

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL GERMINADO DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd) VARIEDAD PASANKALLA ROJA.**

Tipo de investigación

Aplicada

Línea de investigación

Propiedades funcionales, químicas, bioactivas y nutricionales de tubérculos y granos andinos, frutos tropicales en la Industria Alimentaria.

Informe final de Investigación

Presentado por:

- Iván Parillo Gutiérrez (**Coordinador**)
- Ronald Sacachipana Huancollo
- Yakelin Eliana Yucra Mamani
- Yaneth Mamani Adco
- Luis Renzo Baylor Hidalgo

Asesor: Dr.Sc. Olivia Magaly Luque Vilca

Juliaca - 2020

DEDICATORIA

A Dios por la inteligencia y sabiduría que nos dio al nacer y por enseñarnos el camino correcto de la vida, guiándonos y fortaleciéndonos cada día.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de Juliaca, por habernos permitido realizar el presente proyecto de investigación.
- A Vicepresidencia de investigación de la Universidad Nacional de Juliaca por haber financiado la ejecución del presente proyecto de investigación.
- A la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, por habernos permitido el uso de sus laboratorios.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, por habernos permitido el uso de sus laboratorios.
- A todas las personas que hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	8
Introducción.....	10

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.Generalidades sobre la quinua	12
1.2.Variedades de quinua	15
A. INIA 431 – ALTIPLANO	15
B. INIA 427 - AMARILLA SACACA	15
C. INIA 420 - NEGRA COLLANA	15
D. INIA 415 – PASANKALLA.....	16
E. ILLPA INIA.....	16
F. SALCEDO INIA	16
G. BLANCA DE JULI	16
H. KANKOLLA	17
I. QUILLAHUAMAN INIA.....	17
1.3. Composición química y valor nutricional de la quinua.....	17
1.4. Aminoácidos de la quinua	20
1.5.Proceso de germinación de la quinua.	21
1.6.Parametros optimos de germinacion de la quinua.	23
1.7.Usos de la quínuá germinada.	24

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1.Ámbito de estudio	25
2.2.Unidad de análisis	25

2.3. Materiales y equipos.....	26
2.3.1. Material biológico	26
2.3.2. Materiales de laboratorio y otros	26
2.3.3. Equipos	26
2.4. Metodología.....	27
2.4.1. Proceso de germinado de la quinua.....	27
2.4.2. Evaluación de la influencia de la temperatura, tiempo de remojo y tiempo de germinación durante el germinado de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) variedad pasankalla roja.	29
2.4.3. Proceso de evaluación de las propiedades nutricionales de la quinua (<i>Chenopodium quinoa willd</i>) sin germinar y germinada variedad pasankalla roja.	31
2.5. Diseño de la investigación	31

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la influencia de la temperatura, tiempo de remojo y tiempo de germinación durante el germinado de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) variedad pasankalla roja.	33
3.2. Evaluar la influencia del tiempo de germinación con respecto a las propiedades nutricionales (composición química proximal, aminoácido) del germinado de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) variedad pasankalla roja.....	36
3.2.1. Análisis proximal de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) sin germinar y germinada variedad pasankalla roja.	36
3.2.2. Análisis de perfil aminoácido de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) sin germinar y germinada variedad pasankalla roja.	37
3.2.3. Análisis de microscopía de barrido electrónico.....	39
CONCLUSIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1	El contenido mineral promedio detectado en 10 variedades de quinua	14
Tabla 2	Contenido de aminoácidos de quinua en comparación con otros granos (mg de aminoácidos/ 16 g de nitrógeno).	20
Tabla 3	Composición de aminoácidos de los granos de quinua, soya y trigo (mg/g proteína)	21
Tabla 4	Contenido de proteína con respecto al tiempo de germinación	24
Tabla 5	Matriz de diseño experimental	32
Tabla 6	Tamaño de la radícula (cm) en función a los tratamientos.	35
Tabla 7	Composición proximal de la quinua sin germinar y germinada.	37
Tabla 8	Resultados del perfil de aminoácidos mg/100 gr de quinua pasankalla roja sin germinar y germinado.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Estructura general de una saponina. Se indica el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucósido.	13
Figura 2	Estructura de la β -amirina, esqueleto base de las saponinas identificadas en la <i>Chenopodium quinoa</i> .	13
Figura 3	Estructuras de agliconas de saponinas elucidadas en quinua. Agliconas: i- ácido oleanólico; ii- hederagenina; iii- ácido 3β , 23, 30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico; iv- gipsogenina; v- ácido 3β -hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico; vi- ácido espergulagénico; vii- ácido serjanico; viii- ácido fitolacagénico.	14
Figura 4	SEM que muestran agregados en perisperma de quinua (A) y gránulos de almidón (B).	18
Figura 5	Sección longitudinal medial de la semilla de quinua que muestra el pericarpio (PE), recubrimiento de la semilla (SC), eje del hipocotíleo radical (H), cotelydons (C), endospermo (EN), radícula (R), funículo (F), y perispermo (P).	19
Figura 6	Proceso de limpieza de la quinua	27
Figura 7	Proceso de lavado de la quinua.	28
Figura 8	Flujograma: parámetros del proceso a experimentar	30
Figura 9	Tiempo de remojo (imbibición) de los granos de quinua (h) respecto al peso (g).	34
Figura 10	Interacción del tamaño de la radícula en función a la temperatura, tiempo de remojo y días de germinado.	35
Figura 11	Imágenes por la técnica SEM de la quinua germinada.	39
Figura 12	Mapeo por la técnica SEM de la quinua germinada	40

RESUMEN

La creciente población mundial demanda cada vez mayor cantidad de alimentos inocuos y nutritivos; para mejorar las características beneficiosas de los alimentos, se ha prestado especial atención en los últimos años a los productos germinados, que es una alternativa para mejorar la calidad nutricional, siendo el objetivo evaluar las propiedades nutricionales del germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de la variedad pasankalla roja, para ello se evaluó la influencia de la temperatura (24 y 30°C), tiempo de remojo (8 y 12 horas) y tiempo de germinación (1, 2, y 3 días) con respecto a las propiedades nutricionales (composición química proximal y contenido de aminoácidos), utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2*2*3. Los parámetros óptimos de germinación fueron 8 horas de remojo, a una temperatura de 24°C, durante un tiempo de germinación de 2 días a una humedad de 45%. El contenido de proteínas se incrementó de 12.6% (sin germinar) a 13.9% (germinado), que representa un incremento de 1.3%. También se observó cambios significativos en el perfil aminoacídico de la quinua germinada que tiene un incremento significativo en comparación con la quinua sin germinar, predominando entre los aminoácidos, el contenido de la lisina (113.8 mg a 163.6 mg) y metionina (9.2 mg a 12.9 mg), que son deficientes en los cereales, que tienen una similitud en sus valores presentes en la carne (proteína animal), por lo que es una alternativa de sustitución de fuentes proteicas como la carne, que puede ser utilizada en las formulaciones de las matrices alimenticias.

Palabra clave: aminoácidos, germinado, quinua, y proteínas.

ABSTRACT

The growing world population demands an increasing amount of safe and nutritious food to improve the beneficial characteristics of food, special attention has been given in recent years to sprouted products which is an alternative to improve nutritional quality, the objective being to evaluate the nutritional properties of quinoa sprouts (*Chenopodium quinoa Willd*) of the red pasakalla variety, for this purpose the influence of temperature (24 and 30 ° C), soaking time (8 and 12 hours) and germination time were evaluated (1, 2, and 3 days) with respect to nutritional properties, proximal chemical composition, amino acid content, using a completely random design (DCA) with factorial arrangement 2 * 2 * 3. The optimum germination parameters were 8 hours of soaking, at a temperature of 24 ° C, during a germination time of 2 days at a humidity of 45%. Protein content increased from 12.6% (without germination) to 13.9% (germinated), which represents an increase of 1.3%. Significant changes were also observed in the amino acid profile of the germinated quinoa which has a significant increase compared to the non-germinated quinoa, predominantly the amino acids lysine from 113.8 mg to 163.6 mg and methionine from 9.2 mg to 12.9 mg, which are deficient in cereals, which have a similarity in their values present in meat (animal protein), so it is an alternative to substitute protein sources such as meat and that can be used in food preparations.

Keyword: amino acids, sprouts, quinoa, and proteins.

INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial demanda cada vez mayor cantidad de alimentos inocuos y nutritivos, es así que el seguimiento hacia un mundo libre de hambre y malnutrición en toda su forma (FAO, 2018), toma un rol importante en la erradicación de la inseguridad alimentaria y la desnutrición; por ello se ha fomentado diversas técnicas como la germinación (Corominas & Torres, 2000).

La germinación controlada de semillas hoy en día se ha utilizado para mejorar el valor nutricional de diferentes especies para el consumo humano, como la quinua, cebada, entre otros, además de reducir los factores antinutricionales (Pachari Vera, Alca, Rondón Saravia, Callejas Campioni, & Jachmanián Alpuy, 2019); siendo un proceso de transformación que comienza con la imbibición de la semilla y termina cuando la radícula emerge a través de la cubierta de la semilla (Galotta et al., 2019) produciéndose varias reacciones químico - fermentativas sintetizando gran cantidad de enzimas, vitaminas y desdoblado minerales convirtiéndolos en bio-disponibles - asimilables. Así se reportado aumento de ácidos grasos poliinsaturados (Pachari Vera et al., 2019), proteínas (aminoácidos) debido a que las proteasas permiten la movilización de proteínas de almacenamiento durante la germinación de las semillas (Galotta et al., 2019).

Así la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es un pseudocereal tradicionalmente consumido por las culturas andinas atrayendo la atención en todo el mundo como un alimento funcional debido a sus propiedades nutricionales y biológicas que ejercen efectos beneficiosos sobre la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017) generando demanda en el mercado nacional e internacional (Cancino-espinoza, Vázquez-rowe, & Quispe, 2018), por que ha tomado una posición de excelencia nutricional, en comparación con otros cereales más comúnmente consumidos, por lo que representa una materia prima prometedora para muchos usos en la industria alimentaria (Pereira et al., 2019) y siendo una alternativa la germinación de las semillas de quinua para mejorar el valor nutricional, por lo que es importante estudiar el efecto de los parámetros en el momento de germinación sobre los aspectos nutricionales de las semillas de la quinua. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades nutricionales del germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la variedad pasankalla roja. Respondiendo a la siguiente pregunta:

- ¿En qué medida el proceso de germinado influyen sobre las propiedades nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad pasankalla roja?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Evaluar el proceso de germinado con respecto a las propiedades nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada variedad pasankalla roja.

Objetivos específicos.

- Evaluar la influencia de la temperatura, tiempo de remojo y tiempo de germinación durante el germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad pasankalla roja.
- Evaluar el tiempo de germinación con respecto a las propiedades nutricionales (composición químico proximal, aminoácido) del germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad pasankalla roja.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES SOBRE LA QUINUA.

La *Chenopodium quinoa* es un pseudocereal (Arendt & Zannini, 2013) importante que se originó en América del Sur, y pertenece a la familia Chenopodiaceae, que es un alimento demandado debido a su alto valor nutricional y contenido proteico, constituyéndose en un alimento de calidad para la salud y la seguridad alimentaria de las actuales y futuras generaciones (Riego, 2013). La producción de quinua fue de 45.782 toneladas en Bolivia, 800 toneladas en el Ecuador y 44.213 toneladas en el Perú (Jan, Panesar, Rana, & Singh, 2017); en particular, el cultivo de la quinua orgánica ha crecido sustancialmente en los últimos años, demandado por el mercado externo (Cancino-espinoza, Vázquez-rowe, & Quispe, 2018), que generó aumento exógeno en los precios de la quinua impulsado por la demanda internacional (Stevens, 2017); ante las consecuencias del cambio climático, como el aumento de la sequía y la salinización de los suelos, la especie *Chenopodium quinoa* puede ser un cultivo alternativo debido a su alta tolerancia a estas condiciones (Miranda-Apodaca, Yoldi-Achalandabaso, Aguirresarobe, del Canto, & Pérez-López, 2018).

Así también en la quinua se tiene presente las saponinas que son un tipo de metabolito secundario de triterpénicas, contenidas en las flores, los tallos, los frutos y los granos, con mayor prevalencia en la cáscara. A la fecha, se han identificado alrededor de 30 saponinas derivadas de la hederagenina y de los ácidos oleanólico, fitolacagénico y serjanico en la planta. El consumo del grano de quinua implica la remoción de la saponina a fin de reducir el sabor amargo (Ahumada, Ortega, Chito, & Benítez, 2016).

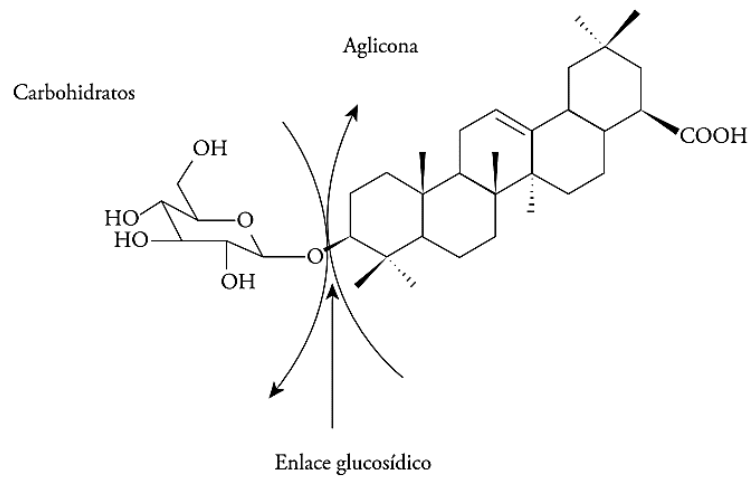


Figura 1. Estructura general de una saponina, se indica el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucósido

Fuente: Ahumada, Ortega, Chito, & Benítez, (2016)

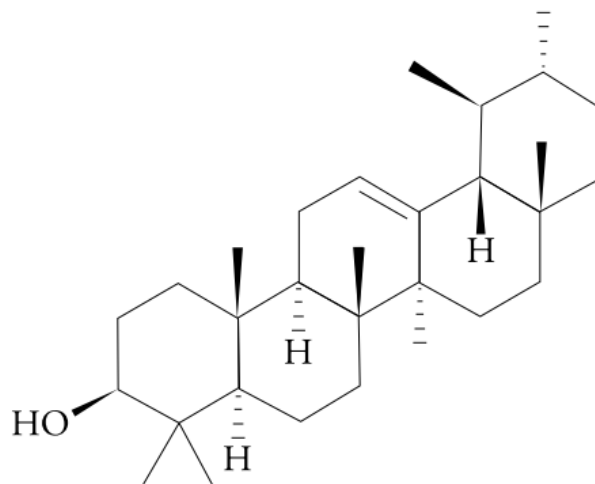


Figura 2. Estructura de la β -amirina, esqueleto base de las saponinas identificadas en la *Chenopodium quinoa*

Fuente: Ahumada, Ortega, Chito, & Benítez, (2016).

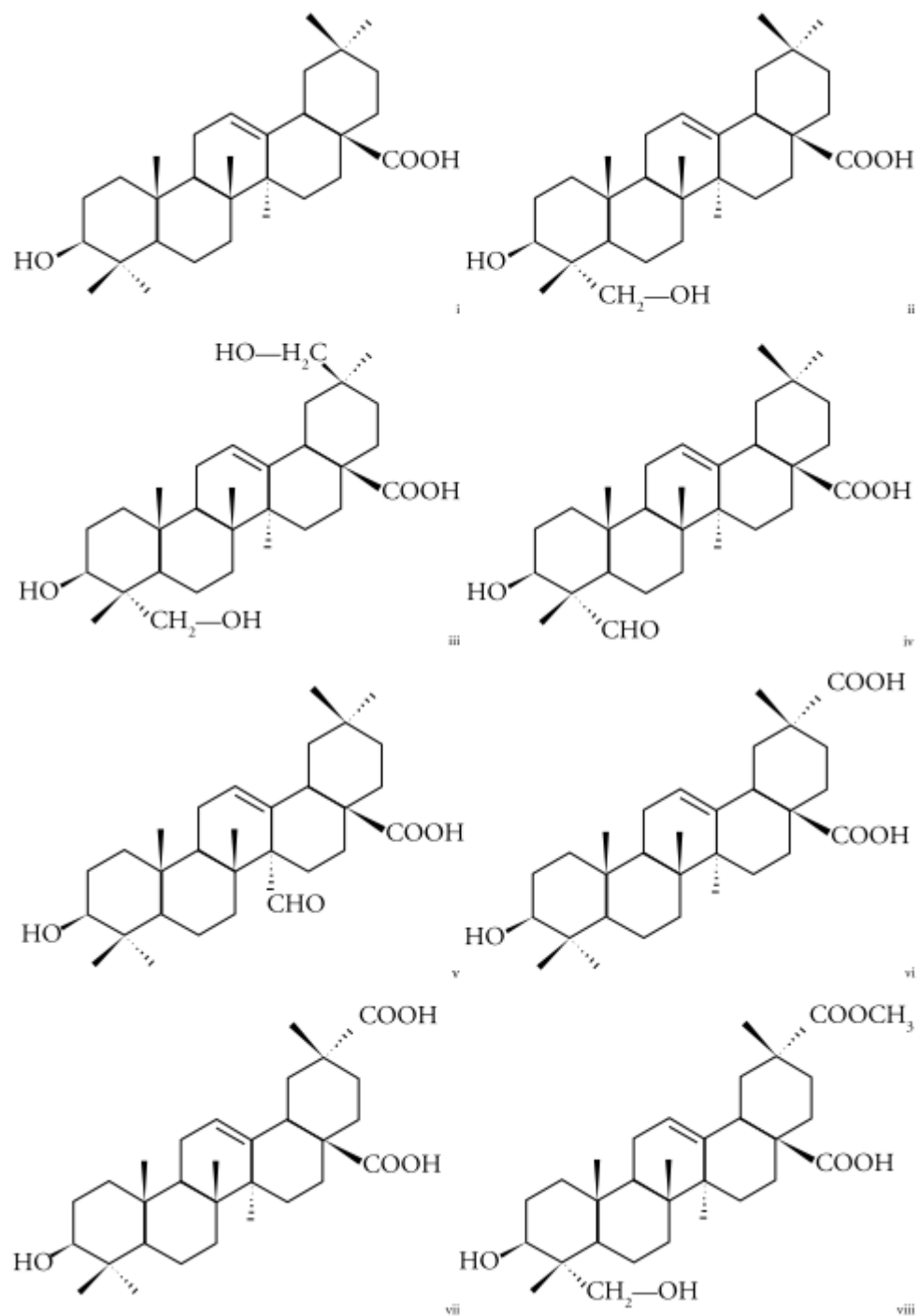


Figura 3. Estructuras de agliconas de saponinas elucidadas en quinua. Agliconas: i- ácido oleanóli- co; ii- hederagenina; iii- ácido 3 β ,23,30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico; iv- gipsogenina; v- ácido 3 β -hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico; vi- ácido espergulagénico; vii- ácido serjanico; viii- ácido fitolacagénico. Fuente: A. Mroczek, (2015).

Así también la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) contiene altos niveles de fitoesteroides biológicamente activos, que han sido implicados en la

defensa de plantas a partir de insectos, y han mostrado una gama de efectos farmacológicos beneficiosos en mamíferos (Graf et al., 2014).

Por otro lado se le está dando importancia potencial a las hojas de *Chenopodium quinoa* por su contenido fenólico, sobre las propiedades de las células cancerosas y la estimación de su actividad antioxidante, bioaccesibilidad y biodisponibilidad in vitro (Gawlik-Dziki et al., 2013).

1.2. VARIETADES DE QUINUA

Según Apaza, Cáceres, Estrada, & Pinedo, (2013), las variedades de quinua más comerciales en el Perú son:

a. INIA 431 – ALTIPLANO

Se adapta en zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano puneño entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco frío, precipitación pluvial de 400 a 560 mm, con temperaturas de 6° a 17°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7,8; actualmente se cultiva en costa. Su consumo tradicional en sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; en agroindustria como perlada, laminada, molienda, fideos. Color de la panoja en la madurez fisiológica es blanca.

b. INIA 427 - AMARILLA SACACA

Adaptación óptima en los pisos de valles interandinos de las regiones Cusco y Apurímac, entre los 2750 y 3650 msnm. Sus principales usos son: consumo tradicional (Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y Agroindustria (expandida, perlada, laminada, molienda). Color de la panoja en la madurez fisiológica es anaranjada.

c. INIA 420 - NEGRA COLLANA

Se adapta a la zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos y a la costa peruana. Sus principales usos son: consumo tradicional (sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y agroindustria (perlada, laminada, molienda, expandida, extruida, tostada). Color del episperma es negro brillante.

d. INIA 415 – PASANKALLA

Se liberó en la región Puno, 2006, se adapta a la zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y en costa entre los 640 y 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura franco arenoso. Sus principales usos son: consumo tradicional (sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres, panecillos (k'ispiño) y bebidas) y en agroindustria (expandida, perlada, laminada, molienda, extruida). Color del pericarpio es plomo claro y color del episperma es vino oscuro. Contenido de saponina de 0,00 %.

e. ILLPA INIA

Se liberó en la región Puno en el año 1997. Se adapta a la zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 a 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. Sus principales usos son: consumo tradicional (sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y agroindustria (perlada, laminada, molienda, fideos, saponina, sémola). Color del pericarpio es crema.

f. SALCEDO INIA

Se liberó en la región Puno en el año 1995. Se adapta en el Altiplano en la zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco frío, precipitación pluvial de 400 a 560 mm, con temperaturas de 6° a 17°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7,8. Valles interandinos y costa de 640 a 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura arenosa. Sus principales usos son: consumo tradicional (sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y agroindustria (Perlada, laminada, molienda, fideos).

g. BLANCA DE JULI

Se liberó en la región Puno en el año 1974. Se adapta en Zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco, franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. Sus

principales usos son: consumo tradicional (Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y agroindustria (Perlada, laminado, molienda, fideos).

h. KANKOLLA

Se liberó en la región Puno en el año 1975. Se adapta en el Zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. Sus principales usos son: consumo tradicional (sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y agroindustria: perlada, laminada, molienda, fideos, saponina. Color del perigonio es rojo claro y color del pericarpio es crema.

i. QUILLAHUAMAN INIA

Se liberó en la región Cusco en el año 1990. Se adapta en los pisos de valles interandinos de las regiones de Cusco y Apurímac, hasta los 3500 msnm. Sus principales usos son: consumo tradicional (sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas) y agroindustria (expandida, perlada, laminada, molienda).

Entonces tenemos granos blancos, negros, amarillos, rojo-violetas. La descripción reciente del betacianina en variedades rojo violeta se analiza fin de detectar la presencia de amarantina. Los granos amarillo-naranja se caracterizan por tener hasta cuatro betaxantinas diferentes, que son responsables de esta coloración.

1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE LA QUINUA.

El almidón es el principal componente del grano de quinua y constituye hasta el 70% de la materia seca (Li & Zhu, 2018), y actualmente se muestra un mayor interés en este tipo de almidón debido a sus gránulos microcristalinos y la baja viscosidad de retroceso de los almidones, sugiere que pueden ser utilizados de manera rentable en alimentos congelados y refrigerados (Jan et al., 2017), con contenidos de amilosa relativamente menores en comparación con la mayoría de los otros almidones (Li & Zhu, 2018), siendo una alternativa de extracción y comercialización (Pumacahua-ramos, Limaylla-guerrero, & Telis-rome-, 2017).

Los granos de almidón ocupan las células del perispermo, mientras que los cuerpos lipídicos, proteicos con cristales globoides de fitina y los proplastidos con depósitos de fitoferritina son los componentes de almacenamiento del endosperma y los tejidos del embrión (Abugoch James et al., 2009).

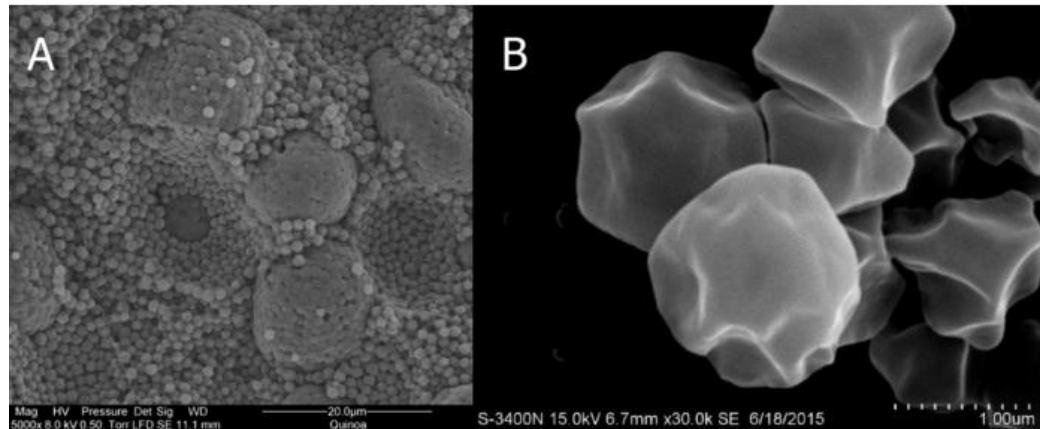


Figura 4. SEM que muestran agregados en perisperma de quinua (A) y gránulos de almidón (B).

Fuente: Li & Zhu, (2018).

La quinua es consumido por su alto valor proteico de buena calidad (Abugoch James et al., 2009) y actualmente la separación y recuperación de proteínas de acuerdo con su peso molecular es de interés para la industria, por ello se desarrolla técnicas como la ultrafiltración, su eficiencia de este proceso puede controlarse mediante el control de los parámetros operacionales, siendo el pH la variable crítica que pueden afectar la estructura y la funcionalidad (características fisicoquímicas y conformacionales de las proteínas) de las proteínas en el producto final (Navarro-Lisboa et al., 2017) formadas principalmente de globulinas (García-Salcedo, Torres-Vargas, & Ariza-Calderón, 2016).

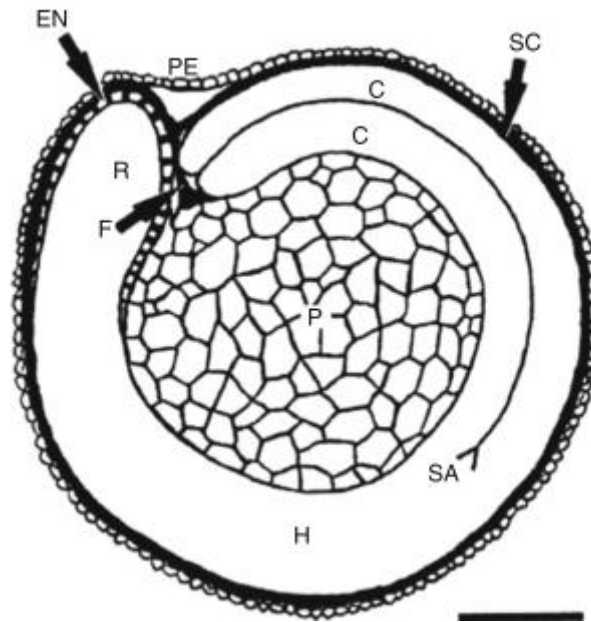


Figura 5: Sección longitudinal medial de la semilla de quinua que muestra el pericarpio (PE), recubrimiento de la semilla (SC), eje del hipocotíleo radical (H), cotelydons (C), endospermo (EN), radícula (R), funículo (F), y perispermo (P).

Fuente: Abugoch James et al., (2009).

Tabla 1. El contenido mineral promedio detectado en variedades de quinua.

Mineral	Promedio (mg/Kg)
Sodio	35.1
Hierro	78.9
Aluminio	95.4
Calcio	707.9
Magnesio	1384.6
Fosforo	2670.2
Potasio	9796.6

Fuente: Agropecuaria-INTA, (2013).

Por otro lado la quinua contiene proporción de ácido galacturónico, monosacáridos de glucosa mostrando citotoxicidad contra las células cancerosas (Hu et al., 2017), D-xilosa, maltosa y fructosa, por lo que es un ingrediente útil en formulaciones de bebidas malteadas (Arendt & Zannini,

2013). También contiene vitaminas como niacina, ácido fólico, vitaminas A, B2, y vitamina E; minerales como Ca, Fe, Zn, Cu, Mn (Arendt & Zannini, 2013) y fósforo, también contiene lípidos como el ácido oleico, ácido linoleico, ácido α -linolénico y ácido palmítico (Alpala, Marounek, Břeňová, & Lukešova, 2013).

1.4. AMINOÁCIDOS DE LA QUINUA

Los aminoácidos esenciales de la quinua son la arginina, leucina, fenilalanina, lisina y valina, y tirosina (Alpala et al., 2013); se muestra a continuación el perfil aminoácido del grano de la quinua.

Tabla 2. Contenido de aminoácidos de quinua en comparación con otros granos (mg de aminoácidos/ 16 g de nitrógeno).

	Quinua	Kañihua	Kiwicha	Arroz	Trigo
Ácido aspártico	7.8	7.9	7.4	8.0	4.7
Treonina	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9
Serina	3.9	3.9	5.0	4.5	4.6
Ácido glutámico	13.2	13.6	15.6	16.9	31.3
Prolina	3.4	3.2	3.4	4.0	10.4
Glicina	5.0	5.2	7.4	4.1	6.1
Alanina	4.1	4.1	3.6	5.2	3.5
Valina	4.2	4.2	3.8	5.1	4.6
Isoleucina	3.4	3.4	3.2	3.5	4.3
Leucina	6.1	6.1	5.4	7.5	6.7
Tirosina	2.5	2.3	2.7	2.6	3.7
Fenilalanina	3.7	3.7	3.7	4.8	4.9
Lisina	5.6	5.3	6.0	3.2	2.8
Histidina	2.7	2.7	2.4	2.2	2.0
Arginina	8.1	8.3	8.2	6.3	4.8
Metionina	3.1	3.0	3.8	3.6	1.3
Cistina	1.7	1.6	2.3	2.5	2.2
Triptófano	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2
% N del grano	2.05	2.51	2.15	1.52	2.24
% proteína	12.8	15.7	13.4	9.5	14.0

Fuente: Repo – Carrasco (1992).

Tabla 3. Composición de aminoácidos de los granos de quinua, soya y trigo duro (mg/g proteína)

Aminoácidos	Grano de quinua	Soya	Trigo duro
Arginina	77.3	69.5	83.4
Acido aspártico	80.3	136.3	94
Cisteína	14.4	12.1	20.5
Glicina	49.2	38.6	45.5
Ácido glutámico	132.1	151	195.1
Histidina	28.8	26.7	23.5
Isoleucina	35.7	44.5	43.2
Leucina	59.5	72	82.8
Lisina	54.2	57.8	36.2
Metionina	21.8	10.6	23.5
Fenilalanina	42	49.2	53.5
Serina	40.2	50	52.6
Treonina	29.8	38.6	35.8
Triptófano	11.8	12.2	11.5
Tirosina	18.9	36.2	33.4
Valina	42.1	47.6	61.1
Alanina	41.6	42.2	58

Fuente: Abugoch James et al.,(2009)

1.5. PROCESO DE GERMINACIÓN DE LA QUINUA.

Antes de la germinación, las semillas se encuentran en una fase de mantenimiento que se caracteriza como dormancia impuesta por el ácido abscísico (ABA) y giberelinas (AG) (Penfield, 2017), que son las fitohormonas primarias (Shu, Liu, Xie, & He, 2016), bloqueadores, metabólicos que dificultan la transición hacia la germinación (Lissy Rosabal Ayan, 2014).

El proceso de germinación incluye cambios morfológicos (crecimiento de radícula) y fisiológicos (degradación de la pared celular, degradación de proteínas y almidón, formación y liberación de enzimas) del grano (Lissy Rosabal Ayan, 2014).

La germinación de semillas empieza con la toma de agua por la semilla (imbibición) y finaliza con el inicio de la elongación del eje embrionario, principalmente la radícula, donde el agua es esencial para la activación enzimática, translocación y uso del material de reserva de las semillas (Hídrico et al., 2014); un aumento del índice de absorción de agua en la germinación podría atribuirse a un aumento en el contenido de proteína y al cambio en la calidad de la proteína tras la germinación y también a la descomposición de las moléculas de polisacáridos (Chauhan, Saxena, & Singh, 2015).

El grado de germinación está influenciado por factores intrínsecos y extrínsecos (Strenske, Vasconcelos, Egewarth, Herzog, & Malavasi, 2017). Los factores que influyen para la germinación como volumen, luz, tiempo de imbibición, tamaño de las semillas, varían conforme a la especie de semilla elegida (Palacios & Palacios, 2000).

Así mismo debemos tener en cuenta el uso o no de desinfectantes, tipo de sustrato, tiempo de germinación y temperatura de germinación (Chaparro & , Remigio Y. Pismag, 2010), también la iluminación causa cambios en el perfil fenólico que se traducen en una mejora significativa del potencial antioxidante de los alimentos germinados (Świeca, Gawlik-Dziki, Kowalczyk, & Złotek, 2012), entre estos compuestos, los arabinoxilanos son una fuente importante de fibra, mientras que los compuestos fenólicos proporcionan una fuerte actividad antioxidante. Además, al germinar las concentraciones de estos antioxidantes aumentan (Donkor, Stojanovska, Ginn, Ashton, & Vasiljevic, 2012); por otro lado el parámetro de muchas semillas de vegetales y flores tienen sus temperaturas óptimas para la germinación alrededor de 15-30 ° C. (M. Nonogaki & Nonogaki, 2016); Por último hay que tener en cuenta la humedad relativa, oxígeno y la acción de hongos y bacterias (Strenske et al., 2017).

Los procesos (germinación e imbibición) pueden ser separados fisiológicamente. (Palacios, 2000). Así la germinación produce, más poros en la superficie del gránulo, una mayor proporción de cadenas de ramas cortas (DP 6-12) en la amilopectina (C. Li, Oh, Lee, Baik, & Chung, 2017).

Las enzimas desempeñan un papel importante en la síntesis y posterior removilización de polisacáridos, paredes celulares, almidón, y proteínas durante la germinación (D.J. Mares, 2016); Sin germinación, las semillas no pueden producir una cantidad suficiente de enzimas que es necesaria para la producción de azúcares GA y amilasas (M. Nonogaki & Nonogaki, 2016), por ejemplo las proteasas que participan en la proteólisis de proteínas almacenadas en el mesófilo de cotiledones de plantas dicotiledóneas, en el endospermo de cereales (Hídrico et al., 2014); y la disminución de los carbohidratos en los granos germinados se puede atribuir al aumento en la actividad del alfa-amilasa, que descompone los carbohidratos complejos en azúcares más simples y más absorbibles. (Chauhan et al., 2015).

Asumiendo que no existen mecanismos de latencia que impidan germinación; entre los factores que influyen son:

- Absorción de agua
- Temperatura
- Presión hidrostática
- Área de la semilla en contacto con agua
- Fuerzas intermoleculares
- Diferencias entre especies
- Absorción diferencial por órganos de la semilla.

por lo que el proceso de germinación de la quinua genera cambios en su composición nutricional que permite determinar incrementos en el contenido de agua, proteína, lípidos y cenizas (Chaparro, Pismag, & Elizalde, 2011).

1.6. PARÁMETROS ÓPTIMOS DE GERMINACIÓN DE LA QUINUA.

Los parámetros para inducir el incremento proteico a través de la germinación, se da a una temperatura de 30°C, y dos (02) días de germinación, según se indica en la Tabla 4 (Chaparro et al., 2011).

Tabla 4. Contenido de proteína con respecto al tiempo de germinación

Tiempo de germinación (días)	Quinoa	Soya
0	14.76 +/- 0.09	37.71 +/-0.17
1	14.15 +/- 1.07	38.82 +/- 1.07
2	14.77 +/- 0.07	39,97 +/- 0.51
3	14.68+/- 0.44	38.73 +/- 0.97

Fuente: Chaparro et al., (2011).

1.7. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DURANTE EL PROCESO DE GERMINACIÓN DE PRODUCTOS PARA SU CONSUMO.

Su importancia radica porque el agua sirve de vehículo para sustancias reaccionantes como los sistemas enzima-sustrato, además de ser clave en el desarrollo de los microorganismos, que son principales agentes del deterioro de los alimentos; por lo que es importante tomar en cuenta los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos del agua, debido que cuando el agua no tiene las características apropiadas, puede traer graves consecuencias como: reducir las propiedades organolépticas de alimentos, reducir el valor nutritivo, causar reacciones químicas no deseadas en el alimento, transmitir alguna infección gastrointestinal, entre otros (Badui Dergal, 2006).

A razón de ello, si el agua está en contacto directo con los alimentos primeramente debe tener excelente calidad microbiológica, y los valores fisicoquímico deben de estar dentro de los límites máximos permisibles (LMP), conforme al reglamento de la calidad de agua para consumo humano, aprobado mediante DS N° 031-2010-SA./ Ministerio de salud (Anexo 01).

1.8. USOS DE LA QUÍNUA GERMINADA.

Se usa en la elaboración de pastas, adicionando 20 g / 100 g de la harina de quinua germinada, que mejora de las características nutricionales de la pasta sin comprometer la calidad tecnológica y sensorial, aumentando la tenacidad y elasticidad y mostrando mayor digestibilidad de las proteína (Lorusso et al., 2017).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. **Ámbito de estudio**

El estudio de la evaluación de las propiedades nutricionales del germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad pasankalla roja, se realizó en dos etapas:

ETAPA I: El proceso de germinación de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad pasankalla roja, se realizó en el laboratorio de química de la Universidad Nacional de Juliaca.

ETAPA II: Para la realización de la evaluación de las propiedades nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) sin germinar y germinada variedad pasankalla roja, se realizó diversos análisis, como se detalla a continuación:

- Análisis proximal: Universidad Nacional de Juliaca, Universidad Nacional de Juliaca.
- Análisis de aminoácidos: Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.
- Análisis en microscopio de barrido: Universidad Nacional del Altiplano.

2.2. **Unidad de análisis**

La unidad experimental básica de esta investigación es quinua var. pasankalla roja obtenida del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA-Puno. El muestreo fue por cuarteo, a fin de obtener una representación.

2.3. MATERIALES Y EQUIPOS

2.3.1. Material biológico

- Quinoa var. pasankalla roja

2.3.2. Materiales, reactivos de laboratorio y otros

- Lunas de reloj.
- Pipetas (10 mL, 20 mL).
- Probetas (100 mL, 250 mL).
- Crisoles.
- Cubetas de germinación de polietileno de 22 X 12 cm.
- Termohidrometro.
- Vasos precipitados (100 mL, 250 mL).
- Buffer de monofostato de sodio pH 7,8.
- Acetonitrilo 45%.
- Metanol grado HPLC.
- Agua grado HPLC.
- Columna Agilent-Zorbax Resolution 4.6 x 75 mm, 3.5 um.
- Guantes de nitrilo.
- Barbijos.
- Mandiles.

2.3.3. Equipos

- Mallas de poliéster.
- Incubadora incucell (Interface RS-232 para impresora o comunicación con PC).
- Estereoscopio binocular eléctrico marca Carl Zeiss.
- Balanza analítica digital (0,0001 g o 0,1 mg).
- Estufa marca Memmert tipo 500 con termostatos y termómetro incorporado.
- Equipo de digestión y destilación micro –Kjeldahl.
- Equipo Soxhlet para determinar la cantidad de grasa.
- Mufla (marca eléctrico R-3L, 1100 °C, J.P. Selecta).
- Cromatografía líquido (marca Agilent).

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. PROCESO DE GERMINADO DE LA QUINUA

La materia prima se adquirió del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA-Puno, con la finalidad de garantizar la germinación mayor a 90 %, pues los granos almacenados por prolongados tiempo, limitan su brote y un grado de calidad óptima (Anexo 2, 3 y 4).

Para el proceso de germinado, se consideró las siguientes operaciones unitarias, que se detallan a continuación, tomando en consideración la metodología de :

Capacidad de germinación: que consistió en someter los granos a condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo:

Limpieza: Se realizó en forma manual, se eliminan impurezas, piedras, pajas, insectos, empleando una malla metálica con abertura inferior al diámetro de los granos.



Figura 6. Proceso de limpieza de la quinoa

Lavado: consistió en friccionar los granos entre las manos y lavando hasta que no forme espuma. Al ser un grano dulce el contenido de saponina fue 0,044 %.



Figura 7. Proceso de lavado de la quinua.

Remojo: Se realizó con agua destilada, determinando la cantidad de agua a emplear de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q_{agua} = \left[\frac{100 - H_i}{100 - H_f} - 1 \right] * \text{Cantidad de muestra en gramos}$$

Donde:

H_i = Humedad inicial de la muestra

H_f = humedad final de la muestra.

Q = cantidad de agua.

La humedad requerida para el proceso de germinación fue de 45%, a una temperatura de 24°C y 30°C, el cual fue medido por un termohidrómetro.

Germinado: Esta fase se realizó con los granos húmedos y sobre los granos extendidos se colocó una tela húmeda, lo que permitió mantener la humedad superficial y facilitar una germinación uniforme.

El tiempo de germinación, es determinado por:

- Transformaciones bioquímicas, en donde las amilasas se convierten el almidón en azúcares sencillos y por lo tanto se observa su reducción.
- Crecimiento de la radícula.

Secado: Es el que paraliza la germinación, por lo que fue realizado mediante una estufa, donde los granos germinados fueron sometidos a temperatura de 40 +/- 3°C por un tiempo de 24 horas, hasta obtener una humedad constante.

2.4.2. Evaluación de la influencia de la temperatura, tiempo de remojo y tiempo de germinación durante el germinado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad pasankalla roja.

Las pruebas de germinación fueron realizadas bajo normas internacionales para análisis de semillas, establecidas por la International Seed Testing Association (ISTA, 2010) y las normas para bancos de genes (FAO/IPGRI, 1994). El método utilizado fue el método sobre papel en placas Petri, donde las semillas fueron dispuestas sobre papel filtro humedecido con agua destilada, previamente esterilizada para prevenir daños por hongos en tres repeticiones de 100 semillas cada una y posteriormente fueron incubadas al interior de una cámara de germinación, con 45 % de humedad relativa, conforme el diseño experimental (Figura 8).

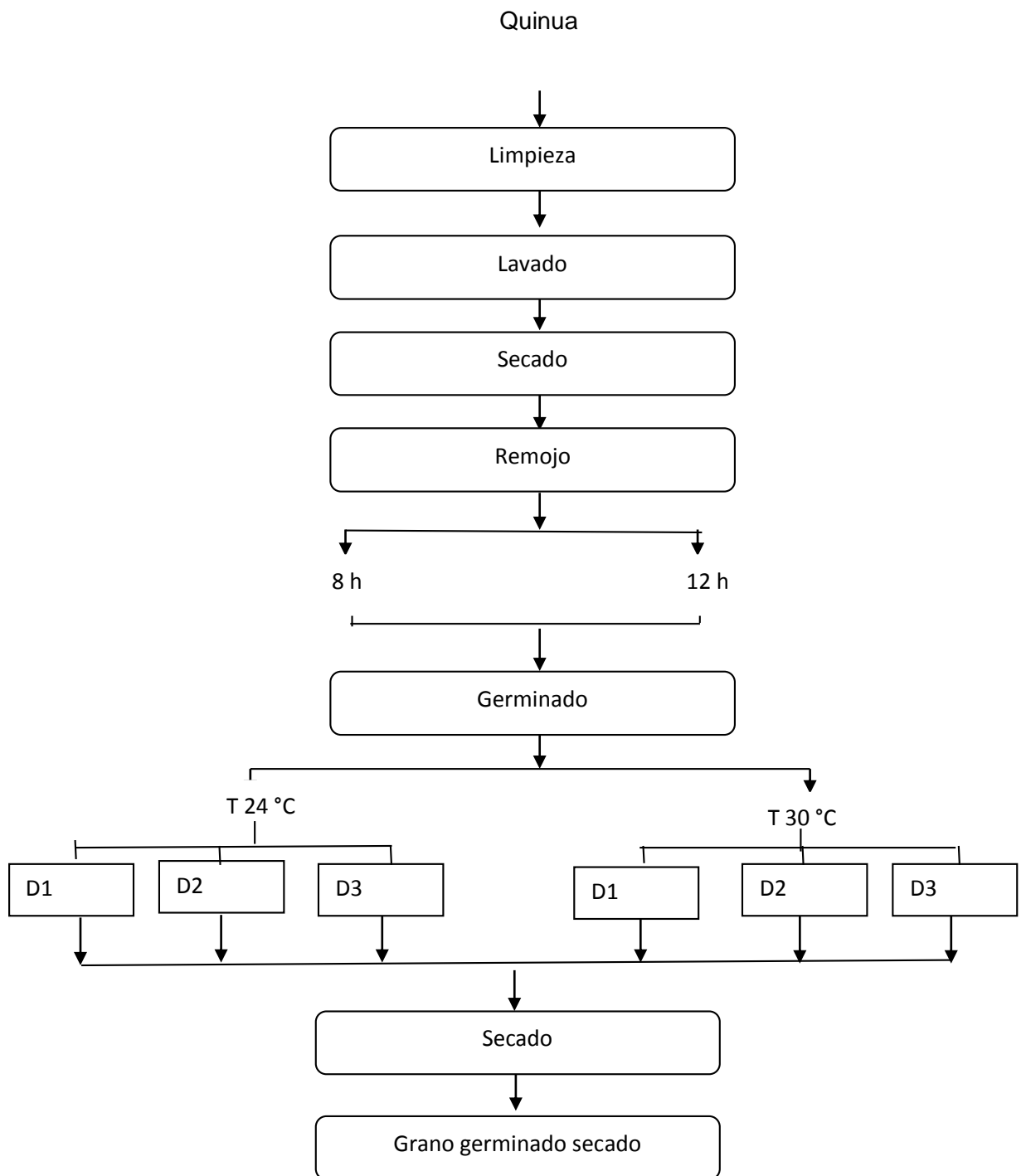


Figura 8. Flujograma: parámetros del proceso a experimentar.

Leyenda:

D = día

T = temperatura

2.4.3. PROCESO DE EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA QUINUA (*Chenopodium Quinoa Willd*) SIN GERMINAR Y GERMINADA VARIEDAD PASANKALLA ROJA.

Para la evaluación del análisis químico proximal, se realizó mediante las siguientes técnicas:

Humedad técnica usada AOAC Internacional 925.19/05.

Cenizas técnica usada AOAC Internacional 940.26/05.

Lípidos técnica usada AOAC Internacional 960.39/95.

Fibra técnica usada AOAC Internacional 962.09/05.

Proteína se realizaron según el método de la ISO 1871 (1871- International standard, 2009).

Caracterización estructural

Para ello se observó en un microscopio electrónico de barrido (SEM) de 300 y 3.000 de aumento para la muestra de quinua germinada que tiene mayor porcentaje de proteínas.

Análisis de perfil de aminoácidos

Para el análisis se pesaron 0.2 g de muestra proteica, posteriormente se hidrolizaron según la norma AOAC 994.12. Luego, se aforó a 50 mL de cada aislado, de los cuales se inyectaron 5 μ L utilizando una fase móvil de solución buffer de monofostato de sodio pH 7,8 (solvente A) y solución de acetonitrilo 45%, metanol 45 y agua 45% (solvente B), a un flujo de 1.9 mL min⁻¹, utilizando una Columna Agilent-Zorbax rapid resolution 4.6 x 75mm, 3.5 μ m.

2.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) (Figura 8) con arreglo factorial 2*2*3 (Tabla 5). Luego se realizó el análisis de varianza (ANOVA) entre muestras a un nivel de significancia de 5 %.

2.5.1. Variables por objetivos;

Objetivo 1

Variable independiente

- Tiempo de remojo: 8 y 12 horas.
- Temperatura de germinación: 24°C y 30°C
- Tiempo de germinación: 1, 2 y 3 días.

Variable dependiente

- Longitud de la radícula (cm).

Objetivo 2

Variable independiente

- Tiempo de germinación: 1, 2 y 3 días.

Variable dependiente

- Composición proximal
- Análisis de aminoácidos.
- Análisis de microscopia (SEM).

Tabla 5: Matriz de diseño experimental

Tratamientos	Temperatura de fermentación	Horas de remojo	días de germinación
1	24	12	2
2	30	12	2
3	24	8	2
4	24	8	1
5	30	12	1
6	30	8	2
7	30	12	3
8	24	8	3
9	30	8	1
10	24	12	1
11	24	12	3
12	30	8	3

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la influencia de la temperatura, tiempo de remojo y tiempo de germinación durante la germinación de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad pasankalla roja.

Se obtuvo un porcentaje de germinación de 98 % que podría atribuirse a que la quinua fue cosechada en el año 2017, y conservada a temperatura aproximado de 10°C, debido que el uso de frío presenta mejor respuesta en la germinación (Chaparro-Zambrano, Heredia, & Romero, 2018), mientras que se deterioran durante el almacenamiento provocando la insolubilización de la proteína (Castellón, Matiacevich, Buera, & Maldonado, 2010), por lo que es necesario considerar como factor el año de cosecha, temperatura de almacenamiento para realizar este tipo de proceso, a fin de conservar los compuestos bioactivos, como polifenoles, carotenoides, fibra dietética y ácido oleico, todas ellas de importancia para la salud humana (Fischer et al., 2017).

Los factores que se evaluaron durante el proceso de germinación fueron la temperatura (influyente en la velocidad de los procesos bioquímicos) por estar estrechamente relacionados con el deterioro de la semilla, el tiempo de remojo (proceso de imbibición), observando que en las primeras horas se da la mayor tasa de absorción de agua (Figura 9), ocurriendo la absorción inicial de agua como estímulo físico y fisiológico al proceso de germinación y como consecuencia se tiene aumento gradual de la hidratación, por lo que absorbe agua de forma proporcional al tiempo hasta completar su hidratación, que depende del tipo de sustancias de reserva que contengan los cereales (almidones y grupos proteicos); aquellas con endosperma proteico tienen un grado de hidratación mayor que aquellas con contenido amiláceo y que son

convertidos en compuestos básicos y oxidados para apoyar el crecimiento y la elongación del embrión (Taiz & Zeiger, 2006), en caso de la quinua posee alto contenido proteico que convierte en altamente hidratable, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Durante el proceso de germinación se tuvo en cuenta la humedad relativa (por su relación directa con el contenido de agua de las semillas) que fue de 45%, controlado mediante un higrómetro debido a que en los cereales debe penetrar entre el 40 al 60% del peso de la semilla seca.

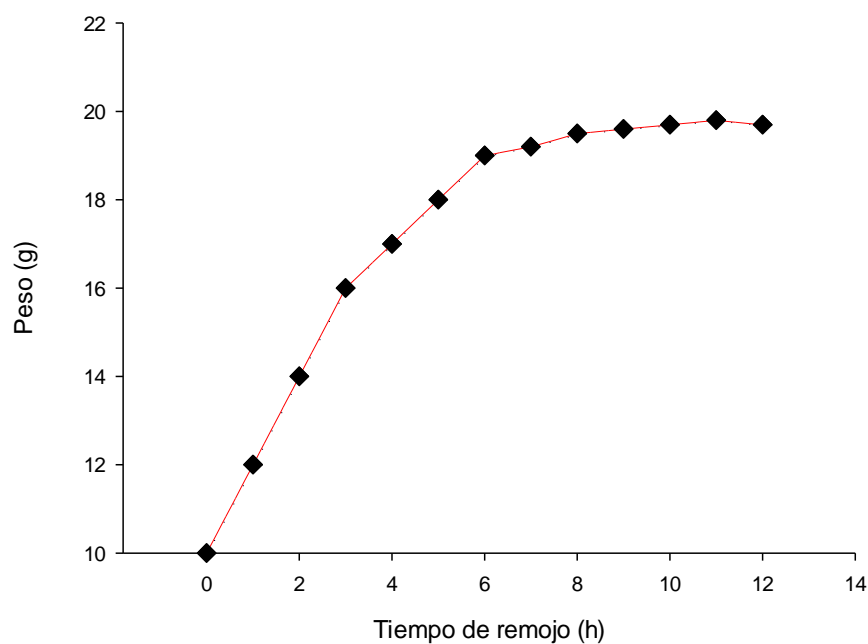


Figura 9: Tiempo de remojo (imbibición) de los granos de quinua (h) respecto al peso (g).

Con respecto al tiempo de germinación, que se refiere a la velocidad de germinación de las semillas de quinua, tiene que ver con las condiciones de temperatura y humedad, permitiendo las mayores semillas germinadas por día.

La temperatura y tiempo de germinación influye en el crecimiento de la radícula (Figura 10), siendo los parámetros óptimos de germinación 8 horas de remojo, a una temperatura de 24°C, durante un tiempo de germinación de 2 días.

Tabla 6: Tamaño de la radícula (cm) en función a los tratamientos.

Tratamientos	Temperatura de fermentación	Horas de remojo	días de germinación	Radícula (cm)
1	30	8	3	0.9
2	<u>24</u>	<u>8</u>	<u>3</u>	<u>3.3</u>
3	24	12	3	2.7
4	<u>24</u>	<u>8</u>	<u>2</u>	<u>2.0</u>
5	30	12	1	0.8
6	30	8	2	0.9
7	30	12	3	0.8
8	30	12	2	0.9
9	24	12	1	1.5
10	<u>24</u>	<u>8</u>	<u>1</u>	<u>1.7</u>
11	30	8	1	0.8
12	24	12	2	1.8

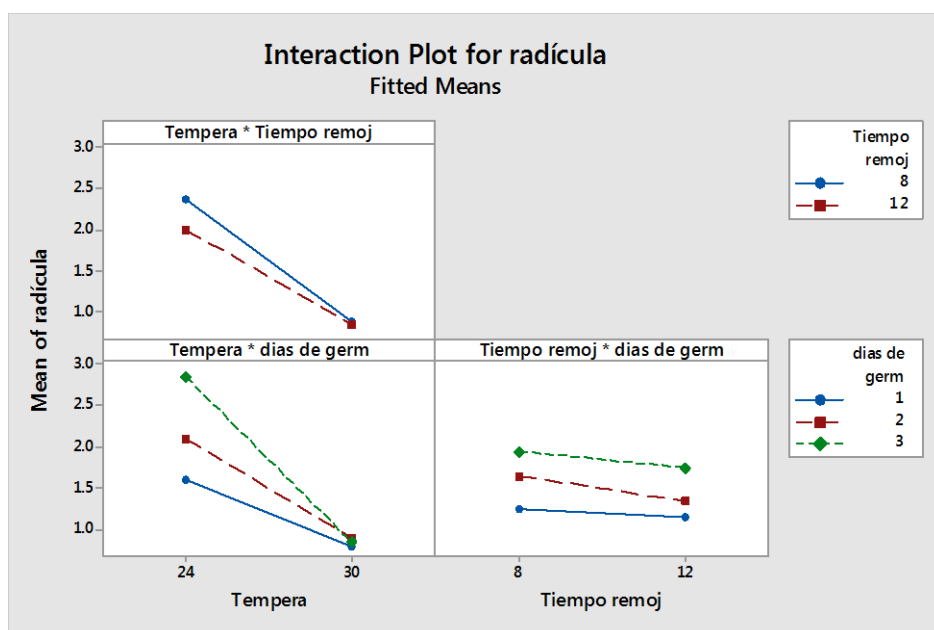


Figura 10: Interacción del tamaño de la radícula en función a la temperatura, tiempo de remojo y días de germinado.

3.2. Evaluación de la influencia del tiempo de germinación con respecto a las propiedades nutricionales (composición químico proximal, aminoácido) del germinado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad pasankalla roja.

3.2.1. Análisis proximal de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) sin germinar y germinada variedad pasankalla roja.

Los resultados se muestran en la Tabla 7 y de acuerdo a la información registrada se encontró que la concentración de la proteína de la quinua sin germinar es de 12.6 %, fue similar a lo reportado por Repo – Carrasco (1992) y los demás componentes, como humedad, grasa, fibra cruda, ceniza y carbohidratos a lo reportado por Vidaurre-Ruiz, Días-rojas, & Mendoza-llamo, (2017) a excepción de fibra cruda. Así también durante el periodo de germinación se ha observado un ligero descenso en la concentración de proteínas en el primer día de germinado, luego un incremento significativo en el segundo día y al tercer día un descenso, debido a que las giberelinas son segregadas por el embrión, logrando el desdoblamiento de nutrientes como almidón, proteínas y grasas mediante enzimas para obtener de esta manera un alimento más digerible, por lo que la germinación de 48 horas es adecuado teniendo en cuenta el contenido de proteínas; debido a que las proteínas son atacadas por las proteasas, desdoblándolas en polipéptidos, péptidos y nitrógeno soluble.

Así el cálculo inicial de la proteína de la quinua sin germinar fue de 12.6%, luego de la germinación de 48 horas fue 13.9%, lo cual representa un incremento de 1.3%, debido a que el nitrógeno proporcionado principalmente por la degradación de las proteínas de almacenamiento (Galotta et al., 2019) que ocasiona un decremento en el almidón, debido a la ocurrencia de la hidrolisis del almidón donde la α -amilasa ataca a los enlaces α -(1,4) de la amilosa y amilopectina, descendiendo el tamaño de las moléculas originales.

Tabla 7. Composición proximal de la quinua sin germinar y germinada.

Proteína (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%)	Humedad (%)
12.6	-/-0.39	/- 0.31	.15	76 +/- 0.16	+/- 0.28
12.0	/-0.12	/-0.15	1.15	9 +/- 0.10	+/- 0.07
13.9	/- 0.15	-/- 0.09	1.12	35 +/- 0.15	+/- 0.15
13.0	-0.19	-/- 0.1	.15	15 +/- 0.2	+/- 0.22

Fuente: Análisis realizado en laboratorios de la Universidad Nacional de Juliaca y en la UNA Puno.

Por otro lado se tiene un contenido significativo de carbohidratos, que según Abellan Ruiz et al., (2017), son de bajo índice glucémico que ha suscitado interés en la intervención nutricional de la prediabetes, teniendo en cuenta la fructuosa aumenta y la glucosa disminuye en relación a las semillas de quinua no germinada (Bendon,2013).

3.2.2. Análisis de perfil aminoacídico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Will) sin germinar y germinada variedad pasankalla roja.

Se identificaron y cuantificaron los aminoácidos presentes en la quinua sin germinar y germinada en el segundo día, observando que la quinua posee un buen balance de aminoácidos, tal como se observa en la Tabla N° 8, teniendo en cuenta que la digestibilidad de la misma aumenta en un 80% (Bendon, 2013).

Los resultados obtenidos mediante cromatografía líquida (HPLC) (Anexo 6), permitieron evidenciar que el contenido en aminoácidos en la quinua germinada tiene un incremento significativo en comparación con la quinua sin germinar, predominando los aminoácidos la lisina (113.8 mg a 163.6 mg) y la metionina (9.2 mg a 12.9 mg), que son deficientes en los cereales (Arendt & Zannini, 2013) y su excelente equilibrio de aminoácidos

esenciales (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017). Por otra parte los aminoácidos que predominaban en la proteína de quinua germinada tienen una similitud en sus valores, a los aminoácidos presentes en la carne (proteína animal), por lo que es una alternativa para diversificar las fuentes proteicas como la carne, logrando aportar más nutrientes y aminoácidos para ser utilizada en la formulación de matrices alimenticias.

Tabla 8. Resultados del perfil de aminoácidos mg/100 gr de quinua pasankalla roja sin germinar y germinado (T₂)

Tipo	Pasankalla roja sin germinar	Pasankalla roja germinado
Acido aspártico	74.4	82.7
Ácido Glutámico	198.2	238.3
Serina	209.3	262.6
Histidina	82.9	91.2
Glicina	289.2	335.6
Treonina	41.6	50.0
Arginina	295.3	347.4
Alanina	86.9	105.5
Tirosina	54.1	65.6
Cisteina	0	0
Valina	115.6	147.8
Metionina	9.2	12.9
Fenilalanina	66.9	90.3
Isoleucina	52.5	64.0
Leucina	113.8	146.8
Lisina	118.4	163.6
Prolina	0	0

Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de cromatografía y espectrometría de la UNSAC.

3.2.3. Análisis de microscopia de barrido electrónico.

En la Figura N° 11 y 12 presenta las imágenes obtenidas mediante la técnica SEM, por medio de la cual se evaluó la morfología de la de quinua germinada que es de forma esférica, superficie lisa y algunas con abolladuras. También se observa que tanto el tamaño como la superficie es irregular, que presenta cavidades y hendiduras en el centro, espacios que posiblemente propician interacción con otras moléculas. A dichas cavidades se les atribuye las buenas capacidades funcionales como retención de agua, capacidad de hinchamiento y absorción de agua (García-Salcedo et al., 2016).

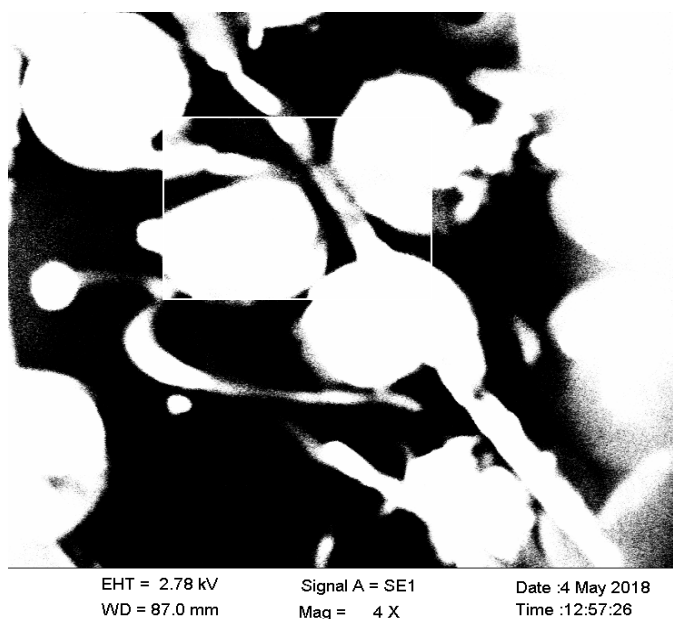


Figura 11. Imágenes por la técnica SEM de la quinua germinada.



Figura 12. Mapeo por la técnica SEM de la quinua germinada.

CONCLUSIONES

- Los parámetros óptimos de germinación fueron 8 horas de remojo, a una temperatura de 24°C, durante un tiempo de germinación de 2 días a una humedad de 45%, encontrando en este parámetro mayor contenido de proteínas y aminoácidos.
- Los germinados de quinua poseen propiedades nutricionales superiores a los granos sin germinar con respecto al contenido de proteínas y aminoácidos. Así el contenido de proteínas se incrementó de 12.6% (sin germinar) a 13.9% (germinado), que representa un incremento de 1.3%. También se observó cambios significativos en el perfil aminoacídico de la quinua germinada que tiene un incremento significativo en comparación con la quinua sin germinar, predominando los aminoácidos la lisina (113.8 mg a 163.6 mg) y la metionina (9.2 mg a 12.9 mg), que son deficientes en los cereales, que tienen una similitud en sus valores presentes en la carne (proteína animal), por lo que es una alternativa de sustitución de fuentes proteicas como la carne y que puede ser utilizada en la formulación de las matrices alimenticias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellan Ruiz, M. S., Barrnuevo Espinosa, M. D., Garcia Santamaria, C., Contreras Fernandez, C. J., Aldeguer Garcia, M., Soto Mendez, F., Lopez Roman, F. J. (2017). Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutrición Hospitalaria*, 34(5), 1163–1169.
- Abugoch James, L. E., Ann Augustin, M., Chen, F., Massimiliano Falcone, P., Giudici, P., Gullo, M. Yin, J. (2009). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties*. *Adv Food Nutr Res.* (Vol. 58).
- 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.
- Alpala, O. L. R., Marounek, M., Břeňová, N., & Lukešova, D. (2013). Phytase activity and comparison of chemical composition, phytic acid P content of four varieties of quinoa grain (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Acta Agronómica*, 62(1), 13–20.
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Quinoa. *cereal grains for the food and beverage industries*, 409–438.
- Cancino-espinoza, E., Vázquez-rowe, I., & Quispe, I. (2018). Science of the total environment organic quinoa (*Chenopodium quinoa L.*) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment*, 637–638, 221–232.
- Badui Dergal, s. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación de México.
- Castellión, M., Matiacevich, S., Buera, P., & Maldonado, S. (2010). Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. *Food Chemistry*, 121(4), 952–958.
- Corominas, A., & Torres, C. (2000). *Alimentos vivos. La carga enzimática de los alimentos crudos y su función nutricional*.
- Chaparro, D., Pismag, R., & Elizalde, A. (2011). Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y soya. *Biotechnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 9(1), 51–59.
- Chaparro-Zambrano, H. N., Heredia, A., & Romero, G. (2018). Germinative potential in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) seeds stored under cool conditions. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 341-350.
- Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-

- Pando, L. R., García-Carmona, F., & Gandía-Herrero, F. (2017). Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chemistry*, 234, 285–294.
- FAO, F., UNICEF, PMA y OMS. (2018). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i9553es/i9553es.pdf>.
- Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamante, L., ... Obal, I. (2017). Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*, 107(April), 558–564.
- Galotta, M. F., Pugliese, P., Gutiérrez-Boem, F. H., Veliz, C. G., Criado, M. V., Caputo, C., . . . Roberts, I. N. (2019). Subtilase activity and gene expression during germination and seedling growth in barley. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 197-206.
- García-Salcedo, A. J., Torres-Vargas, O. L., & Ariza-Calderón, H. (2016). Caracterización estructural de proteína de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y chía (*Salvia hispanica* L.). *Agronomía Colombiana*, 34, 1001–1005.
- Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Sułkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., & Czyz, J. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - In vitro study. *Food and Chemical Toxicology*, 57, 154–160.
- González-Muñoz, A., Montero, B., Enrione, J., & Matiacevich, S. (2016). Rapid prediction of moisture content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Journal of Cereal Science*, 71, 246–249.
- Graf, B. L., Poulev, A., Kuhn, P., Grace, M. H., Lila, M. A., & Raskin, I. (2014). Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. *Food Chemistry*, 163, 178–185.
- Hu, Y., Zhang, J., Zou, L., Fu, C., Li, P., & Zhao, G. (2017). Chemical characterization, antioxidant, immune-regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from *Chenopodium quinoa* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 622–629.
- Jan, K. N., Panesar, P. S., Rana, J. C., & Singh, S. (2017). Structural, thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102, 315–322.
- Kamizake, N. K. K., Gonçalves, M. M., Zaia, C. T. B. V., & Zaia, D. A. M. (2003). Determination of total proteins in cow milk powder samples: A comparative study

- between the Kjeldahl method and spectrophotometric methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(4), 507–516.
- Li, G., & Zhu, F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 181, 851–861.
- Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobbetti, M., & Rizzello, C. G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 215–221.
- Miranda-Apodaca, J., Yoldi-Achalandabaso, A., Aguirresarobe, A., del Canto, A., & Pérez-López, U. (2018). Similarities and differences between the responses to osmotic and ionic stress in quinoa from a water use perspective. *Agricultural Water Management*, 203(March), 344–352.
- Navarro-Lisboa, R., Herrera, C., Zúñiga, R. N., Enrione, J., Guzmán, F., Matiacevich, S., & Astudillo-Castro, C. (2017). Quinoa proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) fractionated by ultrafiltration using ceramic membranes: The role of pH on physicochemical and conformational properties. *Food and Bioprocess Processing*, 102, 20–30.
- Pachari Vera, E., Alca, J. J., Rondón Saravia, G., Callejas Campioni, N., & Jachmanián Apuy, I. (2019). Comparison of the lipid profile and tocopherol content of four Peruvian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars ('Amarilla de Maranganí', 'Blanca de Juli', INIA 415 'Roja Pasankalla', INIA 420 'Negra Collana') during germination. *Journal of Cereal Science*, 88, 132-137.
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & C.F.R. Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chem*, 280, 110-114.
- Pumacahua-Ramos, A., Limaylla-guerrero, K. M., & Telis-rome-, J. (2017). Isotermas y calor isostérico de adsorción de agua de almidón de quinua, 15(1), 95–104.
- Repo-Carrasco, R. 1992. *Cultivos Andinos y alimentación infantil. Comisión de coordinación de tecnología andina*. Texas: Comisión de Coordinación de Tecnología Andina, 1992.
- Riego, M. de de A. y. (2013). *Quinoa un futuro sembrado hace miles de años*.
- Stevens, A. W. (2017). Quinoa quandary: Cultural tastes and nutrition in Perú. *Food Policy*, 71(August), 132–142.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Estados Unidos: Universitat Jaume
- Vidaurre-ruiz, J. M., Días-rojas, G., & Mendoza-llamo, E. (2017). Fenólicos y capacidad antioxidante durante el procesamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.), 83(3).

Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1–6.

ANEXOS

ANEXO 01: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA POTABLE

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: DS N° 031-2010-SA./ Ministerio de salud

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: DS N° 031-2010-SA./ Ministerio de salud

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Fuente: DS N° 031-2010-SA./ Ministerio de salud

ANEXO 02: DIAGRAMA DEL PROCESO DEL GERMINADO



ANEXO 03: PROCESO DE GERMINADO DE QUINUA PASANKALLA ROJA



12 horas



15 horas



18 horas



21 horas



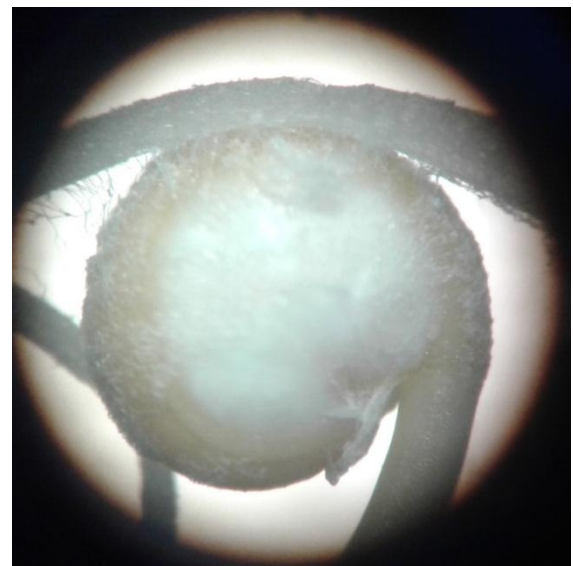
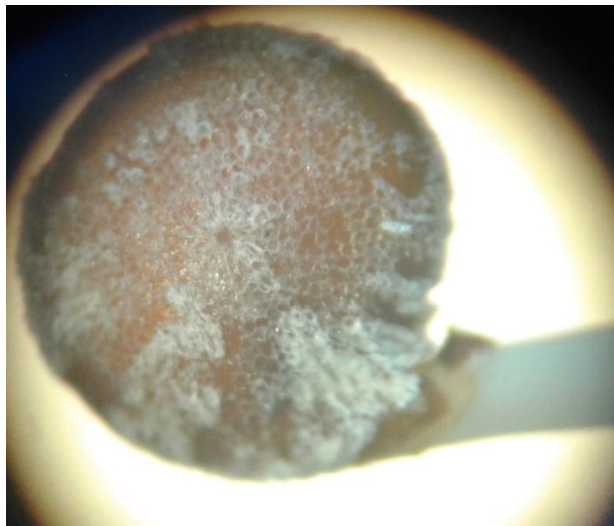
25 horas



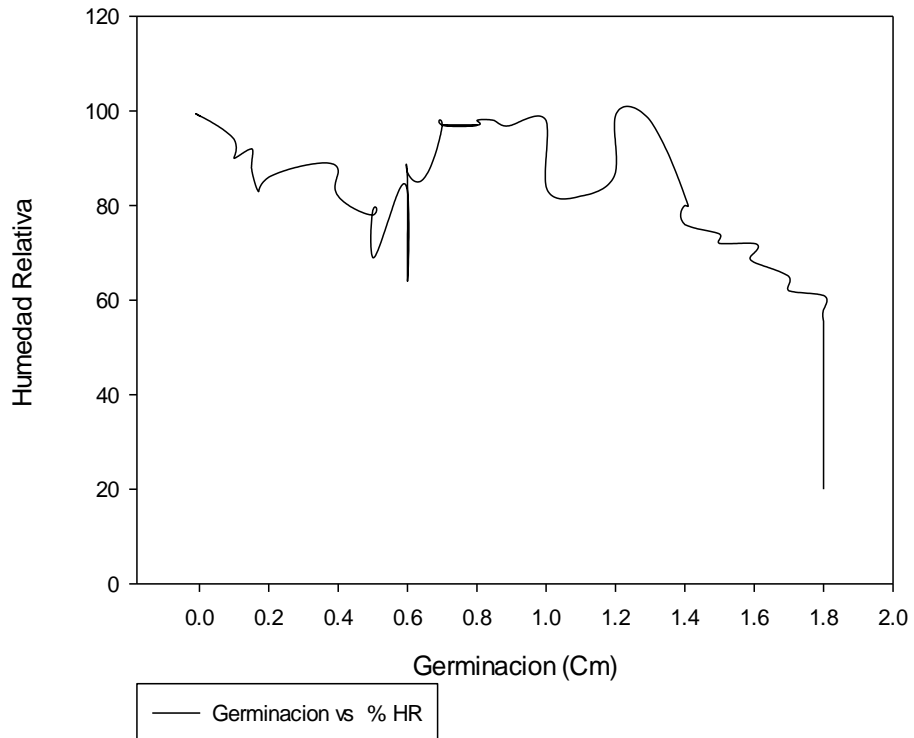
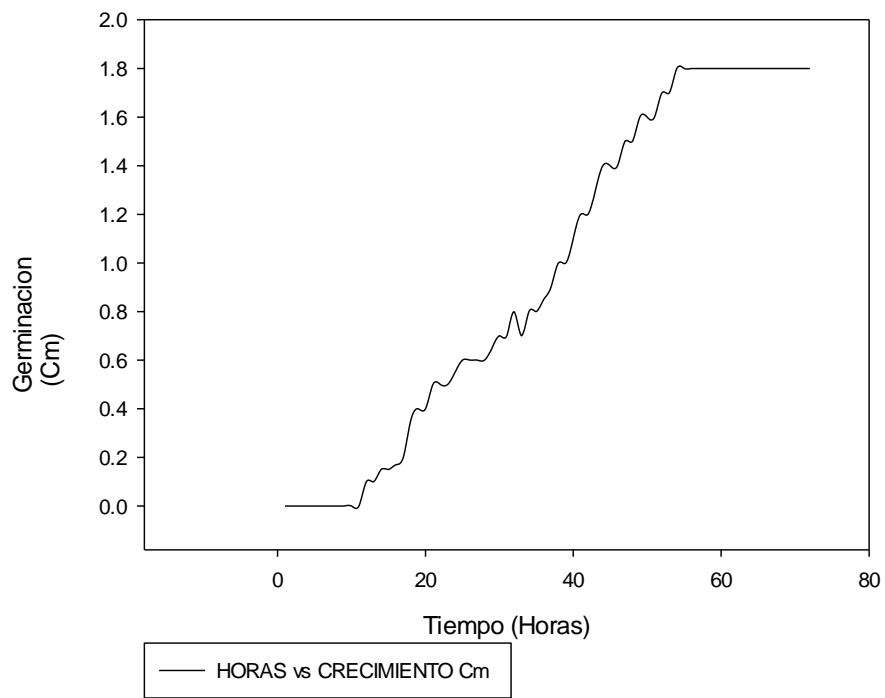
38 horas



48 horas



ANEXO 04: CINETICA DEL GERMINADO DE QUINUA PASANKALLA ROJA



Fuente: Con datos recolectados con sensor DHT22 y arduino, graficados en software Sigma Plot

ANEXO 05: PLANTA PROCESADORA DE GRANOS EN EL ÁREA DE PROCESADO DE QUINUA PERLADA EN LACOOOPERATIVA AGROINDUSTRIAL COOPAIN –CABANA.



SECADO DE QUINUA ORGANICA VARIEDAD PASANKALLA ROJA EN PLANTA COOPAIN – CABANA-PUNO



ANEXO 6: RESULTADO DE ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
Av. De la Cultura 733 CUSCO-PERO Contacto: 973868855

RESULTADOS

Cusco 27 de Marzo 2018

Solicitante : Universidad Nacional de Juliaca
Atencion : Ing. Olivia Magaly Luque Vilca
Tipo de Análisis : Determinación de Aminoácidos
Tipo de Muestras : Sólido en bolsa con rotulo:
Quinua Variedad Pasankalla Roja Sin Germinar.
Quinua Variedad Pasankalla Roja Germinado.
Cantidad de Muestra : 2 aproximadamente 20 gr de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por HPLC

Cromatógrafo: Agilent serie 1200
Columna: Zorbax Eclipse AAA Rapid Resolución 4.6 x 75mm, 3.5um
Flujo de Columna: 1.9 ml/min.
Solvente A: Buffer NaH_2PO_4 a pH 7.8
Solvente B: Acetonitrilo : Metanol : Agua (45:45:10)

Aminoácidos mg/100 gr de Quinua

Tipo	Pasankalla Roja Sin Germinar	Pasankalla Roja Germinado
Aspartic Acid	74.4	82.7
Glutamic Acid	198.2	238.3
Serine	209.3	262.6
Histidine	82.9	91.2
Glycine	289.2	335.6
Threonine	41.6	50.0
Arginine	295.3	347.4
Alanine	86.9	105.5
Tyrosine	54.1	65.6
Cystine	0.0	0.0
Valine	115.6	147.8
Methionine	9.2	12.9
Phenilalanine	66.9	90.3
Isoleucine	52.5	64.0
Leucine	113.8	146.8
Lysine	118.4	163.6
Proline	0.0	0.0

Nota: La metodología desarrollada para la determinación de aminoácidos es de acuerdo a la literatura descrita con algunas modificaciones:

- Henderson J. w, Brooks A. 2010 Improved Amino Acid Methods using Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 Columns for a Variety of Agilent LC Instrumentation and Separation Goals. Agilent Technologies, Inc, 2010 Printed in the USA April 6, 2010 5990-4547EN
- J. Lopez-Hernández*, J. Simal-Lozano, and M.J. Oruña-Concha 1997 "Determination of Amino Acids in Green Beans by Derivatization with Phenylisothiocyanate and High-Performance Liquid Chromatography with Ultraviolet Detection" Journal of Chromatographic Science, Vol. 35, April 1997

Quim. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – URSAAC.
CDP - 914

1