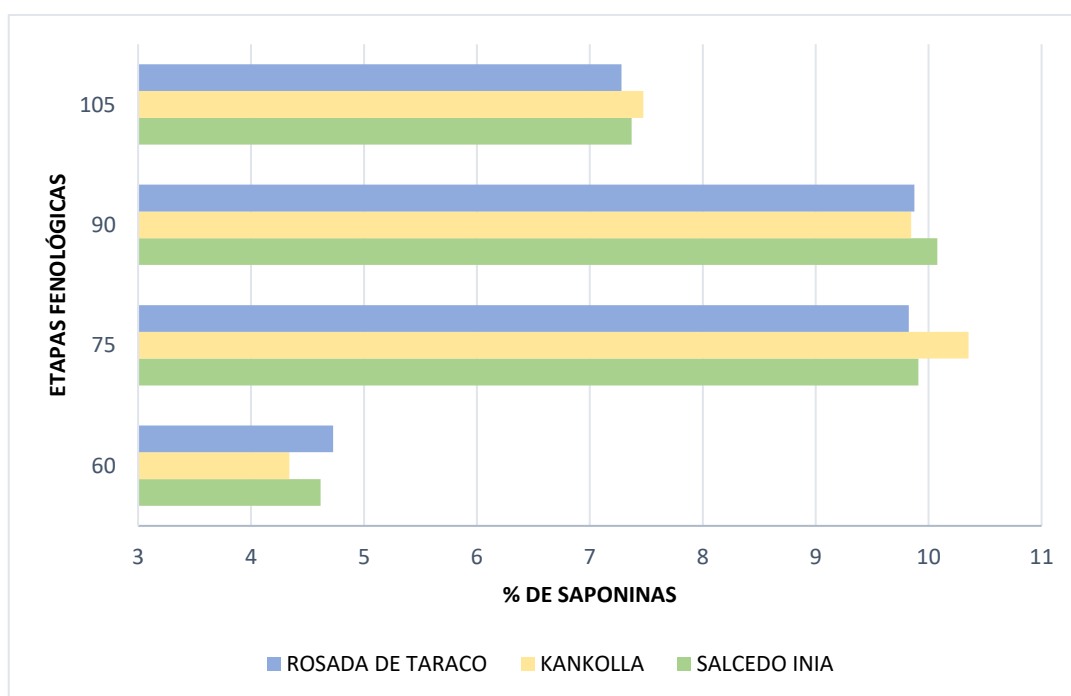
#### 4.1.2. Resultado de saponinas de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.

**Tabla 13: Resultado de saponinas de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapa fenológica	Días	% de Saponinas		
Inicio de panojamiento	60	4.61±0.03	4.34±0.02	4.72±0.04
Inicio de la floración	75	9.91±0.03	10.35±0.20	9.82±0.04
Floración	90	10.07±0.06	9.84±0.02	9.87±0.05
Grano lechoso	105	7.37±0.04	7.47±0.05	7.28±0.03

En la tabla 13. Se observa la presencia del porcentaje de saponinas en las tres variedades de hojas de quinua, para ello, los tres tipos de hojas de quinua obtuvieron menor contenido de saponinas en la etapa de inicio de panojamiento la cual es de 60 días, que están en un rango de (4.61% - 4.72%) y en las etapas fenológicas de inicio de floración, floración el porcentaje de saponinas aumentó para las tres variedades de hojas de quinua, mientras que en la etapa de grano lechoso bajó el contenido de saponinas en las tres variedades de hojas de quinua. Igualmente, Lim *et al.*, (2020), menciona que el contenido de saponinas disminuye en la etapa de llenado del grano. Por otra, parte Mori (2015), identificó el contenido del porcentaje de saponinas en la planta de quinua al incrementar los niveles de lámina de riego mostrando como resultado de 0.089% - 0.16% en la variedad Salcedo INIA. De igual manera Fiallos *et al.* (2016), obtuvo saponinas en un porcentaje de 0.04 % - 0.05 % en hojas de quinua dulce y 0.07% - 0.08 % de saponinas en hojas de quinua amarga, también menciona, que en la fase de ramificación el contenido de saponinas es menor y mayor en la fase de floración; el

contenido de saponinas en las hojas cambia según las condiciones ambientales y el estrés, como la sequía, la salinidad o el frío. Por otro lado, Gómez *et al.* (2014), refiere que las saponinas son caracterizadas como sustancias que las plantas de quinua producen en su defensa ya sea en mayores o menores concentraciones, independiente de que se encuentren en las variedades dulces o amargas. Del mismo modo, Bhargava *et al.* (2006), indica que la variación del contenido de saponina se debe a que la hoja de quinua genera defensas ya sea ante la presencia de insectos, hongos, animales, suelo, agua, clima que afecten su sobrevivencia. Por otro lado García *et al.* (2018), indica que es necesario saber que las saponinas son sustancias químicas que funcionan como defensas contra factores bióticos y abióticos. Sin embargo Puentes (2006), menciona que está en discusión los posibles efectos tóxicos de las saponinas de quinua en humanos.



**Figura 11: Resultado de las saponinas en tres variedades de hojas de quinua vs etapas fenológicas.**

La figura 11. Detalla la cantidad en porcentaje de saponinas de las tres variedades de hojas de quinua en las cuatro etapas fenológicas, en la etapa de inicio de panojamiento (60 días) el contenido de oxalatos es menor para las tres variedades, mientras que en el inicio de floración (75 días) y floración (90 días) aumenta el contenido de saponinas para las tres variedades de hojas de quinua y para el grano lechoso (105 días) disminuye el contenido de saponinas en las tres variedades de hojas de quinua. Asimismo, Stoleru *et al.* (2022), realizaron algunos estudios sobre el contenido de saponinas de las hojas de quinua,

mostrando un aumento del contenido de saponinas desde la floración hasta la madurez de la semilla y una cantidad muy pequeña en las hojas jóvenes. Igualmente, Bhargava *et al.* (2006), refiere que esta variación del contenido de saponinas se debe a que las hojas de quinua generan defensas ante la presencia de insectos, hongos, animales, suelo, agua, clima que afecten su sobrevivencia.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 4. Se determinan las diferencias significativas del contenido de saponinas de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en seis agrupaciones.

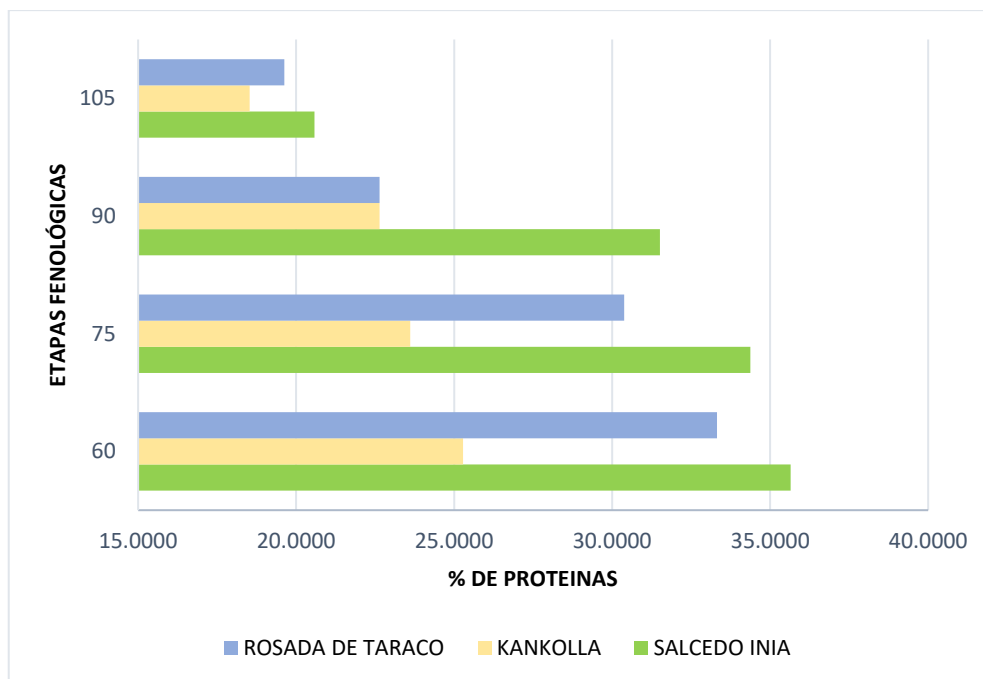
#### 4.1.3. Resultado fisicoquímico de las tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.

**Tabla 14: Resultado de proteínas en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Proteína		
Inicio de panojamiento	60	35.6500+-0.0600	25.2800+-0.0100	33.3200+-0.0600
Inicio de la floración	75	34.3767+-0.0551	23.6133+-0.0473	30.3767+-0.0666
Floración	90	31.5133+-0.0451	22.6400+-0.0700	22.6400+-0.0700
Grano lechoso	105	20.5800+-0.0300	18.5300+-0.0700	19.6267+-0.0404

En la tabla 14. El contenido del porcentaje de proteínas es mayor en la etapa de inicio de panojamiento es decir en los 60 días de cultivo, comenzando con la variedad Salcedo INIA que tuvo 35.65 %, seguido por la variedad kankolla con un valor de 25.28 %, y finalmente para la variedad rosada de Taraco resulto 33.32%, y para las etapas fenológicas de 75 a 105 días de cultivo el porcentaje de proteínas disminuye. Así también, Corimayhua (2017), “reporto en su estudio 5.11% de proteínas en hojas frescas de quinua”. Igualmente, Bravo y Pérez (2018), obtuvieron 11.82% de proteínas en la harina de hoja de quinua. Mientras tanto Villacrés *et al.* (2011), determino el porcentaje del contenido de proteínas de 27.84% en

hojas de quinua. Así también, Coloma *et al.* (2017), en su estudio reportó 30.47% de proteínas en hojas de quinua fresca de la variedad Salcedo INIA. Por otro lado, Acosta (2022), reportó en tres variedades de hojas de quinua Altiplano, salcedo INIA y real criolla en dos fases: inicio de panojamiento e inicio de florecimiento obteniendo en su estudio mayor porcentaje de proteínas en la fase de inicio de panojamiento 40.96% de proteínas de la variedad altiplano, 26.09% para la variedad salcedo INIA y 42.36% para la variedad real criolla. Así mismo, Gutiérrez (2019), refiere que el porcentaje promedio de proteínas en las hojas frescas de quinua fue de 34.98%. Por otro lado, García *et al.* (2018), señala que esta variación del porcentaje de proteínas podría ser por el suelo ya que es un recurso más importante de nutrientes para las plantas además contiene mayor cantidad de minerales requeridos para el crecimiento de funciones fisiológicas y metabólicas en las plantas. Del mismo modo, Ramírez (2015), expresa que la diferencia de proteínas, se debe a los distintos tipos de cultivos, como la zona geográfica, la altitud, las condiciones de suelo, la fertilización e irrigación, así como también otras consecuencias que se presentan durante el desarrollo de la planta. En el estudio realizado en los tres tipos de hojas de quinua, el porcentaje de proteínas incrementó, en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días), por lo tanto los autores mencionados anteriormente también obtuvieron contenidos altos de proteína en sus estudios esta concentración es diferente de acuerdo al tipo de hoja de quinua y etapas fenológicas, por esta razón el inicio de panojamiento, es más conveniente para la recolección de las hojas de quinua para su consumo, y también se puede aprovechar mejor sus proteínas. Igualmente, Acosta (2022), menciona a nuestro favor que la fase en inicio de panojamiento es la más adecuada para la cosecha de las hojas de quinua.



**Figura 12: Porcentaje de proteínas vs etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua.**

En la figura 12. El porcentaje de proteínas es mayor en la etapa fenológica de inicio de panojamiento es decir en los 60 días de cultivo en las tres variedades de hojas de quinua, mayor porcentaje de proteínas obtuvo la variedad Salcedo INIA con 35%, seguido por la variedad rosada de Taraco de 33%, y la variedad kankolla tuvo 25% y para las etapas fenológicas de inicio de floración (75 días) y grano lechoso (105 días) de cultivo el porcentaje de proteínas disminuye. Así mismo, Coloma *et al.* (2017), menciona que la diferencia de proteínas se debe a la variedad y al tipo de muestras con la que se trabaja.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 5. Se determinan las diferencias significativas del contenido de proteínas de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en doce agrupaciones.

**Tabla 15: Resultado de grasas y aceites en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Grasas y aceites		
Inicio de panojamiento	60	0.17±0.006	0.17±0.01	0.15±0.006
Inicio de la floración	75	0.15±0.006	0.17±0.006	0.19±0.006
Floración	90	0.16±0.01	0.13±0.006	0.14±0.01
Grano lechoso	105	0.17±0.01	0.15±0.01	0.18±0.01

La tabla 15. Presenta el porcentaje del contenido de grasas y aceites en hojas de quinua en diferentes etapas fenológicas, en el inicio de panojamiento la variedad Salcedo INIA tuvo 0.17%, la variedad kankolla obtuvo 0.17% y finalmente la variedad rosada de Taraco tuvo 0.14%. Rodas (2020), estudio el contenido de grasas y aceites en dos variedades de hojas de quinua en la variedad pasankalla roja obtuvo 0.6% y en la variedad blanca de Junín encontró un valor de 0.67%. Posteriormente, Acosta (2022), analizó en el inicio de panojamiento el porcentaje de grasas en tres variedades de hojas de quinua de la variedad altiplano donde determinó 2.59%, para la variedad Salcedo INIA 3.28%, para la variedad real criolla 4.95%. Por consiguiente, los resultados obtenidos de esta investigación en comparación con los estudios de los autores varían de acuerdo a las variedades de hojas de quinua. Por otro lado, Ramirez (2015), señala que esta distinción se debe a diferencias en el cultivo, zona geográfica, altitud, condiciones de suelo, fertilización e irrigación.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 6. Se determinan las diferencias significativas del contenido de aceites y grasas de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en seis agrupaciones.

**Tabla 16: Resultado de carbohidratos en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Carbohidratos		
Inicio de panojamiento	60	12.37±0.32	12.48±0.069	13.27±0.18
Inicio de la floración	75	13.66±0.17	13.47±0.16	13.31±0.35
Floración	90	12.32±0.11	12.07±0.14	12.96±0.14
Grano lechoso	105	11.85±0.24	11.61±0.20	10.81±0.10

La tabla 16. Nos detalla la cantidad de carbohidratos en porcentaje de las tres variedades de hojas de quinua en las cuatro etapas fenológicas, sobresalió en el inicio de la floración es decir en los 75 días por lo cual la variedad Salcedo INIA tuvo 13.6%, la variedad kankolla resulto con 13.4 % y la variedad rosada de Taraco tuvo 13.3% y en las etapas fenológicas de 60, 90 y 105 días de cultivo el porcentaje de carbohidratos fue menor. Por otra parte, Galarza (2010), refiere que los carbohidratos son la principal fuente de energía para las células, tejidos y órganos del cuerpo, es así que estudió carbohidratos en peso fresco de hojas de quinua que fue de 7.49%. Por consiguiente, Rodas (2020), estudio carbohidratos en dos variedades de hojas de quinua fresca en la etapa de panojamiento, la variedad pasankalla roja tuvo 5.41% y la variedad blanca de Junín 6.60%. Por otro lado, Coloma *et al.* (2017), señala que los efectos del proceso sobre el contenido de carbohidratos son mínimos, pero igualmente se encuentra diferencia entre especies es por ello la variación en los resultados.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 7. Se determinan las diferencias significativas del contenido de carbohidratos de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en seis agrupaciones.

**Tabla 17: Resultado de fibra bruta en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Fibra bruta		
Inicio de panojamiento	60	14.067±0.06	13.32±0.05	13.87±0.09
Inicio de la floración	75	13.15±0.03	13.24±0.12	13.75±0.09
Floración	90	13.64±0.08	13.94±0.09	13.66±0.08
Grano lechoso	105	14.08±0.04	13.89±0.04	13.86±0.09

En la tabla 17. El contenido de fibra bruta en las tres variedades de hojas de quinua se dio en diferentes etapas fenológicas, para la variedad Salcedo INIA fue en la etapa fenológica de grano lechoso es decir en 105 días de cultivo la cual resulto de 14.08 %, para la variedad kankolla tuvo 13.94% esta se dio en la etapa fenológica de floración en los 90 días de cultivo, y finalmente para la variedad rosada de Taraco resulto 13.87% en la etapa fenológica de inicio de panojamiento en 60 días de cultivo, este estudio indica resultados diferentes para cada variedad y en distintas etapas fenológicas. Esta diferencia, de acuerdo a Schlick (2000), menciona que el contenido de fibra en hojas de quinua aumenta cuando el cultivo se expone a un alto estrés ambiental. Por otro lado, Coloma *et al.* (2017), obtuvo el porcentaje de fibra de 13%; este estudio se asemeja al porcentaje de fibra analizada para las tres variedades de hojas de quinua en sus cuatro etapas fenológicas.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 8. Se determinan las diferencias significativas del contenido de fibra bruta de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en seis agrupaciones.

**Tabla 18: Resultado de pH de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	pH		
Inicio de panojamiento	60	4.72±0.03	4.66±0.02	4.63±0.02
Inicio de la floración	75	4.64±0.02	4.63±0.02	4.64±0.03
Floración	90	4.64±0.03	4.64±0.02	4.54±0.02
Grano lechoso	105	4.67±0.03	4.66±0.02	4.65±0.03

La tabla 18. Indica la cantidad de pH en hojas de quinua de los tres tipos en cuatro etapas fenológicas se mantienen semejantes con una variación mínima para cada variedad; la variedad Salcedo INIA tuvo 4.7, la variedad kankolla tuvo 4.6 y la variedad Rosada tuvo 4.63. Para las tres variedades y en las cuatro etapas fenológicas el resultado del pH es ácido cuando no se somete a ningún tratamiento.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 9. Se determinan las diferencias significativas del contenido de pH de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en tres agrupaciones.

**Tabla 19: Resultado de humedad en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Humedad		
Inicio de panojamiento	60	81.10±0.20	81.47±0.59	81.47±0.67
Inicio de la floración	75	80.77±0.67	80.83±0.67	80.63±0.61
Floración	90	80.80±0.66	81.53±0.49	80.63±0.49

<<Continuación>>

Grano lechoso	105	81.93±0.57	82.20±0.95	82.77±0.40
---------------	-----	------------	------------	------------

La tabla 19. Detalla la cantidad de la humedad en porcentaje de las tres variedades de hojas de quinua en la etapa fenológica de grano lechoso de 105 días de cultivo, mostrando la variedad Salcedo INIA 81.9 %, la variedad kankolla de 82.2 % y por último la variedad rosada de Taraco resulto con 82.7%. Por otro lado, Galarza (2010), en su estudio obtuvo 81.64% de humedad en peso fresco de hojas de quinua. Por su parte, Coloma et al. (2017), analizo 82,6% de humedad en hojas frescas de quinua de la variedad Salcedo INIA. De igual forma, Corimayhua (2017), determino 84% de humedad en hojas frescas de quinua. También Acosta (2022), indica 87% de humedad en hojas de quinua de la variedad salcedo INIA. Estos reportes por parte de los autores ya mencionados se asemejan al estudio realizado, ya que el porcentaje de humedad para nuestro resultado fue en la etapa fenológica de 105 días esta variación puede ser porque las hojas de quinua de las tres variedades se mantuvieron más tiempo en su envase y a la zona de almacenamiento. Por su parte, Acosta (2022), menciona que la variación de la humedad en las hojas de quinua puede ser por la zona de donde proviene la muestra y la variedad de la hoja de quinua.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 10. Se determinan las diferencias significativas del contenido de humedad de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en dos agrupaciones.

**Tabla 20: Resultado del contenido de cenizas en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Ceniza		
Inicio de panojamiento	60	4.68±0.12	4.59±0.20	4.15±0.03
Inicio de la floración	75	4.19±0.18	4.31±0.28	4.35±0.11
Floración	90	4.12±0.12	4.12±0.13	4.09±0.19
Grano lechoso	105	4.08±0.10	3.95±0.14	4.11±0.13

En la tabla 20. Se detalla el contenido de ceniza de las tres variedades de hojas de quinua en las cuatro etapas fenológicas, sobresalió con mayor porcentaje de ceniza el inicio de panojamiento de 60 días de cultivo, la variedad Salcedo INIA mostro 4.68%, para la variedad kankolla se obtuvo 4.59% y la variedad rosada de Taraco sobresalió en el inicio de la floración la cual fue 4.35% de ceniza, del mismo modo, Bhargava *et al.* (2006), indica que las hojas de quinua contienen una gran cantidad de cenizas 3.3%. Asimismo, Bravo y Pérez (2018), en su estudio obtuvieron 2.45% de cenizas en hojas de quinua, estos resultados se asemejan a los resultados del estudio realizado.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 11. Se determinan las diferencias significativas del contenido de ceniza de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en tres agrupaciones.

**Tabla 21: Resultado del Contenido de acidez total en porcentaje de tres variedades de hojas de quinua en cuatro etapas fenológicas.**

Variedades		Salcedo INIA	Kankolla	Rosada de Taraco
Etapas fenológicas	Días	% de Acidez total		
Inicio de panojamiento	60	0.045±0.002	0.043±0.002	0.049±0.002
Inicio de la floración	75	0.045±0.002	0.043±0.002	0.044±0.003
Floración	90	0.043±0.002	0.044±0.002	0.037±0.002
Grano lechoso	105	0.046±0.002	0.045±0.002	0.045±0.002

La tabla 21. Detalla el porcentaje del contenido de acidez total en las tres variedades de hojas de quinua en las cuatro etapas fenológicas, pero sobresalió la etapa de inicio de panojamiento de 60 días de cultivo, mostrándose para la variedad Salcedo INIA 0.045%, en la variedad kankolla fue 0.042% y finalmente la variedad rosada de Taraco tuvo 0.049%.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 12. Se determinan las diferencias significativas del contenido de acidez total de las cuatro etapas fenológicas en las tres variedades de hojas de quinua ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en tres agrupaciones.

## 4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DEL ESCALDADO Y COCCIÓN SOBRE LOS OXALATOS, SAPONINAS EN VARIEDADES DE HOJAS DE QUINUA EN ADECUADA ETAPA FENOLÓGICA Y MEJORES CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.

De los resultados anteriores de tres variedades de hojas de quinua, Salcedo INIA, kankolla y rosada de Taraco se clasificaron las muestras que poseen mejores características fisicoquímicas y la etapa fenológica donde se presenta menor contenido de oxalatos y saponinas, los cuales resaltaron las variedades Salcedo INIA y rosado de Taraco en la etapa fenológica de inicio de panojamiento que se representa en 60 días; y fueron sometidos a escaldado y cocción, cuyos resultados se muestran a continuación.

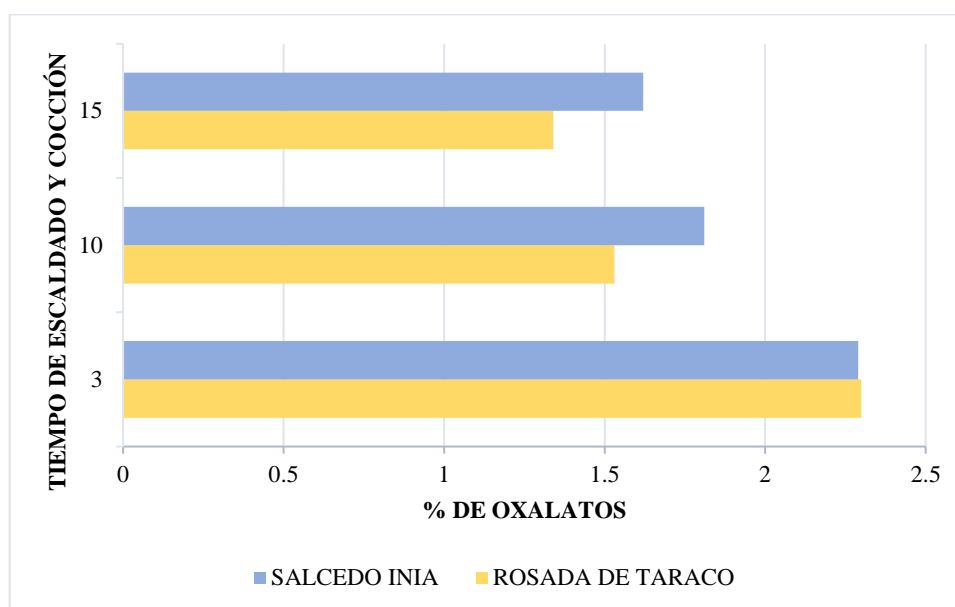
### 4.2.1. Resultado de oxalatos en hojas de quinua Rosada de Taraco y Salcedo INIA en la etapa de inicio de panojamiento (60 días), sometidos a escaldado y cocción.

**Tabla 22: Resultado del contenido de oxalatos en porcentaje de dos variedades de hojas de quinua sometidos a tratamiento térmico en la etapa de inicio de panojamiento (60 días).**

Variedades		Rosada de Taraco	Salcedo INIA
Tratamiento térmico 87 °C		% de Oxalatos	
Escaldado	3 minutos	2.3±0.051	2.29±0.085
	10 minutos	1.53±0.052	1.81±0.03
Cocción	15 minutos	1.34±0.05	1.62±0.05

La tabla 22. Detalla la disminución del porcentaje de oxalatos en hojas de quinua sometidos a tratamiento térmico por cocción a una temperatura de 87°C por 15 minutos en la variedad Salcedo INIA de 1.62%, a medida que aumenta el tiempo el contenido de oxalatos disminuye, del mismo modo para la variedad rosada de Taraco el porcentaje de oxalatos fue más bajo en la cocción por 15 minutos con 1.34%, al someter a tratamiento térmico por cocción a las hojas quinua durante un tiempo relativamente corto como 3 min. a 15 min. se reduce el contenido de oxalatos. Por su parte, Savage *et al.* (2000), demostraron que hervir una planta rica en oxalatos disminuye el contenido de oxalato soluble. Por otro lado, Thanh *et al.* (2013), sometieron a ebullición las hojas y peciolas de taro a 10, 30 y 60 minutos, es así que el tiempo de 60 minutos fue la forma más efectiva para reducir los niveles de oxalato

en el taro. Igualmente, Moreau y Savage (2009), indican que el tiempo de cocción relativamente corto no tiene efecto sobre el contenido de oxalato en las hojas de verdolaga. Por su parte, Wen *et al.* (2023), estudiaron el contenido de oxalatos en 26 vegetales de hoja verde la cual sobresalió las hojas de espinaca con alto contenido de oxalatos solubles de 87.6%, los resultados obtenidos permiten a la población informarse sobre cómo estos vegetales de hojas verdes pueden causar la formación de cálculos urinarios. De igual manera, Thanh *et al.* (2017), menciona que los oxalatos solubles se absorben en el tracto gastrointestinal, por lo que la ingestión puede aumentar, el riesgo de formación de cálculos renales y provocar nefropatía por oxalato.



**Figura 13: Porcentaje de oxalatos vs tiempo de escaldado y cocción en dos variedades de hojas de quinua.**

En la figura 13. Se observa la disminución del porcentaje de oxalatos en las dos variedades de hojas de quinua, en el tiempo de escaldado para las dos variedades el porcentaje de oxalatos es 2.3% para la variedad rosada de Taraco y para la variedad Salcedo INIA fue 2.29%, al someterse a cocción de 10 y 15 minutos a las hojas de quinua de las dos variedades el contenido de oxalatos disminuye.

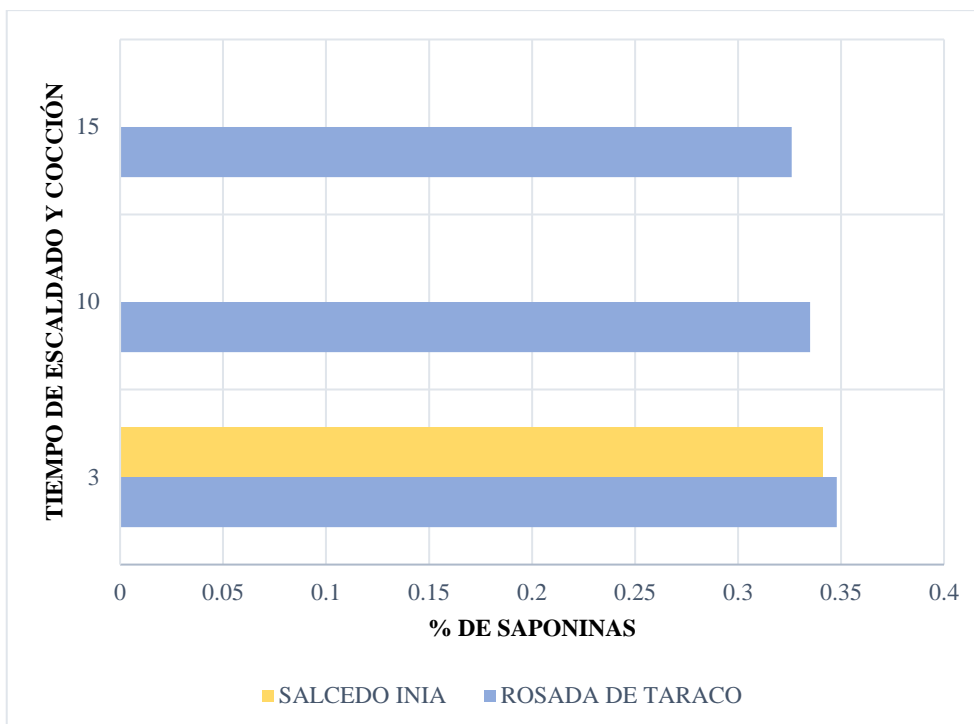
Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 13. Se determinan las diferencias significativas del contenido de oxalatos en la etapa de inicio de panojamiento de las dos variedades de hojas de quinua, ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

**4.2.2. Resultado de saponinas en hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA y Rosada de Taraco en la etapa de inicio de panojamiento (60 días), sometidos a escaldado y cocción.**

*Tabla 23: Resultado del contenido de saponinas en porcentaje de dos variedades de hojas de quinua sometidos a escaldado y cocción en la etapa de inicio de panojamiento (60 días).*

Variedades		Rosada de Taraco	Salcedo INIA
Tratamiento térmico 87 °C		% de Saponinas	
Escaldado	3 minutos	0.348±0.015	0.341±0.03
	10 minutos	0.335±0.02	0.0
Cocción	15 minutos	0.326±0.02	0.0

La tabla 23. Detalla que el contenido de saponinas en hojas de quinua sometidos a tratamiento térmico por escaldado y cocción a 87°C de temperatura disminuye con el tiempo, para ello se menciona que en la variedad Salcedo INIA en los tratamientos térmicos de 10 y 15 minutos el porcentaje de saponinas es ausente, mientras que en la variedad rosada de Taraco el porcentaje de saponina disminuye con el tratamiento térmico sometido a cocción por 15 minutos a 0.32 %; Igualmente, Rodríguez (2017), menciona que hay muchas formas de reducir la cantidad de anti nutrientes en los alimentos antes de su consumo y la forma más sencilla y rápida es cocinarlo y/o escaldarlo.



**Figura 14: Porcentaje de saponinas vs tiempo de escaldado y cocción en dos variedades de hojas de quinua.**

En la figura 14. Se aprecia el porcentaje de saponinas vs el tiempo de escaldado de 3 minutos y cocción de 10 y 15 minutos a una temperatura de 87°C en dos variedades de hojas de quinua, en el escaldado de tres minutos el porcentaje de saponinas se mantiene en 0.34% para la variedad rosada de Taraco y para la variedad salcedo INIA fue de 0.34% respectivamente, a medida que pasa el tiempo de cocción el porcentaje de saponinas es ausente en la variedad Salcedo INIA a partir del minuto 10 y 15, mientras que en la variedad rosada de Taraco disminuye a 0.32% en la cocción de 15 minutos.

Según, la evaluación estadística de ANOVA detalladas en el anexo 14. Se determinan las diferencias significativas del contenido de saponinas en la etapa de inicio de panojamiento de las dos variedades de hojas de quinua, ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cinco agrupaciones.

**4.2.3. Análisis fisicoquímico de las hojas de quinua en la variedad Salcedo INIA y rosada de Taraco en la etapa de inicio de panojamiento (60 días), sometidos a escaldado y cocción.**

**Tabla 24: Resultado fisicoquímico de las hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado y cocción en la etapa fenológica de inicio de panojamiento (60 días).**

Muestra	Variedad Salcedo INIA			
	Código	Componente	Tratamiento	Tiempo
térmico 87°C			en minutos	%
SI 03		e	3	6.67±0.03
SI 10	Humedad	c	10	6.73±0.02
SI 15		c	15	6.80±0.02
SI 03		e	3	16.80±0.02
SI 10	Ceniza	c	10	10.92±0.02
SI 15		c	15	12.41±0.02
SI 03		e	3	27.35±0.12
SI 10	Proteína	c	10	29.69±0.21
SI 15		c	15	32.22±0.13
SI 03		e	3	22.69±0.03
SI 10	Grasa	c	10	20.82±0.02
SI 15		c	15	19.50±0.02
SI 03		e	3	7.37±0.0416
SI 10	Fibra	c	10	7.82±0.03
SI 15		c	15	8.02±0.03
SI 03		e	3	19.11±0.17
SI 10	Carbohidratos	c	10	24.02±0.17
SI 15		c	15	21.04±0.18
SI 03		e	3	6.24±0.02
SI 10	pH	c	10	6.27±0.03
SI 15		c	15	6.74±0.02

<<Continuación>>

SI 03		e	3	0.65±0.01
SI 10	Acidez	c	10	0.71±0.02
SI 15		c	15	0.21±0.006

e: escaldado          c: cocción

La tabla 24. Detalla la cantidad de humedad en porcentaje de la hoja de quinua de la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado (6.67%) y cocción (6.73% - 6.80%). Asimismo, Coloma *et al.* (2017), en su investigación obtuvo 86,63% de humedad en hojas escaldadas de quinua de la variedad Salcedo INIA. Por su parte, Galarza (2010), determino 5.23% de humedad en hojas secas de quinua y al comparar los resultados de este autor con nuestro estudio se asemeja el contenido de humedad. Sin embargo, Paquita (2015), sostiene que la variación se atribuye a la baja humedad relativa del Altiplano, también se debe, porque han sido sometidos a procesos como el secado, el escaldado y la cocción.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de humedad del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cinco agrupaciones.

También, se puede apreciar en la tabla 24. El contenido de cenizas en hojas de quinua de la variedad salcedo INIA sometidos a escaldado fue (16.80 %) y cocción (10.92% -12.41%). Por su parte Coloma *et al.* (2017) obtuvieron el porcentaje de cenizas en hojas escaldadas de la Variedad Salcedo INIA de 17.17% de ceniza. Al someter a un escaldado el porcentaje de ceniza se mantiene no hay mucha variación, pero al someter la hoja de quinua a cocción disminuye. Asimismo, Paquita (2015), menciona que la variación de los resultados se debe a la pérdida de minerales durante el escaldado y cocción a medida que pasa el tiempo, ya que quedan sales minerales en el agua.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de ceniza del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cinco agrupaciones.

En la tabla 24. Podemos apreciar el porcentaje de proteínas en las hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado (27.35%) y cocción donde se obtuvo (29.69%

- 32.22%). Según, Coloma *et al.* (2017) en su investigación de las hojas de quinua escaldadas, obtuvo un porcentaje de proteínas de 28.37%. Asimismo, nuestro resultado tiene similitud con el resultado del autor. Por su parte, Acosta (2022), refiere que el aumento de proteínas se debe a la zona de donde proviene la muestra y la variedad de la hoja de quinua. Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de proteínas del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

De igual manera, la tabla 24. Muestra el porcentaje del contenido de las grasas en la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado (22.69%) y cocción fue (20.82% - 19.50%). Mientras tanto, Coloma *et al.* (2017) encontró en hojas de quinua el contenido graso de 8,13%, así mismo menciona que el alto contenido de grasa de las hojas de esta especie pueden aprovecharse funcionalmente; por otra parte, la diferencia en los resultados podría deberse ya que a mayor tiempo de cocción las grasas y aceites de los vegetales tienden a volatilizarse.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de grasas del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en seis agrupaciones.

La tabla 24. Detalla el porcentaje del contenido de fibra en las hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado (7.37%) y cocción fue (7.82% - 8.02%). Mientras tanto, Coloma *et al.* (2017), obtuvieron el contenido de fibra de 10.07% en las hojas de quinua escaldadas, así mismo Galarza (2010), obtuvo el contenido de fibra de 8.02% en hojas secas de quinua, Ayorkor (2009) y Mepba y Eboh (2007), señalan que tanto el escaldado como la cocción provocan cambios significativos en la fibra del amaranto, moringa, espinacas y otras verduras. Por lo tanto, el promedio de los resultados de los autores se asemeja con nuestros resultados.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de fibra del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

La tabla 24. Detalla el porcentaje del contenido de carbohidratos en las hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA sometido a escaldado (19.11%) y cocción la cual fue (24.02% - 21.04%). Según, Galarza (2010), obtuvo el contenido de carbohidratos en hojas secas de quinua 40.78%. Asimismo, Coloma *et al.* (2017), en su investigación determino el contenido de carbohidratos en hojas de quinua escaldada de 36,27% así mismo indica que la variación de los resultados se debe a la pérdida de hidratos de carbono en el tratamiento térmico.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de carbohidratos del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

La tabla 24. Detalla los resultados del pH de las hojas de quinua de la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado (6.24) y cocción fue entre (6.27 - 6.74), estos resultados nos indican que a medida que se someten las hojas de quinua a escaldado y cocción disminuye el contenido de pH volviéndose una muestra de tipo base o alcalino.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de pH del efecto del tiempo de escaldado y cocción para la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

La tabla 24. Indica el porcentaje de acidez en las hojas de quinua para la variedad Salcedo INIA sometidos a escaldado (0.65%) y cocción fue entre (0.71% - 0.21%), por lo tanto, se determina que la acidez disminuye por el efecto de la cocción en comparación con las hojas frescas.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de acidez del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad Salcedo INIA ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

**Tabla 25: Resultado fisicoquímico de las hojas de quinua de la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado y cocción en la etapa de inicio de panojamiento (60 días).**

Muestra		Variedad Rosada de Taraco		
Código	Componente	Tratamiento térmico 87°C	Tiempo en minutos	%
RT 03		e	3	6.82±0.05
RT 10	Humedad	c	10	6.50±0.02
RT 15		c	15	6.30±0.03
RT 03		e	3	12.18±0.02
RT 10	Ceniza	c	10	13.07±0.01
RT 15		c	15	12.39±0.02
RT 03		e	3	28.16±0.40
RT 10	Proteína	c	10	32.24±0.12
RT 15		c	15	32.03±0.12
RT 03		e	3	24.60±0.02
RT 10	Grasa	c	10	20.91±0.02
RT 15		c	15	22.22±0.03
RT 03		e	3	7.82±0.03
RT 10	Fibra	c	10	7.92±0.03
RT 15		c	15	8.04±0.03
RT 03		e	3	20.42±0.41
RT 10	Carbohidratos	c	10	19.35±0.14
RT 15		c	15	19.01±0.17
RT 03		e	3	6.34±0.02
RT 10	pH	c	10	6.69±0.01
RT 15		c	15	6.71±0.02
RT 03		e	3	0.76±0.01
RT 10	Acidez	c	10	0.46±0.01
RT 15		c	15	0.27±0.01

e: escaldado      c: cocción

En la tabla 25. Se puede apreciar el porcentaje del contenido de humedad de la hoja de quinua de la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado (6.82%) y cocción fue entre (6.50% - 6.30%). En su investigación Galarza (2010) determino 5.23% de humedad en hojas de quinua seca. Por lo tanto, la diferencia de los resultados de nuestro estudio es mínima. Sin embargo, Paquita (2015), en su estudio menciona que esta diferencia se debe a la baja humedad relativa del Altiplano.

En la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de humedad del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad rosada de Taraco ya que (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cinco agrupaciones.

También en la tabla 25. Se puede apreciar el porcentaje del contenido de cenizas en hojas de quinua en la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado (12.18%) y cocción entre (13.37% - 12.39%). Según Paquita (2015) y Galarza (2010), reportaron en sus estudios el contenido de cenizas en las hojas de la quinua entre (17.17% - 19.86%). Nuestro resultado es ligeramente inferior a los resultados de los autores. Sin embargo, Paquita (2015), menciona que la diferencia del contenido de cenizas se debe a la pérdida de minerales durante el escaldado y cocción.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de ceniza del efecto del tiempo de escaldado y cocción para la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cinco agrupaciones.

Asimismo, en la tabla 25. Encontramos el porcentaje del contenido de proteínas en hojas de quinua de la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado (28.16%) y cocción obtuvo (32.24% - 32.03%), con los valores reportados por Galarza (2010) y Pathan *et al.*, (2019), los resultados de las hojas de quinua se encuentran dentro de los valores promedio, entre (27.84% - 37.05%). Sin embargo, Coloma *et al.* (2017), menciona que la diferencia en el porcentaje de proteínas, se debe a la hidrólisis y pérdida de proteínas solubles en agua y/o compuestos nitrogenados no proteicos durante el tratamiento térmico y a la variedad de la hoja de quinua con la que se trabaja.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de proteínas del efecto del tiempo de escaldado y cocción para

la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor  $<0.05$ ) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

En la tabla 25. También se encuentra el porcentaje del contenido de las grasas en la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado 24.60% y cocción fue (20.91% - 22.22%). Según, Acosta (2022) y Coloma *et al.* (2017), encontraron valores entre 0.6% - 8.13% de grasas en hojas de quinua. Sin embargo, en esta investigación los resultados de las grasas fueron mayores que los resultados de los autores. Pero, Coloma *et al.* (2017), por su parte menciona que las hojas de quinua con alto contenido de grasa se pueden usar funcionalmente ya que son buenas grasas.

En la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de grasas del efecto del tiempo de escaldado y cocción para la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor  $<0.05$ ) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en seis agrupaciones.

En la tabla 25. El porcentaje del contenido de fibra en las hojas de quinua de la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado (7.82%) y cocción (7.92% – 8.04%), mientras tanto, Galarza (2010) y Coloma *et al.* (2017), obtuvieron el contenido de fibra entre 8.02% a 10.07% en las hojas de quinua secas y escaldadas. Por lo tanto, nuestro resultado se aproxima a los estudios de los autores. Por su parte, Ayorkor (2009) y Mepba y Eboh (2007), señalan que tanto el escaldado como la cocción provocan cambios significativos en la fibra del amaranto, moringa, espinacas y otras verduras.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de fibra del efecto del tiempo de escaldado y cocción en la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor  $<0.05$ ) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

Por otro lado, en la tabla 25. Se observa el porcentaje del contenido de carbohidratos en las hojas de quinua de la variedad rosada de Taraco sometido a escaldado (20.42%) y cocción la cual fue (19.35% - 19.01%), del mismo modo, Coloma *et al.* (2017), en su investigación determino el contenido de carbohidratos en hojas de quinua escaldada de 36,27% así mismo indica que la diferencia de los resultados se debe a la pérdida de hidratos de carbono en el tratamiento térmico.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de carbohidratos del efecto del tiempo de escaldado y cocción para la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

En la tabla 25. El pH de las hojas de quinua de la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado fue (6.34) y cocción fue entre (6.69 - 6.71), el resultado del pH en las hojas de quinua es óptimo para las hortalizas. A medida que las hojas de quinua se someten a escaldado y cocción el pH aumenta volviéndose una muestra de tipo base o alcalino.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de carbohidratos del efecto del tiempo de escaldado y cocción para la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

En la tabla 25. Se observa el porcentaje de acidez en las hojas de quinua para la variedad rosada de Taraco sometidos a escaldado (0.76%) y cocción fue entre (0.46% - 0.26%), por lo tanto, se determina que la acidez disminuye por el efecto de la cocción en comparación con las hojas frescas.

Según, la evaluación estadística de ANOVA se determina que existen diferencias significativas en el contenido de acidez del efecto del tiempo de escaldado y cocción para la variedad rosada de Taraco ya que el (p-valor <0.05) en donde la prueba de Tukey demuestra las diferencias en cuatro agrupaciones.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- La evaluación en las cuatro etapas fenológicas, a tres variedades de hojas de quinua (salcedo INIA, Rosada de Taraco, kancolla) presentó un rango de contenido de (2.81% - 3.64%) de oxalatos, en cuanto al contenido de saponinas presentaron un rango de contenido de (4.34% - 10.34%); así mismo en la evaluación fisicoquímica se determinó. Que en la etapa fenológica de inicio de panojamiento presentaron un intervalo de proteínas más altas de (25.28% – 35.65%), el contenido de grasas y aceites presento intervalo de (0.13% - 0.18%) en todas las etapas fenológicas, adicionalmente de evidencio que el mayor contenido de carbohidratos se presentó en la etapa de inicio de floración (13.31% – 13.66%), la fibra bruta presento un intervalo de (13.15% - 14.0.67%) en todas las etapas, el contenido de cenizas presento rango de (3.94% - 4.68%) por su alto contenido de proteínas en la etapa de inicio de panojamiento; (60 días), las muestras fueron sometidos a escaldado y cocción.
- El efecto del tiempo de 3 minutos en escaldado a temperatura de 87°C disminuyo en baja cantidad el contenido de oxalatos en un intervalo de (2.29% – 2.31%) en cuanto al contenido de saponina disminuyo significativamente a un intervalo de (0.341% - 0.348%), la cocción a un tiempo de 10 y 15 minutos a temperatura de 87°C disminuyo el contenido de oxalatos a un rango de (1.34% - 1.82%) y el contenido de saponina disminuyo a un intervalo de (0.32% - 0.33%) en la variedad rosada de Taraco, y presenta ausencia en salcedo INIA, de la misma forma se presenta que las proteínas se mantuvieron a un intervalo de (27.34% - 32.24%), se observó el incremento de los carbohidratos a un rango de (19.01% - 24.02%), el contenido de ceniza también incrementaron a un intervalo de (12.18% - 16.80%).

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios del efecto de escaldado y cocción a mayores tiempos para evaluar el contenido de oxalatos, saponinas y evaluar otros antinutrientes.
- Realizar estudios con mayores tiempos de escaldado y cocción en las hojas de quinua para determinar el tiempo adecuado de ausencia de saponinas y oxalatos presentes.
- Determinar otros compuestos tóxicos aparte de los oxalatos y saponinas en las hojas de quinua, realizando comparaciones con otros vegetales de hoja verde con mayor consumo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abugoch, L. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58(09), 1–31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Acosta, I. (2022). *Caracterización de tres variedades de hojas de quinua en dos fases fenológicas y después del secado solar con bandejas dehidratadas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Arequipa, Perú.
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 438–469. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Alvear, E., Leung, A., & Llerena, C. (2018). *Características de la hoja de quinua y su aprovechamiento en aplicaciones culinarias*. (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. In *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú* (Vol. 1st). <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>
- Ayorkor, O. (2009). *Effects of blanching and dehydration methods on the quality of moringa leaf powder used as herbal green tea*. (Tesis de maestría) university of science and technology Kwame Nkrumah, Kumasi, Ghana.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*.
- Badui, S. (2013). La ciencia de los alimentos en la práctica. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Bargagli, M., Tio, M. C., Waikar, S. S., & Ferraro, P. M. (2020). Dietary oxalate intake and kidney outcomes. *Nutrients*, 12(8), 1–15.
- BCRP. (2024). *Agrícola Quinoa*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/consulta/grafico>
- Berdonces, J. (1996). TOXICOLOGIA ALIMENTARIA. *Cancer Research*, 7(5), 20.
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa — An Indian perspective*. 23(April 2005), 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>
- Bojanic, A. (2011). *La quinua : Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*.

- Bravo, J., & Pérez, J. (2018). *Evaluación del grado de sustitución para la formulación de una galleta enriquecida con avena (avena sativa) y harina de hoja de quinua (Chenopodium quinoa)*. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Campos, J., Acosta, K., & Paucar, L. M. (2022). Quinoa ( *Chenopodium quinoa* ): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf , and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220. <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Castro, I., Calatayud, L., Orts-Aroyo, M., Marino, N., De-Muno, G., Lloret, F., Ruiz, R., & Julve, M. (2022). Oxalato as polyatomic coordination center and magnetic coupler in copper(II)-polypyrazole inverse polynuclear complexes and coordination polymers. *Coordination Chemistry Reviews*, 471(3), 1–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ccr.2022.214730>
- CIEN. (2021). Panorama del sector Agroindustrial : Quinoa. In *Centro de investigación de economía y negocios globales*.
- Colin, W., & Corke, H. (2016). *Encyclopedia of food grains* (W. Colin & H. Corke (eds.)). <http://store.elsevier.com>
- Coloma, A., Paquita, R., & Velásquez, R. (2017). Effect of blanching and temperature on the drying kinetic of the leaves of quinoa ( *Chenopodium quinoa* Willd .), Salcedo INIA variety. *Agro Sur*, 45(3), 18. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n3-08>
- Condori, V. (2017). *Efecto de germinación en la cuantificación y concentrado de la proteína aislada en cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)* [(Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno, Perú.]. [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/21995/Condori\\_Cahuana\\_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/21995/Condori_Cahuana_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Corimayhua, A. (2017). *Optimización de los parámetros de extracción de compuestos fenólicos totales de hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) variedad INIA 420 - Negra collana*. Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- FAO. (1970). *Aminoacid content of foods and biological data on proteins*.
- Fiallos, Jennifer, Pollier, J., Moses, T., Arendt, P., Barriga-Medina, N., Morillo, E., Arahana, V., de Lourdes Torres, M., Goossens, A., & Leon-Reyes, A. (2016). Saponin determination, expression analysis and functional characterization of saponin biosynthetic genes in *Chenopodium quinoa* leaves. *Plant Science*, 250(2), 188–197.

<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.05.015>

- Flaschka, H. A., Barnard, A. J., & Sturrock, P. E. (1973). *quimica-analitica-cuantitativa-vol-2-flaschka.pdf* (Barnes & N).
- Fontúrbel, F. (2003). Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiaceae), debida a la presencia de las saponinas. *Andesruna*, 20(3), 1–12.
- Galarza, R. (2010). *Elaboración de una sopa instantánea a base de hoja quinua verde (Chenopodium quinoa willd) a dos temperaturas de secado, nueve formulaciones, utilizando dos tipos de empaques y cinco tiempos de almacenamiento*. [(Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.]. <http://181.112.224.103/handle/27000/893>
- Galdón, A., Garriga, M., Chacín, J., Ramírez, M., & Vázquez, C. (2016). Alimentos que destacan por su contenido en oxalatos. *Fisterra*, 1(3), 1–3.
- García, M. Á., Plaza, N. Z., Carvajal, D. C., Ferreira, S. C., & Parra, J. D. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en relación con el suelo y el clima: Una revisión. *Informador Técnico*, 82(2), 241. <https://doi.org/10.23850/22565035.1451>
- Gianna, V. (2013). *Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semilla de Chenopodium quinoa Willd provenientes del noroeste argentino*. 104.
- Gómez, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). *Food Chemistry*, 157(2), 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.023>
- Gomez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía del cultivo de la quinua. In *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gonzales, J. A., & Prado, F. E. (2013). *Quinoa: Aspectos Biológicos y Propiedades Nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento*.
- Gutiérrez, A., Soto, M., López, C., Martínez, G., Velásquez, A., & Mendoza, C. (2004). Nitratos, oxalatos y alcaloides en dos etapas fenológicas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en riego y temporal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(4), 313–322.
- Gutiérrez, Y. (2019). *Contenido nutricional de hojas de Chenopodium Quinoa Willd. para consumo directo en trujillo, la libertad*. [(Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo]. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-ca/2.5/pe/>

- Hang, D. T., Vanhanen, L., & Salvaje, G. (2013). Efecto de métodos de procesamiento simples sobre el contenido de oxalato de pecíolos y hojas de taro cultivados en el centro de Vietnam. *LWT - Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 50, 259–263. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.015>
- INACAL. (2021). *NTP 205.062 2021. Granos andinos. Quinoa en grano. Requisitos*.
- Iza, D. (2018). Influencia de factores abióticos y fenología en el contenido polifenólico total, con actividad antioxidante y concentración de antinutrientes de hojas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la variedad iniap-tunkahuan. In *New England Journal of Medicine* (Vol. 372, Issue 2). <https://doi.org/10.1056/nejmoa1407279>
- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food Reviews International*, 19(1–2), 167–177. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>
- Jáuregui, D., & Moreno, A. (2004). La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: retos y potencial. *Reb*, 23(1), 18–23. [http://computo.sid.unam.mx/Bioquimica/PDF/2004/03/2004\\_107\\_18-23\\_David\\_Jauregui.pdf](http://computo.sid.unam.mx/Bioquimica/PDF/2004/03/2004_107_18-23_David_Jauregui.pdf)
- León, J. (2003). *cultivo de la quinua en Puno-Perú descripción, manejo y producción*.
- Lim, J. G., Park, H., & Yoon, K. S. (2020). Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food Science & Nutrition*, 8(3), 694–702. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1358>
- Mamani, E. (2024). “*Elaboración de una bebida a base de hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y kiwi (Actinidia chinensis.)*.” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano UNA - Puno, Puno, Perú.
- Maradini, A., Ribeiro, M., Da Silva, J., Pinheiro, H., Paes, J., & Dos Reis, J. (2015). Quinoa : Nutritional , functional and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, June, 37–41. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1001811>
- Martínez, S., & Souza, V. (2012). *Notas técnicas del cultivo de la quinua*.
- Mepba, H., & Eboh, L. (2007). Effects of processing treatments on the nutritive composition and consumer acceptance of some Nigerian edible leafy vegetables. *Formerly AJFNS*, 7(2), 1–18. <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/136145>
- MIDAGRI. (2021). *Observatorio de siembras y perspectivas de la producción - Quinoa | 1*.
- MIDAGRI. (2022). *Observatorio de siembras y perspectivas de la producción- Quinoa | 1*.

- Moreau, A., & Savage, G. P. (2009). *Journal of Food Composition and Analysis Oxalate content of purslane leaves and the effect of combining them with yoghurt or coconut products*. 22, 303–306. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.01.013>
- Mori, A. (2015). *Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (Chenopodium Quinoa Willd.) mediante el riego por goteo*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2006). *La quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*.
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2013). *La quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres. Botanica economica de los andes centrales*. Universidad Mayor de san andres.
- Mujica, A., Marca, S., & Jacobsen, S. (2003). Current Production and potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in Peru. *Food Reviews International*, 19(December 2014), 37–41. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018881>
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., & Romero, A. (2006). *Informe Final. Proyecto Quinoa: Cultivo multipropósito para los países andinos*. 237.
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Ortiz, C., & Blanco, T. (2008). *Alimentos bromatología*.
- Oscarsson, K. V., & Savage, G. P. (2007). *Food Chemistry Composition and availability of soluble and insoluble oxalates in raw and cooked taro (Colocasia esculenta var. Schott) leaves*. 101, 559–562. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.014>
- Padrón, C., Oropeza, R., & Montes, A. (2014). Semillas de quinua (Chenopodium quinoa Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas Quinoa (Chenopodium quinoa Willdenow) seeds: chemical composition and processing. Aspects related to other areas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2), 166–218.
- Paquita, R. (2015). *efecto del escaldado y temperatura en la cinética de secado de las hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd), variedad salcedo INIA*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Pathan, S., Eivazi, F., Valliyodan, B., Paul, K., & Ndunguru, G. (2019). Nutritional Composition of the Green Leaves of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Journal*

- of Food Research*, 8(6), 55–65. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n6p55>
- Peña, L., & Zuluaga, A. (2017). *Protocolos de manejo del paciente intoxicado* (L. Peña & A. Zuluaga (eds.); segunda Ed, Issue June).
- Puentes, N. (2006). *Implementación de los cultivos de quinua en el municipio de Saboya - Saboya*. [(Tesis de pregrado). Escuela superior de Administración Pública, Bogota, Colombia.]. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/123456789/9212>
- Ramírez, D., Ramírez, E., & Sáenz, L. (2017). Propiedades alimenticias de la quinua y sus paradojas de exclusión e inclusión social en el Perú (2011-2014). *Investigaciones Sociales*, 20(36), 231–246. <https://doi.org/10.15381/is.v20i36.12993>
- Ramirez, E. (2015). *Elaboración de sopa de shidratada a partir de germinado y hojas de quinua (Chenopodium quinoa, Willd) y arveja (Pisum sativum)*. [(Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2178/Q02-R355-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Riveros, Y. (2019). “*Análisis químico proximal y palatabilidad de chullcce obtenida de olluco (Ullucus tuberosus) con tres formas de escaldado.*”
- Rodas, J. (2020). *Caracterización de propiedades fisicoquímicas y funcionales de un producto en polvo a partir de la Hoja de Quinua (Chenopodium quinoa)*. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Rodríguez, P. (2017). *Químicos naturales en alimentos vegetales que atentan contra la inocuidad alimentaria*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Rodriguez, R. (2018). *Preparación de Alimentos con Hojas de Quinua*. Fundacion Valles.
- Savage, G. P., Vanhanen, L., & Mason, S. (2000). Effect of Cooking on the Soluble and Insoluble Oxalate Content of Some New Zealand Foods Effect of Cooking on the Soluble and Insoluble Oxalate Content of Some New Zealand Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 7(January), 1–5. <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0879>
- Schlick, G. (2000). *Nutritional characteristics and biomass production of Chenopodium quinoa grown in controlled environments*.
- Siener, R., Ho, R., Seidler, A., Voss, S., & Hesse, A. (2006). Food Chemistry Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families. *Food Chemistry*, 98, 220–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.059>
- Soria, P. (2017). Perú como primer exportador de quinua a nivel mundial. *Quipukamayoc*, 25(47), 75–83. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/quipu.v25i47.13805>

- Stoleru, V., Jacobsen, S.-E., Vitanescu, M., Jitareanu, G., Butnariu, M., Munteanu, N., Stan, T., Teliban, G. C., Cojocar, A., & Mihalache, G. (2022b). Nutritional and antinutritional compounds in leaves of quinoa. *Food Bioscience*, 45(6), 1–8.
- Tapia, M. (2012). *La quinua : historia, distribucion geografica, actual produccion y usos*.
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guia de campo de los cultivos andinos*.
- Thanh, D., Vanhanen, L., & Savage, G. (2013). Effect of simple processing methods on oxalate content of taro petioles and leaves grown in central Viet Nam. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 259–263. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.015>
- Thanh, H., Phan Vu, H., Vu Van, H., Le Duc, N., Le Minh, T., & Savage, G. (2017). Oxalate content of taro leaves grown in central Vietnam. *Foods*, 6(2), 1–7. <https://doi.org/10.3390/foods6010002>
- Tigreros, J. A., Parra, S., Martínez, J., & Ordoñez, L. (2021). *Diferentes métodos de escaldado y su aplicación en frutas y verduras*. 8(1), 50–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.3710>
- Troisi, J., Di Fiore, R., Pulvento, C., D’andria, R., Vega, A., Miranda, M., Martínez, E., & Lavini, A. (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*.
- Valle, P., & Lucas, B. (2000). *Toxicologia de alimentos*. <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/toxicolo/toxico/toxico.pdf>
- Vázquez, A., Fuentes, F., & Sobac, R. D. (2019). La hoja de Quinoa como alternativa nutricional. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 46(2), 137–143. <https://doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2098>
- Villacrés, E., Galarza, S., Peralta, E., & Silva, J. (2011). *Desarrollo y evaluación de una formulación base para la elaboración de una sopa instantánea utilizando hojas de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*.
- Villacrés, E., Silva, E., Cuadrado, L., Álvarez, J., & Quelal, M. (2016). *La riqueza oculta de las hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*.
- Vite, M. (2015). *Estudio fenológico y adaptabilidad del cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa l. 1,753), en el valle del medio Piura- Dpto. Piura - Perú*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Wade, L. (2012). *QUIMICA ORGANICA, Volume 2*.
- Wen, H., Bi, X., & Jeyakumar, C. (2023). Assessment of oxalates and phytic acid contents in Asian green leafy vegetables: Dietary recommendations. *Food and Humanity*, 1(September), 1223–1228. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.09.018>

Yzarra, W., & López, F. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*.

Zindler, E., Hönow, R., & Hesse, A. (2001). Contenido de calcio y oxalato de las hojas de *Phaseolus vulgaris* a diferente suministro de calcio en relación con la formación de cristales de oxalato de calcio Resumen Introducción Materiales y métodos. *Journal of Plant Physiology*, 158(10), 139–144.

## ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos para la determinación de oxalatos y saponinas

#### ➤ Cálculos para el contenido de oxalatos

Cálculos:

- Según sea para oxalato soluble u oxalato total,
- Relación estequiométrica entre los iones permanganato y iones oxalato,

$$\frac{\text{mmol MnO}_4^-}{2} = \frac{\text{mmol C}_2\text{O}_4^{2-}}{5}$$

$$g \text{ C}_2\text{O}_4^{2-} = \left(\frac{5}{2}\right) \frac{(\text{M. V.})\text{MnO}_4^-}{1000}$$

$$\% \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \frac{100 * g \text{ de C}_2\text{O}_4^{2-}}{W}$$

Donde:

V : gasto(ml) de  $\text{MnO}_4^-$  estándar ya sea para oxalato soluble u oxalato total

M : concentración molar de la solución estándar de  $\text{MnO}_4^-$

W : g de hoja seca de quinua ya sea para oxalato soluble u total

#### ➤ Cálculo para el contenido de saponinas

Cálculos:

Con la ecuación de la curva de calibración obtenida,

$$\text{Absorbancia} = 0.0009 \times C + 0.0025$$

Donde:

C : concentración de saponina en ppm

**Anexo 2: Análisis de varianza del porcentaje de oxalato total en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Hojas de quinua fresca	11	2.4008	0.218251	44.85	0.00
Error	24	0.1168	0.004867		
Total	35	2.5176			

**Prueba de Tukey hojas de quinua fresca vs oxalatos total.**

<b>HOJA DE QUINUA FRESCA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
N	3	3.6467	A		
V	3	3.64333	A		
E	3	3.5600	A		
L	3	3.5433	A		
O	3	3.4767	A	B	
D	3	3.3367	B	C	
T	3	3.2900	B	C	
A	3	3.2400		C	
S	3	3.2133		C	
I	3	3.1833		C	
R	3	2.9167			D
C	3	2.8133			D

**Anexo 3: Análisis de varianza del porcentaje de oxalato soluble en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Hojas de Quinua Fresca	11	1.25002	0.113638	55.96	0.00
Error	24	0.04873	0.002031		
Total	35	1.29876			

**Prueba de Tukey del contenido de oxalato soluble en hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA FRESCA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
S	3	2.4067	A		
A	3	2.1567		B	
O	3	2.1267		B	
T	3	2.1000		B	
V	3	1.9633			C
L	3	1.9467			C
N	3	1.94333			C
D	3	1.9267			C
E	3	1.9200			C
R	3	1.7767			D
I	3	1.7700			D
C	3	1.7100			D

**Anexo 4: Análisis de varianza del porcentaje de saponinas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA	11	181.455	16.4959	3241.55	0
Error	24	0.122	0.0051		
Total	35	181.577			

**Prueba de Tukey del contenido de saponinas en hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
A	3	10.353	A		
O	3	10.0767	B		
S	3	9.9100	B	C	
D	3	9.8733	B	C	
L	3	9.8467		C	
T	3	9.8233		C	
N	3	7.4733			D
V	3	7.3700			D
E	3	7.2800			D
R	3	4.7267			E
I	3	4.6167			E
C	3	4.3400			F

**Anexo 5: Análisis de varianza del porcentaje de proteínas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA	11	181.455	16.4959	3241.55	0
Error	24	0.122	0.0051		
Total	35	181.577			

**Prueba de Tukey del contenido de proteínas en variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
I	3	35.6500	A		
S	3	34.3767	B		
R	3	33.3200		C	
O	3	31.5133		D	
T	3	30.3767		E	

<<Continuación>>

D	3	28.4567	F
C	3	25.2800	G
A	3	23.6133	H
L	3	22.6400	I
V	3	20.5800	J
E	3	19.6267	K
N	3	18.5300	L

**Anexo 6: Análisis de varianza del porcentaje de aceites y grasas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hoja de quinua	11	0.008875	0.000807	12.1	0
Error	24	0.0016	0.000067		
Total	35	0.010475			

**Prueba de Tukey del contenido de aceites y grasas en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

HOJA DE QUINUA	N	Media	Agrupación						
T	3	0.18667	A						
E	3	0.18	A	B					
I	3	0.17333	A	B	C				
V	3	0.17	A	B	C	D			
C	3	0.17	A	B	C	D			
A	3	0.16667	A	B	C	D			
O	3	0.16		B	C	D	E		
S	3	0.15333			C	D	E	F	
N	3	0.15			C	D	E	F	
R	3	0.14667				D	E	F	
D	3	0.14					E	F	
L	3	0.13333						F	

**Anexo 7: Análisis de varianza del porcentaje de carbohidratos en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA FRESCA	11	24.1238	2.19307	55.88	0
Error	24	0.9419	0.03924		
Total	35	25.0657			

**Prueba de Tukey del contenido de carbohidratos en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>					
S	3	13.66	A					
A	3	13.4667	A	B				
T	3	13.307	A	B				
R	3	13.27	A	B				
D	3	12.96		B	C			
C	3	12.48			C	D		
I	3	12.367			D	E		
O	3	12.3167			D	E		
L	3	12.07			D	E	F	
V	3	11.853				E	F	
N	3	11.613					F	
E	3	10.8067						G

**Anexo 8: Análisis de varianza del porcentaje de fibra bruta en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA FRESCA	11	3.3044	0.300403	54.1	0
Error	24	0.1333	0.005553		
Total	35	3.4377			

**Prueba de Tukey del contenido de fibra bruta en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>			
V	3	14.08	A			
I	3	14.0667	A	B		
L	3	13.9433	A	B	C	
N	3	13.8867	A	B	C	
R	3	13.8733	A	B	C	D
E	3	13.86		B	C	D
T	3	13.75			C	D E
D	3	13.6567				D E
O	3	13.64				E
C	3	13.32				F
A	3	13.2367				F
S	3	13.1467				F

**Anexo 9: Análisis de varianza de pH en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA FRESCA	11	0.05212	0.004738	9.69	0
Error	24	0.01173	0.000489		
Total	35	0.06386			

**Prueba de Tukey del contenido de pH en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
I	3	4.7167	A	
V	3	4.6733	A	B
C	3	4.66333	A	B
N	3	4.65667	A	B
E	3	4.65		B
T	3	4.6433		B
O	3	4.6433		B
S	3	4.64		B
L	3	4.64		B
R	3	4.63		B
A	3	4.6267		B
D	3	4.54333		C

**Anexo 10: Análisis de varianza del porcentaje de humedad en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA FRESCA	11	15.389	1.399	3.82	0.003
Error	24	8.8	0.3667		
Total	35	24.189			

**Prueba de Tukey del contenido de humedad en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
E	3	82.767	A	
N	3	82.2	A	B
V	3	81.933	A	B
L	3	81.533	A	B
C	3	81.467	A	B
R	3	81.467	A	B
I	3	81.1	A	B
A	3	80.833		B
O	3	80.8		B
S	3	80.767		B
T	3	80.633		B
D	3	80.633		B

**Anexo 11: Análisis de varianza del porcentaje de ceniza en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA FRESCA	11	1.5655	0.14232	5.79	0.000
Error	24	0.5895	0.02456		
Total	35	2.155			

**Prueba de Tukey del contenido de ceniza en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
I	3	4.68	A		
C	3	4.59	A	B	
T	3	4.3533	A	B	C
A	3	4.307	A	B	C
S	3	4.187		B	C
R	3	4.1533		B	C
L	3	4.12			C
O	3	4.1167			C
E	3	4.1133			C
D	3	4.09			C
V	3	4.08			C
N	3	3.9467			C

**Anexo 12: Análisis de varianza del porcentaje de acidez total en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en las etapas fenológicas de inicio de panojamiento, inicio de floración, floración y grano lechoso.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJA DE QUINUA FRESCA	11	0.000293	0.000027	5.95	0.000
Error	24	0.000107	0.000004		
Total	35	0.0004			

**Prueba de Tukey del contenido de acidez total en las variedades de hojas de quinua de diferentes etapas fenológicas.**

<b>HOJA DE QUINUA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
R	3	0.04933	A		
E	3	0.04633	A	B	
V	3	0.04567	A	B	
C	3	0.04567	A	B	
I	3	0.04533	A	B	
S	3	0.044667	A	B	
N	3	0.04467	A	B	
T	3	0.04433	A	B	
L	3	0.04367	A	B	
O	3	0.043		B	
A	3	0.04267		B	C
D	3	0.03667			C

**Anexo 13: Análisis de varianza del contenido de oxalatos en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco en la etapa de inicio de panojamiento la cual es 60 días.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJAS DE QUINUA ESCALDADAS	5	2.41349	0.482699	151.37	0
Error	12	0.03827	0.003189		
Total	17	2.45176			

**Prueba de Tukey del porcentaje de oxalatos de dos variedades de hojas de quinua en el inicio de panojamiento de 60 días.**

<b>HOJAS DE QUINUA CON TRATAMIENTO TERMICO</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
RT 03	3	2.3033	A		
SI 03	3	2.29	A		
SI 10	3	1.8133		B	
SI 15	3	1.6233			C
RT 10	3	1.53			C
RT 15	3	1.3433			D

**Anexo 14: Análisis de varianza del contenido de saponinas en las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco de la etapa de inicio de panojamiento.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
HOJAS DE QUINUA ESCALDADAS	5	45.6886	9.13773	24188.11	0
Error	12	0.0045	0.00038		
Total	17	45.6932			

**Prueba de Tukey del porcentaje de saponinas en las variedades de hojas de quinua en el inicio de panojamiento de 60 días.**

<b>HOJAS DE QUINUA CON TRATAMIENTO TÉRMICO</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
RT 03	3	3.48333	A		
SI 03	3	3.4133		B	
RT 10	3	3.35			C
RT 15	3	3.26			D
SI 15	3	0			E
SI 10	3	0			E

Anexo 15: Imágenes de recolección de las tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de inicio de panojamiento de los campos de cultivo Illpa UNA Puno.



**Salcedo INIA**



**Rosada de Taraco**



**Kankolla**



**Campos de cultivo  
Illpa UNA Puno**



**Recolección de muestras**



**Pesado de muestras**

**Anexo 16: Recolección de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de inicio de la floración de los campos de cultivo Illpa UNA Puno.**



Salcedo INIA



Rosada de Taraco



Kankolla

**Anexo 17: Imágenes de la recolección de las tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de floración de los campos de cultivo Illpa UNA Puno.**



Salcedo INIA



Rosada de taraco



Kankolla

**Anexo 18: Imágenes de la recolección de tres variedades de hojas de quinua Salcedo INIA, Rosada de Taraco y Kankolla en la etapa de grano lechoso de los campos de cultivo Illpa UNA Puno.**



**Anexo 19: Imágenes de la recolección y selección de las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco en el inicio de panojamiento de 60 días para ser sometidos a tratamiento térmico.**



Anexo 20: Imágenes del escaldado y cocción de las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco en el inicio de panojamiento de 60 días a una temperatura de 87°C por 3, 10 y 15 minutos.



**Temperatura de  
escaldado y cocción**



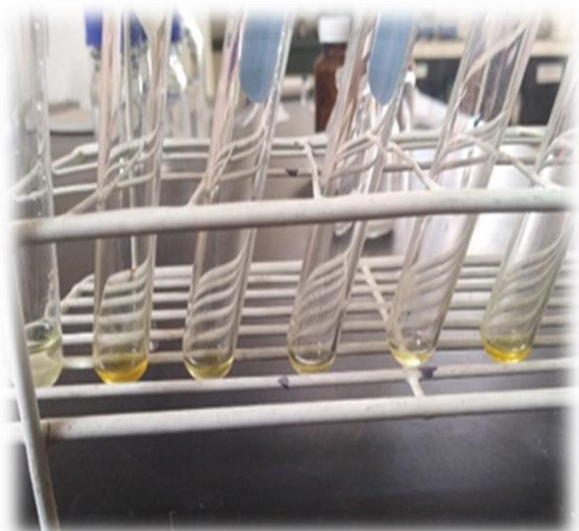
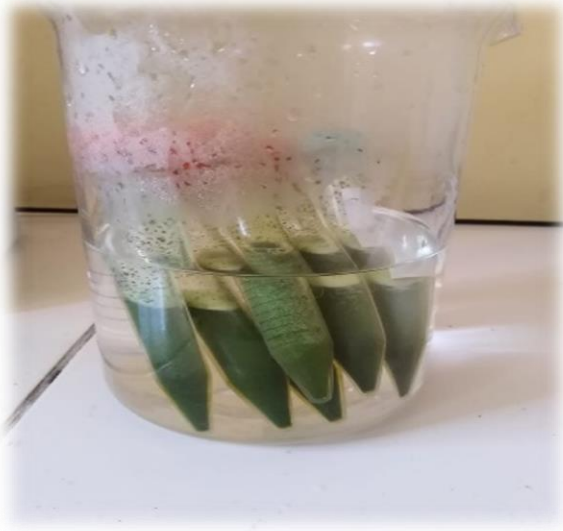
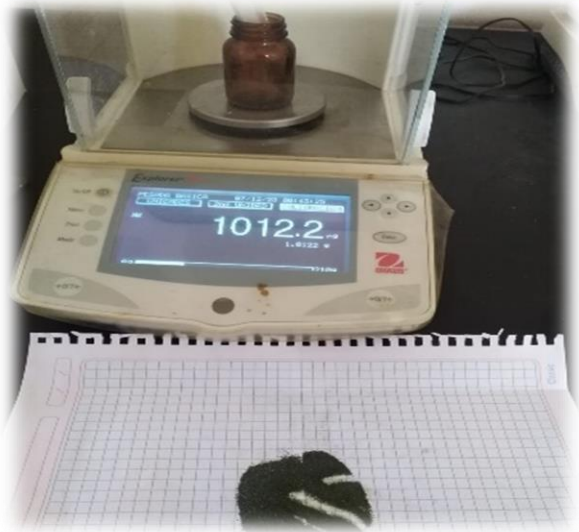
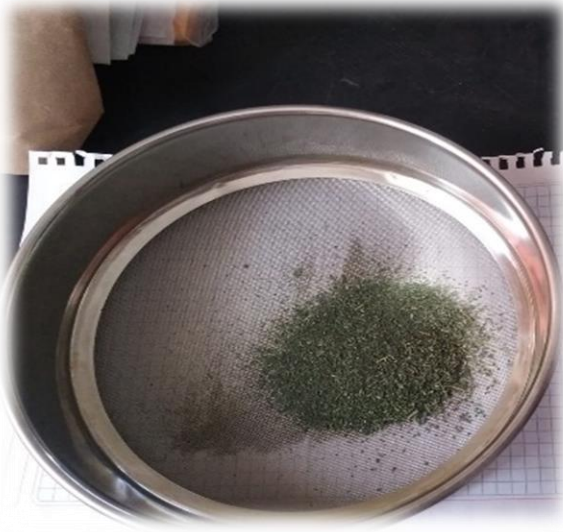
**Escaldado de  
muestras**



**Tiempo de  
escaldado**

Anexo 21: Imágenes de los análisis de saponinas y oxalatos de las variedades de hojas de quinua Salcedo INIA y Rosada de Taraco, tras ser sometidos a tratamiento térmico.





UW