

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por

SAIDA LEGUÍA DAMIANO

COMPUESTOS FENÓLICOS, CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO PROTEICO DE TRES
VARIETADES DE QUINUA GERMINADA
(*Chenopodium quinua* Willd).

Asesor:

Ing. MSc. DAVID CHOQUE QUISPE

Co-Asesor:

Ing. Mg. ROSA HUARACA APARCO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERÚ

2018



APROBACIÓN DEL ASESOR Y CO ASESOR

Quiénes suscriben:

Ing. MSc. DAVID CHOQUE QUISPE Asesor de tesis; Ing. Mg. ROSA HUARACA APARCO Co Asesor de tesis, Por la presente:

CERTIFICAN,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, SAIDA LEGUÍA DAMIANO ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "COMPUESTOS FENÓLICOS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO PROTEICO DE TRES VARIEDADES DE QUINUA GERMINADA (*Chenopodium quinua* Willd)", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 17 de diciembre del 2018.


Ing. MSc. David Choque Quispe
Asesor


Ing. Mg. Rosa Huaraca Aparco
Co Asesora


Br. Saida Leguía Damiano
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 09:00 horas del día 07 de diciembre del año 2018, se reunieron los docentes: MSc. Fidella Tapia Tadeo, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, MSc. Nidia García Nauto, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "COMPUESTOS FENÓLICOS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO PROTEICO DE TRES VARIETADES DE QUINUA GERMINADA (CHENOPODIUM QUINUA WILLD)", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial SAIDA LEGUÍA DAMIANO, el asesor MSc. David Choque Quispe y la Co-Asesora Mg. Rosa Huaraca Aparco con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: Aprobó por Unanimidad al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial SAIDA LEGUÍA DAMIANO, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Table with 3 columns: Nota escala vigesimal (Numeros, Letras), and Mención. Values: 17, Diecisiete, Muy Bueno.

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Signature of MSc. Fidella Tapia Tadeo, Presidente del Jurado Evaluador

Signature of MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, Primer Miembro del Jurado Evaluador

Signature of MSc. Nidia García Nauto, Segundo Miembro del Jurado Evaluador



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: **COMPUESTOS FENÓLICOS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO PROTEICO DE TRES VARIEDADES DE QUINUA GERMINADA (*chenopodium quinoa willd*)**; para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo

PRIMER MIEMBRO: Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez

SEGUNDO MIEMBRO: Ing. MSc. Nidia García Nauto

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD/MAYORIA, en la ciudad de Andahuaylas el día 07 del mes de diciembre del 2018

Andahuaylas, 17 de diciembre del 2018.

Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Presidente del Jurado Dictaminador

Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez
Primer Miembro del Jurado Dictaminador

Ing. MSc. Nidia García Nauto
Segundo Miembro del Jurado Dictaminador

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación y en general mi Título de Ingeniero, especialmente a mis Padres Adelo y Maximiliana, que a pesar de tener muchas dificultades, siempre han sido los mejores. Su Apoyo incondicional es y ha sido siempre muy importante.

EPÍGRAFE

“La actitud es una pequeña cosa que hace una gran diferencia”

Winston Churchill.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

- A mis padres por su apoyo incondicional y los valores que me han inculcado, todo lo que soy y he logrado es por ustedes y a mis hermanas Elizabeth, Lita y Edy luz por confiar en mí y apoyarme en todo momento.
- A mi tía Aurea por su apoyo motivación y buenos consejos.
- A mi Asesor de tesis Ing. MSc. David Choque Quispe quien me brindó su apoyo, orientación y paciencia durante todo el desarrollo de la tesis y Co Asesora Ing. Mg. Rosa Huaraca Aparco por su cooperación, comprensión y sobre todo su amistad, durante todo el proceso.
- Al Ing. Herson Arone Palomino encargado de laboratorio de química quien me ayudo con las inquietudes durante el desarrollo de los análisis, a la Ing. Betsy Suri Ramos Pacheco y a las demás personas que de una u otra manera aportaron para el desarrollo de la tesis.
- A Universidad Nacional José María Arguedas – Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por darme una oportunidad de estudiar y a los docentes por compartirme sus conocimientos y sobre todo su amistad.
- A mis amigas y compañeras de carrera en especial a Nancy, Suely, Deysi, Kariña, Rosa, Lisbeth María y Olga, quienes hicieron de este largo camino algo muy divertido y diferente. Por esos momentos de alegrías y tristezas.
- A los miembros del jurado evaluador Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo, Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez e Ing. MSc. Nidia García Nauto, por sus valiosos aportes en la realización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
APROBACIÓN DEL ASESOR Y CO ASESOR.....	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	iii
APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR	iv
DEDICATORIA.....	v
EPÍGRAFE	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CHUMASQA.....	xix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes de la investigación	1
1.2. Justificación	6
1.3. Problema de la investigación.....	7
1.4. Hipótesis de la investigación	8
1.5. Variables de la investigación.....	8
1.6. Objetivos de la investigación.....	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO.....	10
2.1. Bases teóricas	10
2.1.1. Quinoa	10
2.1.2. Clasificación Taxonómica.....	10
2.1.3. Variedades de quinoa	11
2.1.4. Composición Nutricional de la quinoa.....	12
2.1.5. Compuestos fenólicos.....	14
2.1.6. Antioxidantes	18
2.1.7. Capacidad antioxidante.....	20

2.1.8. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos	21
2.1.9. Medición de los antioxidantes	24
2.1.10. Germinado de semillas.....	25
2.1.11. Fases de la Germinación.....	25
2.1.12. Valor nutritivo en germinación de semillas.....	26
2.1.13. Capacidad antioxidante en germinados.....	27
2.1.14. Capacidad antioxidante en la quinua.....	27
2.1.15. Compuestos fenólicos del grano de quinua.	27
2.2. Marco conceptual	28
2.2.1. Proteína de la quinua.....	28
2.2.2. Antioxidante.....	28
2.2.3. DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)	29
2.2.4. Germinado.....	29
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Lugar de ejecución.....	30
3.2. Población y muestra	30
3.2.1. Población.....	30
3.2.2. Muestra	30
3.2.3. Muestreo	30
3.3. Materiales, instrumentos y equipos.....	30
3.4. Tipo de investigación	32
3.5. Método de análisis	32
3.5.1. Germinación de la Quinua.	32
3.6. Metodología experimental.....	34
3.6.1. Determinación de proteína.....	34
3.6.2. Análisis de compuestos fenólicos	35
3.6.3. Determinación de capacidad antioxidante	38
3.7. Diseño experimental y análisis estadístico.....	39

3.7.1. Diseño Experimental de variables de entrada y salida	39
3.7.2. Análisis Estadístico	40
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Características de la quinua germinada	43
4.2. Contenido proteico en las variedades de quinua germinada	43
4.3. Capacidad antioxidante en las variedades de quinua germinada	52
4.4. Correlación de variables	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción general de la quinua Salcedo INIA	11
Tabla 2. Descripción general de la quinua INIA 420 Negra Collana.....	12
Tabla 3. Descripción general de la quinua INIA 415 Pasankalla.....	12
Tabla 4. Descripción de la composición proximal en (100 g de muestra) de las variedades de quinua	13
Tabla 5. Clasificación de los modelos de ensayo	24
Tabla 6. Valores nutrimentales de los germinados de semilla en 250 g.....	26
Tabla 7. Lista de materiales	31
Tabla 8. Equipos e instrumentos	31
Tabla 9. Lista de reactivos e insumos.....	32
Tabla 10. Lista de material vegetal.....	32
Tabla 11. Datos para la curva de calibración.....	37
Tabla 12. Datos para la elaboración de la curva estándar de solución Trolox ...	39
Tabla 13. Arreglo experimental del tipo DBCA	40
Tabla 14. Tabla de ANOVA bifactorial	40
Tabla 15. Resultados de las características de la quinua germinada.....	43
Tabla 16. Resultados del contenido proteico de la quinua Salcedo INIA	44
Tabla 17. Resultados del contenido proteico de la quinua Pasankalla.....	44
Tabla 18. Resultados del contenido proteico de la quinua Negra collana	45
Tabla 19. Resultados de compuestos fenólicos de la quinua Salcedo INIA.....	48
Tabla 20. Resultados de compuestos fenólicos de la quinua Pasankalla	49
Tabla 21. Resultados de compuestos fenólicos de la quinua Negra collana.....	50
Tabla 22. Resultados de capacidad antioxidante de la quinua Salcedo INIA.....	52
Tabla 23. Resultados de capacidad antioxidante de la quinua Pasankalla	53
Tabla 24. Resultados de capacidad antioxidante de la quinua Negra collana....	54
Tabla 25. Correlación de variables para la variedad Salcedo INIA.	57

Tabla 26. Correlación de variables para la variedad Pasankalla.....	57
Tabla 27. Correlación de variables para la variedad Negra collana	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura química de los principales ácidos fenólicos.....	15
Figura 2. A) Estructura química básica de los flavonoides. B) Estructuras básicas de distintos tipos de flavonoides y ejemplos de compuestos representativos. ...	18
Figura 3. Actividad neutralizante de radicales libres mediante donación de protones y posterior estabilización de la molécula de flavonoide	21
Figura 4. Sitios de unión de iones metálicos (Men+) en la molécula de polifenol	23
Figura 5. Esquema de la fase de Hidratación, germinación y crecimiento en el proceso de germinación.....	26
Figura 6. Diagrama de Flujo de la germinación de la quinua.....	34
Figura 7. Diseño experimental	39
Figura 8. Variación del contenido proteico en la quinua Salcedo INIA.....	44
Figura 9. Variación del contenido proteico en la quinua Pasankalla	45
Figura 10. Variación del contenido proteico en la quinua Negra collana	46
Figura 11. Comparación por variedades de quinua y días de germinado para el Contenido proteico.....	47
Figura 12. Variación de los compuestos fenólicos en la quinua Salcedo INIA... ..	48
Figura 13. Variación de los compuestos fenólicos en la quinua Pasankalla	49
Figura 14. Variación de los compuestos fenólicos en la quinua Negra collana.. ..	50
Figura 15. Comparación por variedades de quinua y días de germinado para Compuestos fenólicos totales	52
Figura 16. Variación de la capacidad antioxidante en la quinua Salcedo INIA	53
Figura 17. Variación de la capacidad antioxidante en la quinua Pasankalla.....	54
Figura 18. Variación de la capacidad antioxidante en la quinua Negra collana	55
Figura 19. Comparación por variedades de quinua y días de germinado para Capacidad antioxidante	56

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXOS 1. Calculo para el poder de germinativo y tamaño de radícula de las tres variedades de quinua germinada	71
ANEXOS 2. Resultados del contenido Proteico	71
ANEXOS 3. Cálculo de los resultados compuestos fenólicos totales.....	73
ANEXOS 4. Gráfico de Curva estándar de calibración de ácido gálico de compuestos fenólicos totales.	74
ANEXOS 5. Resultados de la Capacidad antioxidante	76
ANEXOS 6. Grafica de curva estándar de calibración Trolox de la capacidad antioxidante. Absorbancia.....	77
ANEXOS 7. Gráfica de cajas para variedad Salcedo INIA.....	79
ANEXOS 8. Gráfica de cajas para variedad Pasankalla	79
ANEXOS 9. Gráfica de cajas para variedad Negra collana.....	79
ANEXOS 10. Matriz de consistencia.....	80
ANEXOS 11. Imagen de la Quinua Salcedo INIA	81
ANEXOS 12. Imagen de la Quinua Pasankalla	83
ANEXOS 13. Imagen de la Quinua Negra collana	85
ANEXOS 14. Imágenes de las quinuas germinadas secas.....	87
ANEXOS 15. Imágenes de la parte experimental de compuestos fenólicos de la quinua.....	88
ANEXOS 16. Imágenes de la parte experimental de la capacidad antioxidante en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.....	89
ANEXOS 17. Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del cusco.	91

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Abs	: Absorbancia
AGE	: Acido gálico equivalente
ANOVA	: Análisis de varianza
C.T.F	: Compuestos fenólicos en miligramos de ácido gálico equivalente
CFT	: Compuestos fenólicos totales
CV	: Coeficiente de varianza
D	: Dilución
TBHQ	: Ter-Butilhidroquinona
DCA	: Diseño completamente al azar
DPPH	: Radical libre 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo
Eq	: Equivalente
EE	: Estación experimental agraria
FAO	: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación
FRAP	: Capacidad antioxidante total del plasma
g	: gramos
INIA	: Instituto nacional de innovación agraria
mg	: miligramo
ml	: Mililitros
mm	: milímetros
meq	: mili equivalente
m.s.	: Materia seca
nm	: Nanómetros
NADH	: Nicotinamida adenina dinucleótido de hidrogeno
OMS	: Organización mundial de la salud
ORAC	: Capacidad de absorción de radicales de oxígeno
PG	: Propilgalato
p	: Peso
Q	: Cantidad
RPM	: Revoluciones por minuto
TBHQ	: Ter-Butilhidroquinona
Trolox	: Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico

μMol : Micromol
 μg : microgramos
v : Volumen

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un alimento apreciado por su alto contenido proteico que contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para la nutrición humana. La presente investigación tuvo como objetivo comparar los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de la quinua germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana, para lo cual la quinua fue sometida a operaciones de selección, lavado, germinado, secado y molido. La germinación se realizó por un día y dos días, posterior secado a 55 °C por 10 horas. Se determinó el contenido de proteínas por el método Kjeldahl, los compuestos fenólicos por espectrofotometría utilizando el indicador Folin Ciocalteu y en cuanto a la capacidad antioxidante se utilizó la metodología de la decoloración del radical DPPH y como estándar la curva de calibración Trolox. Los datos reportados fueron tabulados y evaluados a través del análisis de varianza de ANOVA, Tes de Tukey y coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 95 %, de los análisis realizados se obtuvo los siguientes resultados: el contenido proteico fue de 15.18% para Salcedo INIA, 15.60% para Pasankalla y 16.13% para Negra collana, los compuestos fenólicos fueron de 30.88 mg AGE/100 g b.s. en Salcedo INIA, 41.77 mg AGE/100 g b.s en Pasankalla y 40.33 mg AGE/100 g b.s. en Negra collana y la capacidad antioxidante fue de 5.48 $\mu\text{Mol Trolox Eq}^*/\text{g}$ b.s. para Salcedo INIA, 6.48 $\mu\text{Mol Trolox Eq}^*/\text{g}$ b.s para Pasankalla y 5.31 $\mu\text{Mol Trolox Eq}^*/\text{g}$ b.s para Negra collana. La germinación generó un incremento significativo en el contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las tres variedades de quinua germinada, la variedad negra collana predominó por su alto contenido proteico , mientras que la variedad pasankalla predomina en el contenido de compuesto fenólico y capacidad antioxidante.

Palabras claves: Germinado, fenoles, antioxidantes, proteínas.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a food appreciated for its high protein content that contains all the essential amino acids necessary for human nutrition. The objective of this research was to compare the phenolic compounds, antioxidant capacity and protein content of the germinated quinoa of the Salcedo INIA, Pasankalla and Negra collana varieties, for which the quinoa was subjected to selection, washing, germination, drying and grinding operations. Germination was carried out for one day and two days, followed by drying at 55 ° C for 10 hours. The protein content was determined by the Kjeldahl method, the phenolic compounds were determined by spectrophotometry using the Folin Ciocalteu indicator and, in terms of antioxidant capacity, the DPPH radical decolorization methodology was used and, as a standard, the Trolox calibration curve. The data reported were tabulated and evaluated through ANOVA variance analysis, Tukey's Tes and Pearson's correlation coefficient with a confidence level of 95%. The following results were obtained from the analyzes performed: the protein content was 15.18 % for Salcedo INIA, 15.60% for Pasankalla and 16.13% for Negra collana, the phenolic compounds were 30.88 mg AGE / 100 g bs in Salcedo INIA, 41.77 mg AGE / 100 g b.s in Pasankalla and 40.33 mg AGE / 100 g b.s. in Negra collana and the antioxidant capacity was 5.48 $\mu\text{Mol Trolox Eq}^* / \text{g b.s.}$ for Salcedo INIA, 6.48 $\mu\text{Mol Trolox Eq}^* / \text{g b.s}$ for Pasankalla and 5.31 $\mu\text{Mol Trolox Eq}^* / \text{g b.s}$ for Black collana. Germination generated a significant increase in protein content, phenolic compounds and antioxidant capacity in the three varieties of germinated quinoa, the black collana variety predominated due to its high protein content, while the pasakalla variety predominated in the content of phenolic compound and antioxidant capacity .

Keywords: *Germinated, phenols, antioxidants, proteins.*

CHUMASQA

Kinuwa "*Chenopodium quinoa* Willd" nisqan kawsayqa anchapas chaninchasqan, munasqan "proteína" nisqa achka kapuptin, chaynallataqmi llapallan "aminoácido" nisqakunapas tarikun qali qali runakuna kawsanampaq. Kay llamkaywanmi maskasunchik kimsa niraq kinuwakpi "Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana" nisqaakunata imaynacha kachkan "compuesto fenólico", "apacidad antioxidante" chaynallataq proteína nisqakuna, chaykunatam qatiparisun. Chaypañataqmi kinuwaqa allin akllasqa, puqurichisqa, chakichisqa hinaspas kutasqa karqa. Puqurichiyninmi karqa huk iskay punchaw chakichiyninñataq karqa 55 C° nisqapi chunka punchaw, chunka pacha. Chay "compuestos fenólicos" nisqatañataqmi "espectrometría" nisqawan, folin ciocalteu qatipaywan qatipanchik, chaynallataqmi capacidad antioxidante nisqatañataqmi "decoloracion radical DPPH" nisqawan, chaymantapas calibración Trolox nisqawan, hayka proteína nisqa kapusqantañataq Kjeldahl nisqawan qatipasqa karqa. Chay yachaykunatañataqmi "ANOVA", "Test de Tukey", chaynallataq "coeficiente de correlacion de Pearson" nisqakunawan, 95% chiqapchayninwan, significancia nisqanñataq 0,05. Chay qatipaymantañataqmi tarirqun: "compuestos fenólico" nisqapaq 30.88 mg AGE/100 g b.s. en Salcedo INIA, 41.77 mg AGE/100 g b.s en Pasankalla y 40.33 mg AGE/100 g b.s. en Negra collana, "capacidad antioxidante" nisqapañataq karaq 5.48 µMol Trolox Eq*/g b.s. para Salcedo INIA, 6.48 µMol Trolox Eq*/g b.s para Pasankalla y 5.31 µMol Trolox Eq*/g b.s para Negra collana chaynallataq "contenido proteico" llusqirqa 15.18% para Salcedo INIA, 15.60% para Pasankalla y 16.13% para Negra collana.

Puqurichiyninñataqmi yaparqurqa chaninta chay "contenido proteico" nisqata, "compuestos fenólicos" nisqata, "capacidad antioxidante" nisqatapas kimsan niraq kinuwakunapi. Negra collana sutiyuq kinuwapan aswan achka kapun "contenido proteico" nisqa, pasankalla kinuwañataqmi "compuesto fenolico", "capacidad antioxidante" nisqakuna aswan achka kapusqa.

Chaninchasqa rimaykuna: *Germinado, fenoles, antioxidantes, proteínas.*

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La quinua es una planta andina que es cultivada a lo largo de los años, muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia.

El grano de la quinua fue cultivado y preservado por las civilizaciones prehispánicas utilizando sus conocimientos y prácticas tradicionales, la quinua es un alimento natural de alto valor nutritivo cuya importancia es cada vez más reconocida en la seguridad alimentaria, en la actualidad y a futuro

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un grano andino, catalogado como un superalimento por la FAO y la OMS debido a su alto contenido de proteínas y nutrientes. En el Perú se produce quinua de color blanco, rojo y negro, y es considerado un grano nutritivo cuando se compara con los granos más consumidos como el trigo, la cebada y el maíz, con un contenido relativamente alto de proteína de buena calidad y puede ser considerado una buena fuente de fibra dietética y otros compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos. (Repo-Carrasco-Valencia y Serna, 2011). Por otra parte Carciochi, (2014) menciona que la quinua tiene propiedades nutricionales con un buen aporte de fotoquímicos antioxidantes tales como compuestos fenólicos que han demostrado tener capacidad antioxidante con un potencial efecto beneficioso para la salud. Dávila *et al.*, (2003) menciona que en los germinados se incrementa el contenido de antioxidantes, con la germinación las enzimas se activan lo cual permite una mejor absorción de nutrientes para el organismo facilitando aún más su correcta digestión proporcionando cantidades importantes de fibra y en consecuencia alimentos organolépticamente agradables.

Es por ello que en el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo comparar los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de la quinua germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana.

1.1. Antecedentes de la investigación

Repo de Carrasco y Encina Zelada, (2008) evaluaron la determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*chenopodium quinoa*), kañiwa (*chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*amaranthus caudatus*), realizaron la determinación del contenido de compuestos fenólicos en

quince variedades de quinua, siendo la de mayor contenido la variedad PIQ031046 con 139,94 mg ácido gálico/100 g; de las once muestras de kañiwa el mayor contenido de compuestos fenólicos fue el de la variedad Leghepito con 85,71 mg ácido gálico/100 g; y en de las seis muestras de kiwicha la variedad A00254 con 30,41 mg ácido gálico/100 g tuvo el mayor contenido de compuestos fenólicos. Finalmente, se realizó la determinación de la capacidad antioxidante medida por el radical DPPH en la fase hidrofílica en las quince muestras de quinua siendo la de mayor contenido la variedad PIQ031046 (2400,55 µg Trolox/g); en las once muestras de kañiwa la variedad de mayor capacidad antioxidante fue la Puka kañiwa con 1509,80 µg Trolox/g; y de las seis muestras de kiwicha fue la variedad A0011 la de mayor capacidad antioxidante con un contenido de 660,37 µg Trolox/g.

Valencia, (2017) evaluó Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa W.*) en 24 accesiones de quinua de la colección Nacional del INIA Perú. Las semillas mostraron fenoles totales entre 0,783 a 3,437 mg GAE/g, la actividad antioxidante según DPPH diferencias significativas entre las diferentes semillas de quinua estudiadas.

Repo-Carrasco-Valencia y Serna, (2011) estudiaron la Quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd.) como fuente de fibra dietética y otros componentes funcionales de Cuatro variedades, fueron evaluados como una fuente de compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Los cultivos se procesaron mediante cocción por extrusión y los productos finales se analizaron para determinar los polifenoles totales y la actividad de eliminación de radicales y la proteína. El contenido de compuestos fenólicos totales y la actividad de eliminación de radicales aumentaron durante el proceso de extrusión en el caso de las 4 variedades. Hubo diferencias significativas entre las variedades y el contenido de polifenoles totales. Nuestro estudio demuestra que la quinua puede considerarse una buena fuente de polifenoles y otros compuestos antioxidantes y que la extrusión mejora el valor nutricional.

De la Riva, (2010) evaluó la comparación del contenido de Fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de quinua cruda y procesada variedad Salcedo INIA, encontrando que el contenido de proteína en quinua escarificada fue 14.27 %, en quinua cocida 12.66 % y en quinua tostada – cocida 7.93 %; así mismo los compuestos fenólicos en quinua escarificada fueron 70.03 mg. ácido gálico/100g

ms, en quinua cocida fue 47.24 mg. ácido gálico/100 g ms, y quinua tostada – cocida fue 53.31 mg. ácido gálico/100 g ms; por otra parte la capacidad antioxidante de la quinua escarificada fue 5.99 μ Mol Trolox eq. / g ms., quinua cocida 4.51 μ Mol Trolox eq. / g ms. y quinua tostada – cocida 4.88 μ Mol Trolox eq. / g ms.

Quispe, (2016) estudio la evaluación comparativa del contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de dos variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) orgánica y convencional, en dos variedades de quinua en grano crudo desaponificado y harina extruida procedente de producción orgánica y convencional. Los resultados del contenido proteico de quinua orgánica Salcedo INIA fue 12.9% mientras que de la Pasankalla 13.7%, por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.8% mientras que de la Pasankalla 13.2%; en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor contenido proteico que la quinua convencional; En cuanto al contenido de compuestos fenólicos quinua orgánica Salcedo INIA fue 67.46 mg. ácido gálico/100 g mientras que de la Pasankalla 76.43 mg. ácido gálico/100 g, por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 83.52 mg ácido gálico/100 g mientras que de la Pasankalla 96.60 mg. ácido gálico/100 g en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor contenido de compuestos fenólicos que la quinua convencional; Además la capacidad antioxidante del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 5.97 μ Mol Trolox eq./g ms mientras que de la Pasankalla 12.67 μ Mol Trolox eq./g ms. por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.79 μ Mol Trolox eq./g ms mientras que de la Pasankalla 24.51 μ Mol Trolox eq./g en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor capacidad antioxidante que la quinua convencional. Concluyendo que la producción orgánica de quinua en ambas variedades conserva en el grano un mayor contenido proteico, así como mayor cantidad de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante con respecto a la producción convencional (Arequipa).

Bravo *et al.*, (2013) realizo el estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*chenopodium quinoa*) y kiwicha (*amarntus caudatus*). Evaluó con la finalidad de generar en ellos cambios físico-químicos, los que son favorables para las preparaciones menos viscosas y más energéticas, además de incrementar sus nutrientes. Se trabajó con quinua Blanca de Junín y Kiwicha

variedad Oscar Blanco procedentes de Huancayo. La germinación de los granos fue más alta en la quinua, no así en la kiwicha, obteniéndose 98% y 70% de germinación respectivamente. Los resultados obtenidos en los granos andinos germinados fue 13,09% proteína, para la quinua y 16,45% proteína para la kiwicha. Los análisis fueron realizados según los métodos de la AOAC.

Luna, (2015) estudio la influencia del germinado y cocción húmeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en donde el grano de cañihua fue sometido al proceso de cocción húmeda a temperaturas de 65 y 85°C a presión atmosférica. De los análisis realizados, para el grano de cañihua germinada se muestra un mayor incremento a 72 horas en compuestos fenólicos con un valor de 95.29 mg. ácido gálico/100 g de materia seca, mientras que la capacidad antioxidante incremento a 96 horas con un de valor de 181.84 μ Mol. Trolox eq/g de materia seca, mostrando mejores resultados la accesión PIK 030133, resaltando que el contenido proteico aumenta durante el proceso de germinación a medida que el tiempo incrementa. Para la cañihua procesada (germinada y cocida), se observa con mejor resultado en compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (en granos germinados a 96 horas), cocida a una temperatura de 65°C presentando un valor de 81.80 mg. ácido gálico/100 g de materia seca y 129.84 μ Mol. Trolox eq/g de materia seca, teniendo mejores resultados la accesión PIK 030133. Concluyéndose que los compuestos fenólicos aumentan conforme se incrementa el tiempo de germinación hasta lograr una estabilidad y por el proceso de cocción húmeda disminuye ligeramente a medida que la temperatura aumenta. La capacidad antioxidante aumenta con el tiempo de germinado y disminuye a mayor temperatura de cocción, esto se debería a que durante la germinación existe una actividad enzimática y mientras que en la cocción disminuye, porque los antioxidantes se degradan a mayor temperatura.

Chicama, (2017) en su investigación Evaluación de los estudios sobre la actividad antioxidante de semillas de *chenopodium quinoa*. Realizó estudios a partir de la capacidad antioxidante que tiene las semillas de quinua, tanto crudas, germinadas, en harina, o en pan, y sometidas a diferentes procesos controlando y evaluando su aumento o disminución de la capacidad antioxidante, por diferentes métodos: DPPH, ORAC, ABTS, FRAP y decoloración del beta caroteno. Los resultados obtenidos mostraron mayor capacidad antioxidante que la mayoría de pseudocereales, Asimismo se evaluó, la capacidad antioxidante de

las semillas de quinua a diferentes procesos, como cocción, lavado, germinado, horneado y secado; los cuales muestran diferencias altamente significativas entre sí. En conclusión el método FRAP (ion férrico que reduce energía antioxidante) es el más eficiente, y da resultados con más confiabilidad, debido a que determina cuantitativamente la cantidad total de antioxidantes, y el único que mide directamente antioxidantes en una muestra. La aplicación del proceso combinado germinado (72 horas) + tratamiento térmico a 145 °C durante 30 minutos condujo al mayor incremento de actividad antioxidante, como así también del contenido de compuestos fenólicos totales en semillas de quinua.

Las semillas de quinua sometidas a un proceso de germinado aumentaron significativamente su capacidad antioxidante en un 78.1% con respecto a la muestra medida con el método FRAP, Pero cuando se somete a horneado disminuye su capacidad antioxidante en un 22.5% con respecto a la muestra control.

Torres y Chavez, (2016) estudiaron el efecto del ácido láctico y ácido cítrico como sanitizante y antioxidante en tres variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) Germinada y almacenada en refrigeración, evaluó el efecto de dos sanitizantes para disminuir su carga microbiana, realizando dos experiencias; la primera experiencia se evaluó por medio de las características fisicoquímicas y la segunda experiencia consistió en un control microbiológico, a la vez se evaluó su actividad antioxidante, análisis sensorial en germinado de quinua en tres variedades, envasados en bandejas con tapa de polipropileno y almacenados a 4 °C durante 15 días.

En la primera experiencia se aplicó tres concentraciones de cada sanitizante: ácido láctico 0.1%, 0.2% y 0.4% y ácido cítrico 0.1%, 0.3% y 0.5%, en cada variedad de quinua germinada siendo envasadas y almacenadas a 4°C durante 15 días, y se evaluó mediante parámetros fisicoquímicos (pH, acidez y % humedad), siendo elegidos: ácido láctico (0.4%) para la variedad Inia 420 Negra Collana e Inia 415 Pasankalla y ácido cítrico (0.5%) para la variedad de Salcedo INIA. En la segunda experiencia, los tratamientos elegidos con su testigo respectivo se almacenaron a 4°C durante 15 días, y se evaluaron mediante análisis microbiológicos y actividad antioxidante, asimismo, se realizó un análisis sensorial.

Chaparro *et al.*, (2010) estudio el Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul, estas semillas fueron seleccionadas asegurando calidad grano uno y porcentaje de germinación mayor al 90 %, se estandarizo el método para la obtención de semillas germinadas, mediante la definición de variables como uso o no de desinfectante, tipo de sustrato, tiempo de germinado y temperatura. La germinación se realizó día cero, uno, dos y tres; para la cuantificación de proteína se utilizó kjeldhal.

Los hallazgos permitieron concluir que la germinación induce cambios en la concentración y digestibilidad de la proteína de forma particular en cada topo de semilla; en amaranto y soya, la germinación genero un incremento significativo en el contenido de proteína a partir de segundo día de germinado y en guandul a partir del primer día; en la quinua genero un descenso en el contenido de proteína en el segundo día, siendo estadísticamente igual en los días cero, uno y tres de germinación. La germinación mejoro la digestibilidad de la proteína, en semillas de quinua, guandul y soya, no genero cambios en semilla de amaranto.

1.2. Justificación

Actualmente existe una demanda de los consumidores hacia productos frescos, prácticos, de alto valor nutricional y con ciertas características funcionales, Al mismo tiempo hay un interés en saber y entender las posibles relaciones entre la alimentación y la salud, ahora el consumidor manifiesta preferencias claras por aquellos alimentos que se consideran benéficos para la salud. Con este fin se vienen desarrollando constantes investigaciones en los alimentos con efecto benéfico para la salud.

La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance en proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana (Aguilar, 2017).

Existe un creciente interés por los antioxidantes procedentes de fuentes comestibles (vegetales) que juegan un papel importante en la prevención de la mayoría de las reacciones oxidativas, tanto en las proteínas, grasas y ácidos nucleicos que ocurre a nivel del cuerpo humano (Castillo, 2010) es por ello el interés en los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en la última década, ha sido provocado por los resultados de los estudios epidemiológicos

que vinculan el consumo de dietas ricas en alimentos de origen vegetal con un menor riesgo de enfermedades asociadas con el estrés oxidativo, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Lopez *et al.*, 2013).

Por otra parte los germinados pueden contribuir en parte a resolver problemas de desnutrición y a corregir las carencias de una alimentación moderna a base de alimentos procesados (Domínguez de diez, 1992). Además de tener buena fuente de aminoácidos, carbohidratos, fibra y grasa poliinsaturada, benéficas para el corazón y los vasos sanguíneos.

El contenido de los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante en la germinación en las tres variedades de quinua será un aporte al conocimiento e industrialización de la quinua para su comercialización en el mercado nacional.

1.3. Problema de la investigación

Problema general

- ¿Cuál es el contenido de los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?

Problema específico

- ¿Cuál es el contenido proteico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?
- ¿Cuál es el contenido de los compuestos fenólicos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?
- ¿Cuál es el contenido de la capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?

1.4. Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

- Las tres variedades de quinua germinada (*Chenopodium quinoa* Willd) muestran un incremento en los contenidos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico.

Hipótesis específica.

- El proceso de germinado de las tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), incrementa el contenido proteico durante el periodo de germinado.
- El proceso de germinado de las tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), favorece el incremento de los compuestos fenólicos durante el periodo de germinado.
- El proceso de germinado de las tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), mejora la capacidad antioxidante durante el periodo de germinado

1.5. Variables de la investigación

Variable de entrada (Independiente)

- Variedades de Quinua Germinada

Indicador

- Salcedo INIA
- Pasankalla
- Negra collana

- Días de germinación

Indicador

- Día 0
- Día 1
- Día 2

Variable de salida (Dependiente)

- Contenido proteico
- Compuestos fenólicos
- Capacidad antioxidante

1.6. Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Comparar los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana.
(*Chenopodium quinoa* Willd)

Objetivos específicos

- Cuantificar el contenido proteico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana.
- Cuantificar el contenido de los compuestos fenólicos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana.
- Cuantificar la capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana.

CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Es una planta alimenticia nativa de la región andina. La semilla es resistente a la sequía y las heladas y frecuentemente se cultiva en suelos pobres (Miranda *et al.*, 2010), esta fue cultivada ampliamente en la región andina por culturas precolombinas hace 500 años, su origen se ubica en la región del lago Titicaca y constituye históricamente uno de los principales alimentos en la dieta de los pobladores andinos.

La zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética en el mundo es por esto que la quinoa es una planta andina, muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Angiospermas

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Chenopodium*

Seccion: Chenopodia

Subseccion: Cellulata

Especie: *quinoa* Willd

Fuente: (Apaza *et al.*, 2013)

2.1.3. Variedades de quinua

Según el Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú (Apaza *et al.*, 2013), en la actualidad existen 21 variedades comerciales de quinua, más allá de las variedades nativas en proceso de multiplicación, por los propios campesinos conservacionistas.

2.1.3.1. Quinua Blanca (Salcedo INIA)

Variedad obtenida del cruce de las variedades “Real Boliviana” por “Sajama” en puno en 1995, con buen potencial de rendimiento. Es de forma redonda semiaplanado de color blanco amarillento grano grande (2.0 mm de diámetro), dulce y un contenido de saponina 0.014 %.

Se adapta principalmente en el altiplano entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco. Valles interandinos y costa de 640 a 1314 msnm. Apaza *et al.*, (2013).

Tabla 1. Descripción general de la quinua Salcedo INIA

Descripción general	Características
Tipo de crecimiento	Herbáceo
Habito de crecimiento	Simple
Ciclo vegetativo	150 días para el altiplano 135 días para valles interandinos 120 días para costa
Altura de planta	1,48 a 1,70 m
Rendimiento promedio de grano	2,50 t/ha en zona alto andina

Fuente: Apaza *et al.*, 2013

2.1.3.2. Variedad Negra (INIA 420 Negra Collana)

La variedad de quinua INIA 420 Negra collana, compuesto de trece accesiones de doce localidades, comúnmente conocidos como “Quyту jiwras”. Adaptado principalmente al altiplano entre los 3800 a 3900 msnm Apaza *et al.*, (2013). El nombre se le fue asignado como resultado de las pruebas de identificación, adaptación y eficiencia desarrollados en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), y evaluaciones participativas en campos, con agricultores de las comunidades campesinas de Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Kallachoco y Corcoroni de los distritos de Cabana, llave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno (INIA, 2013).

Tabla 2. Descripción general de la quinua INIA 420 Negra Collana

Descripción general	Características
Tipo de crecimiento	Herbáceo
Habito de crecimiento	Simple
Ciclo vegetativo	138 días para el altiplano 115 días para valles interandinos
Altura de planta	1,20 a 1,30 m

Fuente: Apaza *et al.*, 2013.

2.1.3.3. Variedad Pasankalla (INIA 415 – Pasankalla)

Es una variedad obtenida en el 2006, el proceso de mejoramiento en el 2000 al 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria (EEA) Illpa-Puno, por el Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos (Torres y Chávez, 2016).

Se adapta principalmente en el altiplano, valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y costa entre los 640 y 1314 msnm, es una variedad de color rojo, de sabor ligeramente amargo, tamaño de grano grande (2.10 mm) Apaza *et al.*, (2013).

Tabla 3. Descripción general de la quinua INIA 415 Pasankalla

Descripción general	Características
Tipo de crecimiento	Herbáceo
Habito de crecimiento	Simple
Ciclo vegetativo	144 días para el altiplano 120 días para valles interandinos 105 días para la costa
Altura de planta	1,30 a 1,40 m
Rendimiento promedio de grano	3,54 t/ha

Fuente: Apaza *et al.*, 2013.

2.1.4. Composición Nutricional de la quinua

La quinua es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único de origen vegetal debido a su valor nutricional, siendo su balance superior al del trigo, cebada y la soya (FAO, 2011). Desde el punto de vista nutricional, es la fuente natural de proteína vegetal económica, alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales, el valor

calórico es mayor que otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza 350 Cal/100g, que lo caracteriza común alimento apropiado para zonas y épocas frías.

El grano de quinua está conformado mayoritariamente por carbohidratos, seguido de proteína y grasa (Gtz y Iniap, 2001).

Tabla 4. Descripción de la composición proximal en (100 g de muestra) de las variedades de quinua

Componente	Variedad		
	Salcedo INIA %	Pasankalla %	Negra colana %
Humedad	8,66	9,62	9,00
Proteína	16,23	17,83	17,62
Grasa	5,20	6,29	5,94
Cenizas	2,00	2,83	2,13
Fibra	1,84	3,00	2,10
Carbohidratos	66,07	60,43	62,33

Fuente: Apaza *et al.*, 2013.

2.1.4.1. Propiedades funcionales de la quinua

Las proteínas son de elevada calidad, con respecto al perfil de aminoácidos mejor que la leche, huevo o carnes. Siendo la única dificultad mejorar la digestibilidad en grupos de infantes para alimentos complementarios (Abugoch, 2009).

Se han encontrado polipéptidos hipotensivos o monotensivos, para su utilización en la hipertensión, que es una patología prevalente y en aumento mundialmente. Cuantitativamente la Lisina y Arginina, son elevadas y promueven el desarrollo y crecimiento de infantes y niños, como la reparación de tejidos y solución para varias patologías neuronales. La proteína es completa pero sin excesos de aminoácidos esenciales, en especial de los azufrados (Metionina y Cisteína) lo cual puede ser un remplazo vital en patologías renales y hepáticas (Fennema, 2000). Dentro de los minerales se tiene el Potasio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeseo que tienen valores superiores a la mayoría de los alimentos, utilizados en problemas autoinmunitarios musculares, sobrepeso y obesidad, hipertensión, anemia y embolia (Abugoch, 2009). En relación a los antioxidantes son principalmente compuestos fenólicos, saponina, tocoferoles y tocotrienoles, los cuales dan valores altos de FRAP (capacidad antioxidante total del plasma) y ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno) en varios ecotipos

superiores a los de sorgo alto en polifenoles (cereal alto valor antioxidante), previniendo del daño por radicales libres que provocan cáncer, alergias, Artritis reumatoides, cardiopatías y envejecimiento prematuro (Abugoch, 2009). Recientes estudios realizados por (Tang *et al.*, 2015), han demostrado que la quinua negra es buena fuente dietética de antioxidantes individuales como la luteína y la γ -tocoferol.

2.1.5. Compuestos fenólicos

Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas consideradas metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad englobando más de 8000 compuestos debido a sus propiedades antioxidantes y sus posibles implicaciones beneficiosas en la salud humana (Martinez *et al.*, 2000).

La distribución de los compuestos fenólicos en los tejidos y células vegetales varía considerablemente de acuerdo al tipo de compuestos químico que se trate, situándose en el interior de las células o en la pared celular (Ojeda, 2000).

Los fenoles protegen a las plantas de los daños oxidativos y realizan la misma función en el organismo humano, También indican que la característica principal de los compuestos fenólicos es su habilidad para bloquear la acción de enzimas específicas que producen inflamación (Chasquibol *et al.*, 2003), así mismo actúa como metabolito esencial para el crecimiento y reproducción de las plantas, dar pigmentación y además actúan como agentes protectores frente a la acción de patógenos, radiación UV y enfermedades, siendo secretados en estos casos como mecanismos de defensa (Bimis *et al.*, 2001) citado por (Segura, 2004).

Los compuestos fenólicos intervienen como antioxidantes naturales de los alimentos, por lo que la preparación y obtención de los mismos, con alto contenido de estos compuestos supone una reducción en la utilización de aditivos antioxidantes, a la vez que se obtienen alimentos más saludables (Martínez *et al.*, 2000).

2.1.5.1. Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos son abundantes en los alimentos. Los más frecuentes son el ácido cafeico, y en menor medida el ácido ferúlico, que se encuentra asociado a la fibra dietética mediante la formación de enlaces éster con componentes de la hemicelulosa. El ácido cafeico también se encuentra esterificado,

principalmente con el ácido químico, dando lugar al ácido clorogénico, que está presente en el café y en muchas frutas y verduras (Scalbert y Williamson, 2000), Se pueden diferenciar dos grupos principales de ácidos fenólicos: los derivados del ácido benzoico y los derivados del ácido cinámico. Sus estructuras básicas y sus derivados más comunes encontrados en la naturaleza, se muestra en la Figura (01).

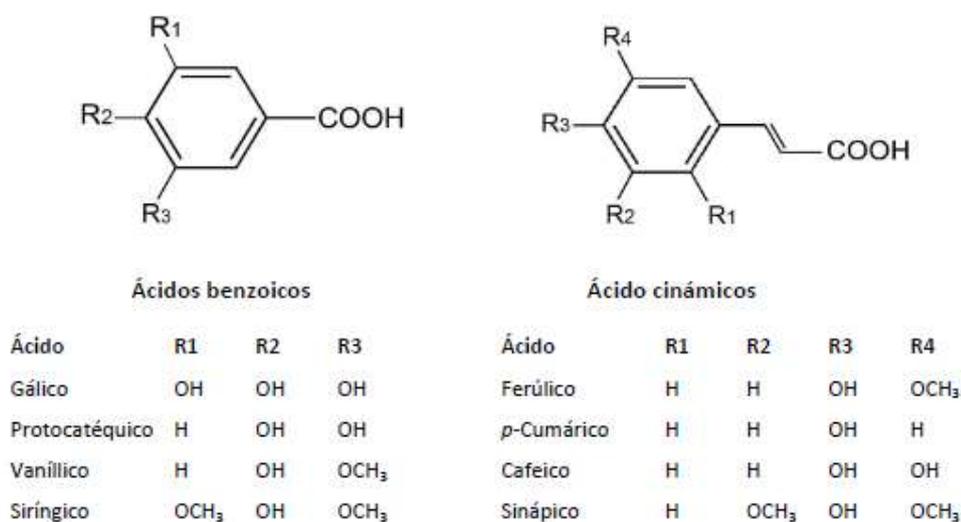


Figura 1. Estructura química de los principales ácidos fenólicos

Los ácidos benzoicos o derivados del ácido hidroxibenzoico, tienen una estructura básica C6-C1. Los principales son los ácidos gálico, salicílico, *p*-hidroxibenzoico, protocatéquico, vaníllico y siríngico. Generalmente se presentan de forma conjugada en los vegetales, aunque pueden ser detectados en forma libre en algunas frutas o luego de su liberación como consecuencia del procesado. El ácido gálico se puede encontrar conjugado como tal o frecuentemente en su forma dimérica (ácido elágico). Ambos son componentes esenciales de los taninos hidrolizables, como por ejemplo los elagitaninos de la frutilla, frambuesa y zarzamora. Generalmente estos ácidos no representan compuestos de gran interés nutricional, ya que sus contenidos en plantas comestibles son bajos, a excepción de las frutas rojas, como se ha mencionado (Manach *et al*, 2004).

Los ácidos cinámicos o derivados del ácido hidroxicinámico, están ampliamente distribuidos en muchos alimentos vegetales y bebidas. Entre ellos, las frutas rojas constituyen una fuente significativa de estos compuestos. Salvo en el caso de alimentos procesados, raramente se encuentran como ácidos libres y generalmente están esterificados con ácido químico, tartárico o glucosa. Tienen

una estructura básica C6-C3, siendo los más comunes los ácidos cafeico, ferúlico, sinápico y *p*-cumárico. Uno de los conjugados más frecuentes en frutas es el ácido clorogénico, que resulta de la esterificación de los ácidos cafeico y quínico. Así, el ácido cafeico, libre o esterificado, constituye el ácido fenólico más abundante en muchas frutas, mientras que el ácido ferúlico es el más abundante en granos de cereales (Manach *et al.*, 2004).

2.1.5.2. Flavonoides

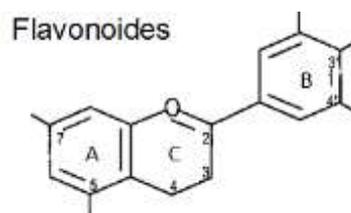
Los flavonoides son sustancias polifenólicas de bajo peso molecular que comparten el esqueleto común de difenil piranos (Martínez *et al.*, 2000) (Figura 02A); consta de dos grupos fenilo (A y B) unidos por un puente de tres carbonos que forma un anillo heterocíclico oxigenado (anillo C), conformándose así un esqueleto carbonado C6-C3-C6 (Manach *et al.*, 2004). Los átomos de carbono en los anillos C y A se numeran del 3 al 8, y en el anillo B desde el 2' al 6'. El número y la posición de los grupos hidroxilo y la subsiguiente adición de anillos aromáticos determinarán muchas de sus propiedades. En función de los grados de oxidación e instauración del anillo heterocíclico se pueden diferenciar varias clases de flavonoides y, dentro de cada clase, se pueden establecer diferencias en base a la naturaleza y número de los sustituyentes unidos a los anillos (Robards *et al.*, 1999). De esta manera, la familia de los flavonoides se subdivide en flavonas, isoflavonas, flavonoles, flavanoles, flavanonas y antocianidinas. La Figura 02B presenta la estructura molecular general de las distintas clases de flavonoides y los respectivos derivados que se encuentran con mayor frecuencia en la naturaleza.

La mayoría de los tejidos vegetales pueden sintetizar flavonoides, los cuales se encuentran generalmente en forma de glicósidos solubles en agua, tanto en hojas como frutos presentes en la dieta humana. Las agliconas de los flavonoles y flavonas no se encuentran en el vegetal fresco, pero pueden presentarse como consecuencia del procesado. Los azúcares predominantemente se unen al núcleo del flavonoide mediante enlace β -glicosídico, preferentemente en la posición 3, aunque las uniones se pueden producir en otras posiciones. Se han identificado más de 80 azúcares diferentes unidos a los flavonoides, pudiendo ser monosacáridos, disacáridos, trisacáridos e incluso tetrasacáridos (Hollman y Arts, 2000). Dentro de los azúcares más comunes están la glucosa, galactosa, ramnosa, arabinosa, xilosa y ácido glucurónico (Manach *et al.*, 2004).

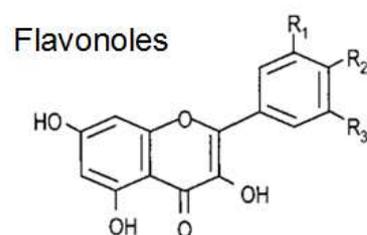
A su vez, el grupo de las flavanonas pueden considerarse formado por compuestos análogos a las flavonas con el anillo C saturado. Generalmente están glicosiladas con un disacárido en C7. Constituyen un grupo minoritario en alimentos, encontrándose en altas concentraciones principalmente en frutas cítricas, aunque también se encuentran en tomate y ciertas plantas aromáticas como la menta. Las principales agliconas son naringenina (pomelo), hesperetina (naranja) y eriodictiol (limón). Debido a que las flavanonas se localizan en las partes sólidas de cítricos, en particular en el tejido blanco esponjoso del albedo y en las membranas que envuelven los segmentos. Así, la fruta entera puede contener hasta cinco veces más flavanonas que su jugo (Tomas y Cliffort, 2000).

Finalmente, los flavanoles poseen el anillo C saturado y un grupo hidroxilo en C3. A diferencia de otros grupos de flavonoides, los flavanoles encontrados en los alimentos no están glicosilados y los más representativos son de tipo flavan-3-ol, pudiendo aparecer como monómeros (catequinas), oligómeros (procianidinas), o bien como polímeros (proantocianidinas o taninos condensados). La epicatequina y la catequina son los compuestos mayoritarios en frutas. Las catequinas también se encuentran en el vino y chocolate, que son las fuentes mayoritarias. En cambio, la galocatequina, epigalocatequina y galato de epigalocatequina aparecen principalmente en el té (Arts *et al.*, 2000)

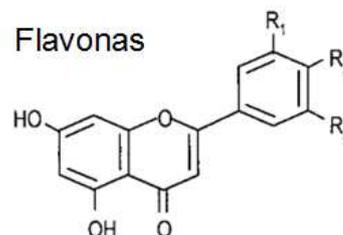
A.



B.



$R_2 = OH; R_1 = R_3 = H$: Kaempferol
 $R_1 = R_2 = OH; R_3 = H$: Quercetin
 $R_1 = R_2 = R_3 = OH$: Myricetin



$R_1 = H; R_2 = OH$: Apigenin
 $R_1 = R_2 = OH$: Luteolin

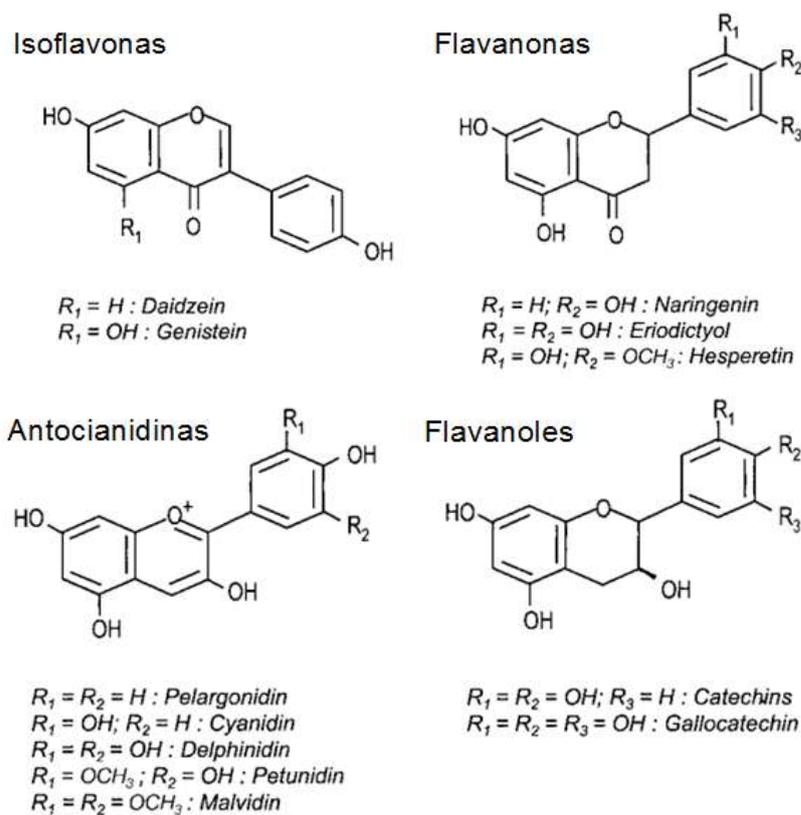


Figura 2. A) Estructura química básica de los flavonoides. B) Estructuras básicas de distintos tipos de flavonoides y ejemplos de compuestos representativos.

2.1.6. Antioxidantes

El antioxidante es una molécula capaz de prevenir o retardar la velocidad de oxidación de las sustancias autooxidables (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos (INTA, 2015) (Fennema, 2000), al entregar un electrón a los radicales libres se desactivan, apagando el proceso de oxidación, y transformándose ellos en radicales libres inactivos o flojos (Leighton *et al.*, 2000), todo ello evitan la pérdida de olores, sabores y apariencia general de los alimentos (Alcázar, 2002).

Para que un compuesto sea definido como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas, la primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado, puede retrasar o prevenir la autooxidación o la oxidación mediada por un radical libre y la segunda, no puede actuar en oxidaciones posteriores (Rice - Evans *et al.*, 1996). Los radicales libres se producen como resultado de la oxidación celular, y su número limitado y controlado resulta beneficioso para el organismo, por su papel

que desempeñan dentro del sistema inmunológico, dado que son capaces de eliminar microorganismos, pero cuando su número aumenta y se inestabiliza produce resultados negativos como es el caso de enfermedades degenerativas como alteraciones en el aparato circulatorio, sistema nervioso, cáncer, SIDA o el envejecimiento, debido a la alteración del ADN de las células (EcEwen, 1998).

(Leighton y Urquiaga, 2000), mencionan que los radicales libres, son especies químicas, átomos o moléculas, con un electrón solitario girando en sus órbitas extremas. Esta condición, químicamente muy inestable, lo torna sumamente activo puesto que el electrón impar o solitario “busca desesperadamente una pareja” para salir del desequilibrio atómico.

Para lograr su objetivo, sustrae un electrón a cualquier molécula vecina, es decir, la oxida alterando su estructura y convirtiéndola a su vez en otro radical libre ansioso de captar un electrón, generando así una reacción en cadena.

2.1.6.1. Tipos de Antioxidantes

Existen antioxidantes naturales presentes en nuestro organismo o sintéticos, dentro de cada grupo los antioxidantes pueden ser enzimas que aumentan la velocidad de ruptura de los radicales, otros que previenen la participación de iones de metales de transición en la generación de radicales libres y los inactivadores o barredores, de esta manera protegerían de las infecciones, del deterioro celular, del envejecimiento prematuro y probablemente del cáncer.

- **Antioxidantes sintéticos**

Los antioxidantes sintéticos más usados son los compuestos fenólicos como el Butil-Hidroxi-Anisol (BHA), el Butil – Hidroxi-Tolueno (BHT), el Ter-Butilhidroquinona (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico, como el galato de propilo o Propilgalato (PG). Los antioxidantes fenólicos sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar la solubilidad en grasas y aceites (Pokorny y Gordon, 2005).

La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad. Sin embargo, actualmente se está cuestionando el uso de algunos de ellos ya que nuevos datos toxicológicos, obtenidos durante su prolongado período de uso, aconsejan mantener cierta precaución. En este sentido, los productos naturales se presentan como sustancias más saludables y seguras (Pokorny y Gordon, 2005).

- **Antioxidantes naturales**

Se trata de un grupo de vitaminas y otros compuestos vegetales y enzimas que bloquean el efecto perjudicial de los denominados radicales libres (INTA, 2015). Es muy difícil intentar definir los antioxidantes naturales, pero en general el término alude a aquellas sustancias que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas y los animales, y a aquellos que se forman durante el cocinado o el proceso de compuestos alimenticios de origen vegetal o animal (Pokorny y Gordon, 2005).

Los antioxidantes naturales se encuentran presentes en todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales. La mayoría son compuestos fenólicos, entre los cuales los grupos principales son los tocoferoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos (Pokorny y Gordon, 2005).

2.1.7. Capacidad antioxidante

Los alimentos de origen vegetal en especial de las frutas y los vegetales presentes en la dieta de acuerdo de estudios epidemiológicos realizados, pueden ejercer un efecto protector contra algunas enfermedades tales como el cáncer y trastornos cardiovasculares por la presencia de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante y una mezcla compleja de compuestos fenólicos (Padilla *et al.*, 2008).

Los antioxidantes son moléculas que tienen la propiedad de evitar o prevenir la oxidación con otras moléculas. Se produce una oxidación, siempre que una especie cede electrones a otra, la especie que gana electrones se reduce, y la que pierde se oxida. En estas reacciones de oxidación, a veces, se pueden producir radicales libres, especies muy oxidativas y que pueden producir daños al organismo (Lim *et al.*, 2007).

Los antioxidantes protegen el organismo de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que puedan dañar el organismo a nivel celular, este daño producido por los radicales libres puede aumentar el riesgo al desarrollo de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas. Los antioxidantes desactivan los radicales libres minimizando el daño y protegiendo el organismo de este tipo de enfermedades (Padilla *et al.*, 2008).

2.1.8. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

A lo largo de los años, algunos beneficios han sido atribuidos a los compuestos fenólicos, y un gran número de estudios han sugerido que el consumo de frutas y verduras pueden reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de cáncer, potencialmente a través de la actividad biológica de los compuestos fenólicos así como de las vitaminas como antioxidantes (Proteggente *et al.*, 2002).

Cada compuesto fenólico actuará por uno o más mecanismos, según sus propiedades características. De manera general, los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes mediante dos mecanismos principales: la neutralización de radicales libres y la quelación de metales (Rice-Evans *et al.*, 1996).

En la neutralización de radicales libres, los compuestos fenólicos actúan como donantes de hidrógeno o electrones debido a su bajo potencial redox, lo que los hace termodinámicamente capaces de reducir radicales libres altamente oxidantes como el radical superóxido, peroxilo, alcoxilo e hidroxilo en reacciones de terminación que interrumpen las reacciones de oxidación en cadena (Pietta, 2000). En la Figura 03 se ilustra este mecanismo, donde FI es un flavonoide y FI-O \cdot el radical aroxilo generado menos reactivo, ya que se estabiliza por resonancia con los electrones π del anillo aromático. A su vez, este radical aroxilo puede reaccionar con un segundo radical, adquiriendo una estructura de quinona estable.

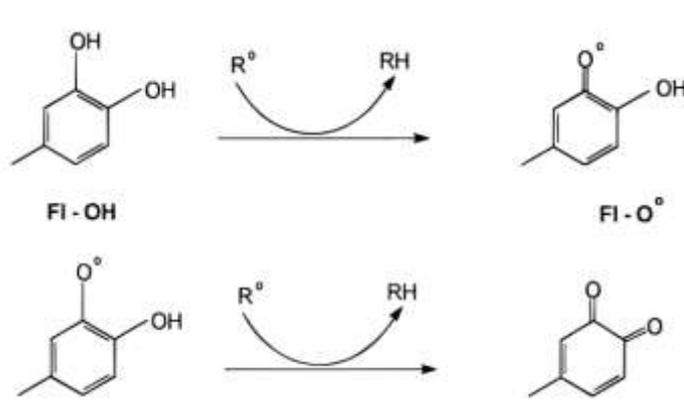


Figura 3. Actividad neutralizante de radicales libres mediante donación de protones y posterior estabilización de la molécula de flavonoide

Diferentes características estructurales parecen estar involucradas en la acción antioxidante de los compuestos fenólicos por este mecanismo. Por un lado, la presencia de un grupo catecol (*o*-3',4'-dihidroxi) en el anillo B, el cual tiene las mejores propiedades donantes de electrones y por otro lado, la presencia en el anillo C del doble enlace entre C2 y C3 conjugado con el grupo oxo en C4, el cual es responsable de la deslocalización electrónica, contribuyendo así a incrementar la estabilidad del radical aroxilo.

Otros aspectos a considerar que pueden modificar la actividad antioxidante son: el número de grupos hidroxilo en el anillo B y la presencia de sustituyentes en la posición 3 del anillo C. Como ejemplo del primer caso se puede citar a la miricetina, la cual en comparación con el canferol posee dos grupos hidroxilos adicionales, otorgándole una mayor capacidad antioxidante. En el segundo caso, si la posición 3 del anillo C está glicosilada, tendrá una estructura menos efectiva que su correspondiente glicósido. Si en cambio el sustituyente es un grupo hidroxilo, la actividad antioxidante se verá incrementada, mientras que grupos hidroxilo o metoxilo adicionales en las posiciones 3, 5 y 7 de los anillos A y C parecen ser menos importantes. De esta manera, los flavonoles y las flavonas que contienen un grupo catecol en el anillo B son muy activos, siendo los flavonoles más potentes que las correspondientes flavonas, debido a la presencia del grupo hidroxilo en la posición 3 del anillo C (Rice-Evans *et al.*, 1996).

Otro mecanismo de actividad antioxidante de ciertos compuestos fenólicos tiene que ver con su propiedad de quelar iones metálicos como hierro o cobre, que al unirse a ellos reducen la capacidad de éstos para generar radicales libres mediante reacciones redox (Hudson y Lewis, 1983); (Rice-Evans *et al.*, 1996). Los sitios de unión propuestos para el secuestro de iones metálicos son el grupo catecol en el anillo B y los sitios comprendidos entre el grupo 4-oxo y los grupos hidroxilo en posición 3 y/o 5 (Figura 04). Sin embargo, (Van Acker *et al.*, 1996), postularon que la mayor contribución a la quelación de metales se debe al grupo catecol, al observar una mayor quelación del cobre por la quercetina en comparación con la del canferol.

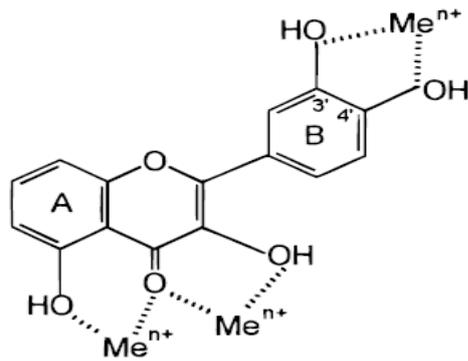


Figura 4. Sitios de unión de iones metálicos (Me^{n+}) en la molécula de polifenol

Fuente: Pietta, 2000.

Otra vía mediante la cual los polifenoles pueden exhibir capacidad antioxidante parece estar relacionada con su capacidad para inhibir ciertas enzimas implicadas en la generación de especies reactivas del oxígeno. Como evidencia se ha descrito que ciertos flavonoides pueden inhibir la xantina oxidasa, ciclooxigenasa, lipoxigenasa, glutatión S-transferasa, succinoxidasa mitocondrial y NADH oxidasa (Hanasaki *et al.*, 1994).

Un aspecto importante a tener en cuenta es la dependencia de la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos con su solubilidad relativa en fase acuosa o lipídica. Los flavonoides y los ácidos cinámicos poseen coeficientes de partición intermedios, que dependen en gran medida de su estructura química y de los sustituyentes presentes (grupos hidroxilo, metoxilo, azúcares, etc.). Generalmente, los compuestos hidrofóbicos entran en las células más rápido que los hidrofílicos por procesos de difusión simple. Una vez en el organismo, los compuestos fenólicos más hidrofóbicos tendrán su destino en ambientes lipídicos y los más hidrofílicos permanecerán en medios prevalentemente acuosos (Parr y Bolwell, 2000). Así, la unión de azúcares hace a los compuestos fenólicos más hidrosolubles pero disminuye su actividad antioxidante (Rice-Evans *et al.*, 1996). Por ello, los compuestos fenólicos con más afinidad por los ambientes lipídicos del organismo podrían tener una mayor relevancia en la prevención de enfermedades. De hecho, los compuestos fenólicos de carácter liposoluble y capaz de unirse a lípidos previenen la oxidación de las LDL *ex vivo* de forma directa y/o mediante la preservación de otros antioxidantes liposolubles como el α -tocoferol (Zhu *et al.*, 2001).

2.1.9. Medición de los antioxidantes

La actividad antioxidante no puede ser medida directamente, pero puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlado. La medición de una muestra oxidante, pueden usarse intermediarios o productos finales para valorar su capacidad antioxidante. (Tovar, 2013).

Huang *et al.*, (2005) citado por Tovar, (2013), señalan que para determinar la capacidad antioxidante pueden ser divididos en dos categorías, el primero, ensayos basados en la reacción por transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y el segundo en ensayos basados en la reacción por transferencia de electrones (ET). En la Tabla 5, se muestra las dos categorías.

Tabla 5. Clasificación de los modelos de ensayo

Ensayo	Características morfológicas
1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH.)	
Poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP)	Ensayos basados en la transferencia de electrones (ET)
Poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP)	
N,N-dimetil-p-fenilendiamina (DMPD)	
Capacidad de reducción antioxidante del cobre (CUPRAC)	Ensayos basados en la transferencia de átomos de hidrógeno (HAT)
Capacidad de absorción dl radical oxígeno (ORAC)	
Parámetro antioxidante de captura de radicales (TRAP)	
Inhibición de la oxidación del ácido linoleico	
Inhibición de la oxidación de los lípidos de baja densidad (LDL)	

Fuente: Huang *et al.*, 2005.

Comúnmente, la capacidad antioxidante se mide utilizando el ensayo de decoloración ABTS. Otros ensayos de capacidad antioxidante que utilizan Trolox como estándar incluyen los ensayos del difenilpicrilhidrazilo (DPPH), la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), la capacidad antioxidante total del plasma (FRAP) y el ensayo TEAC se utiliza para medir la capacidad de los alimentos, bebidas y suplementos alimenticios (Huang *et al.*, 2005), citado por (Tovar, 2013). Por otra parte, (Brend, 2012), indican que el método DPPH es el método más antiguo para determinar la capacidad

antioxidante, este método ha sido considerado uno de los modelos más representativos para el empleo de los radicales en la evaluación de la capacidad de eliminación de los radicales libres.

2.1.10. Germinado de semillas

Matilla, (2003) define la germinación como el conjunto de procesos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula capaz de valerse por sí misma y transformarse en una planta fotosintéticamente competente. Cuando las semillas viables en estado de quiescencia se embeben con agua, comienzan una serie de eventos que culminan con la emergencia de la radícula por fuera de las envolturas seminales o del fruto. Esto significa que el proceso de la germinación se cumplió exitosamente (Lallana, 2005). En los granos germinados desencadenan una serie de procesos enzimáticos que mejoran su digestibilidad y aumentan su valor nutricional, la germinación puede darse por la presencia del contacto de las semillas con agua, calor y oxígeno, con estos tres elementos es suficiente para que las enzimas diastasas se activen y den lugar a nuevas reacciones (Goyoaga, 2005).

2.1.11. Fases de la Germinación

Comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente:

Fase I - Hidratación: La absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla (Figura 05).

Fase II - Germinación: El inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias para el correcto desarrollo de la plántula.

Fase III - Crecimiento: El crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

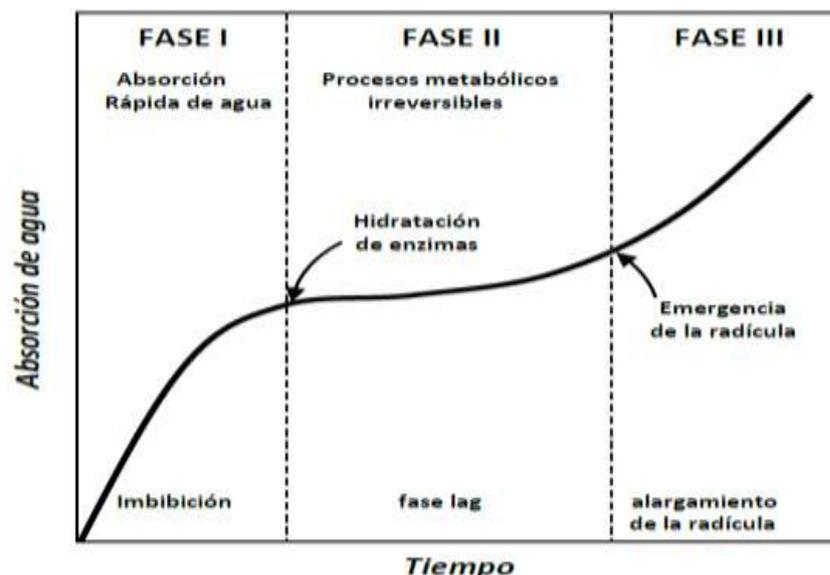


Figura 5. Esquema de la fase de Hidratación, germinación y crecimiento en el proceso de germinación.

Fuente: Bewley, 1997

2.1.12. Valor nutritivo en germinación de semillas

Los germinados de semillas son una buena fuente de aminoácidos, carbohidratos, fibra y grasa poliinsaturada, benéficas para el corazón y los vasos sanguíneos. Entre sus vitaminas sobresalen la vitamina C, B9 o ácido fólico, beta- caroteno o provitamina A, E y K. sus, minerales más notables son: potasio, magnesio, calcio, hierro y cinc. El germinado de alfalfa también es fuente de enzima, que favorecen la digestión; flavonoides de acción antioxidante, y clorofila (Kylan y McCready, 1975)

En numerosos vegetales estudiados, los germinados de alfalfa se colocan en los primeros lugares como fuentes de antioxidantes (Cao, 1997). Los valores nutricionales de diferentes tipos de germinados de semilla se consignan en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores nutrimentales de los germinados de semilla en 250 g.

Germinado	Valores nutricionales de germinado de semillas					
	Calorías	Proteínas	Fibra	Vitamina C	Hierro	Folatos
alfalfa	10	1.3	3	5	2	3
Frijol mungo	26	2.5	4	23	4	9
Rábano	16	1.4	n/a	18	2	9
Soya	86	9	3	17	8	30
Trigo	214	8	4	5	11	10

Fuente: Departamento de Agricultura U.S. 2000.

2.1.13. Capacidad antioxidante en germinados

Basándose en el peso fresco de distintas vegetales, el ajo tiene la mayor actividad antioxidante contra radicales peroxi, seguido de la col rizada, la espinaca, la col de Bruselas, el germinado de alfalfa, el brócoli, la coliflor, entre otras. Asimismo, también se ha demostrado capacidad antioxidante contra radicales hidroxilo en el germinado de alfalfa (Cav *et al.*, 1996). La capacidad antioxidante de un producto puede sufrir modificaciones durante el procesamiento, almacenamiento o por prácticas de cocción a las que es sometido (Chávez *et al.*, 2002).

Paško *et al.*, (2008) Cabe mencionar que la actividad antioxidante en los brotes germinados fue dependiente del tiempo de crecimiento y mayor cuando los brotes crecieron en condiciones naturales de iluminación que en la oscuridad.

2.1.14. Capacidad antioxidante en la quinua

Gorinstein *et al.*, (2007), expresaron que los principales antioxidantes en pseudocereales son polifenoles, pero también las proteínas juegan un rol en la actividad antioxidante general; y por otra parte, Tang *et al.*, (2015) revelaron que compuestos lipofílicos contribuyen significativamente a la actividad antioxidante.

Ha sido documentado en ensayos de restricción de agua que la capacidad antioxidante de semillas de quinua se incrementa en la medida en que a más bajos niveles de disponibilidad de agua son sometidas las plantas (Fischer *et al.*, 2013). Las quinua de color rojas presentaron mayores contenidos de los compuestos bioactivos y mayor actividad (Brend *et al.*, 2012). Tang *et al.*, (2015) encontraron que las semillas de quinua negra y roja poseen mayor concentración de fenólicos y actividad antioxidante que las semillas blancas. Los carotenoides fueron confirmados en semillas de quinua de distintos colores, y la concentración fue más alta en semillas de color negro, y cabe destacar que la actividad antioxidante de extractos lipofílicos de semillas de quinua se ha correlacionado positivamente con los carotenoides totales (Tang *et al.*, 2015).

2.1.15. Compuestos fenólicos del grano de quinua.

Además del aporte de nutrientes tales como almidón, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, las semillas de quinua proveen ciertos compuestos de estructura fenólica con potenciales beneficios para la salud. (Tang *et al.*, 2015).

Los principales compuestos fenólicos de las semillas de quinua pertenecen a los grupos de los ácidos fenólicos y flavonoides.

Dentro de los ácidos fenólicos se encuentran tanto derivados del ácido benzoico, tales como los ácidos *p*-hidroxibenzoico, 3-4-dihidroxibenzoico, vanílico y protocatéquico y derivados del ácido cinámico, entre ellos los ácidos *p*-cumárico, cafeico, ferúlico e isoferúlico (Alvarez-Jubete *et al.*, 2010).

Por otro lado, las semillas de quinua son una fuente abundante de flavonoides, principalmente glicósidos de los flavonoles quercetina y canferol, (Hirose *et al.*, 2010), aunque también se ha detectado epicatequina y glicósidos de miricetina e isorhamnetina en algunas variedades. (Tang *et al.*, 2015), En un extracto etanólico de semillas de quinua, aislaron seis flavonoles glicosilados derivados de las agliconas quercetina y canferol con residuos azucarados de L-ramnosa, D-apiosa y D-galactosa (Zhu *et al.*, 2001).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Proteína de la quinua

La quinua es fuente de proteína de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que, las proteínas de los cereales son diferentes en estos aminoácidos. La proteína de la quinua cubre los requerimientos de aminoácidos esenciales, llena los requerimientos de proteína o nitrógeno total del adulto, y aporta también las cantidades requeridas de cada uno de los aminoácidos esenciales más limitantes para síntesis de proteína tisular en el organismo. Además, presenta un balance adecuado de aminoácidos esenciales, elevada lisina en sus semillas y hojas, buen contenido de vitaminas, alto contenido de calcio, fósforo y hierro. (Muñoz, 2013).

2.2.2. Antioxidante

Un antioxidante es una molécula capaz de prevenir la oxidación de un sustrato oxidable, actuando como donador de electrones (agente reductor), todos los seres vivos que utilizan el oxígeno para obtener energía, liberan radicales libres, lo cual es incompatible con la vida a menos que existan mecanismos celulares de defensa que los neutralice. A estas defensas se las denomina antioxidantes. Los alimentos digeribles como las frutas o bayas son funcionales y antioxidantes

que retardan el envejecimiento ya que son flavonoides hidrosolubles (Miquel, 1989).

2.2.3. DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)

La molécula (DPPH) es conocida como un radical libre estable debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa. La deslocalización del electrón intensifica el color violeta intenso típico del radical, el cual absorbe en metanol a 517 nm. Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color violeta cambia al color amarillo o transparente (Reátegui *et al.*, 2013).

2.2.4. Germinado

Los germinados aumentan potencialmente su riqueza nutricional conforme se desarrollan hasta alcanzar un nivel óptimo. Durante este proceso germinativo se pueden encontrar nutrimentos que las semillas por si solas no tienen, en especial, vitaminas A, B, C, E y K. Todos los germinados son nutritivos, debido a que contienen calcio, hierro, magnesio, potasio y fósforo, además de un alto contenido de fibra y carecen de colesterol (Tamez y Méndez, 1997).

Los germinados cobran gran importancia por el buen balance dietético, composición química y su contenido de vitaminas. Además, la presencia de nutraceuticos como antioxidantes (Cav *et al.*, 1996). Aunque existe el consumo de germinados de diferentes especies a nivel comercial, no existe un estudio detallado que describa la variación de fotoquímicos.

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales del germinado y los análisis de los compuestos fenólicos se desarrollaron en los Laboratorios de Biotecnología y Laboratorio de Química de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicada en el barrio de Santa Rosa del Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas de la Región Apurímac.

En cuanto los análisis del contenido proteico y la capacidad antioxidante se desarrollaron en los laboratorios de análisis químico y laboratorio de cromatografía y Espectrometría de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se considero como población a tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) que son Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana las cuales fueron compradas de la cooperativa Machu Picchu ubicada en el distrito de San Jerónimo

3.2.2. Muestra

La muestra está referida, a la quinua de las tres variedades. Para cual se trabajó con 1 kg de muestra para cada variedad de quinua de acuerdo al arreglo experimental, las cuales serán seleccionadas.

3.2.3. Muestreo

Fue del tipo no probabilístico a criterio debido a que las muestras de quinua fueron procedentes de productores agrupados.

3.3. Materiales, instrumentos y equipos

Los materiales e instrumentos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto se muestran en Tabla. 7, 8, 9 y 10.

Tabla 7. Lista de materiales

Cantidad	Materiales
15	Vaso de precipitado de 50 ml
01	Micropipeta (50 a 100 μ l)
72	Tubos de ensayo con tapa rosca
02	Gradillas
03	Fioles de (25 a 50)
05	Pipetas de 10 ml
03	Bandejas de plástico
06	Bandejas de aluminio
03	Espátulas de acero inoxidable
03	Jarras de plástico de 2 l
01	Rotulador
02	Mortero con pilon
01	Rollos de papel toalla
01	Rollo de papel aluminio

Tabla 8. Equipos e instrumentos

Cantidad	Equipos e instrumentos
01	Balanza analítica, campo de pesado 0.1 mg – 120 g
02	Termómetro digital (0 – 100 °C)
01	Espectrofotómetro
01	Refrigeradora
01	Estufa
01	Agitador magnético
01	Licuada industrial
01	Centrifuga con temporizador digital
01	Analizador de humedad
01	Vernier
02	Termómetro de 0 a 200 °C.

Tabla 9. Lista de reactivos e insumos

Cantidad	Reactivos e insumos
100 ml	Metanol al 80 %
20 g	Carbonato de sodio
50 ml	Folin cicalteu
25 mg	Acido gálico
20 ml	Agua destilada o esterilizada

Tabla 10. Lista de material vegetal

Cantidad	Materia vegetal
1 kg	Quinoa Salcedo INIA
1 kg	Quinoa Pasankalla
1 kg	Quinoa Negra collana

3.4. Tipo de investigación

De acuerdo al fin que persigue

- Aplicada: La materia de investigación se logró aplicando conceptos teóricos y científicos pertinentes al tema.

De acuerdo a la técnica de contrastación

- Experimental: Durante la experimentación se manipuló las variables de estudio como: variedades de quinua el cual se denominó factor o fuente de variabilidad.

3.5. Método de análisis

3.5.1. Germinación de la Quinoa.

La germinación se desarrolló de acuerdo a Torres y Chávez, (2016) tomando en cuenta algunas modificaciones. El diagrama de Flujo se muestra en la (Figura 6).

Recepción de materia prima: Se recepcionó la materia prima en el laboratorio de química.

Selección: Se eliminó todo tipo de materias extrañas presentes en la quinua

Pesado: Se pesó 1 Kg de cada variedad de quinua

Lavado y desinfectado: Se realizó un lavado manual con abundante agua para extraer la mayor cantidad de saponina por fricción hasta que no forme espuma.

Luego, las semillas fueron esterilizadas mediante un remojo en una solución de hipoclorito de sodio al 1 % por 5 minutos.

Remojo: Se remojo las semillas en jarras de plástico por un espacio de 4 horas con agua destilada, para la cantidad de agua se realizó el siguiente cálculo

$$Q_{\text{agua}} = \left[\left(100 - \frac{H_i}{100} - H_f \right) - 1 \right] * \text{cantidad de muestra en granos} \dots \dots \text{Ec. 1}$$

Dónde:

H_i = Humedad de la muestra

H_f = Humedad final de la muestra

Q_{agua} = cantidad de agua

La humedad final requerida para que se active el proceso de crecimiento y desarrollo está entre 40 y 45%. La temperatura del ambiente varió entre 20 °C y 24 °C (Bravo *et al.*, 2013).

Escurrido: se eliminó todo el agua de remojo, es importante esta etapa para prevenir pudrición o contaminación por hongos en los brotes.

Germinado: El germinado de quinua se realizó en bandejas de plástico acolchadas y cubiertas con tela húmeda, por un tiempo de 24 horas y 48 (Bravo *et al.*, 2013).

Medida de radícula: las radículas fueron medidas por cada día, en el que se visualizó el crecimiento de la radícula.

Secado: Los germinados de quinua una vez listos, fueron extendidos en las bandejas, para luego dar inicio al secado en la estufa a una temperatura entre 55 a 60 °C. El tiempo de secado varia con el grosor de la capa de grano, pudiendo ser necesario emplear entre 10 a 15 horas. (Bravo *et al.*, 2013)

El tiempo de secado va depender del grosor de la capa de granos, pudiendo ser necesario emplear entre 10 a 15 horas (Bravo *et al.*, 2013).

Moliendo: Proceso que consistió en desmenuzar los granos de quinua en una licuadora industrial y su posterior tamizado.

Tamizado: para el tamizado se empleó un tamizador mecánico del laboratorio malla N° 45.

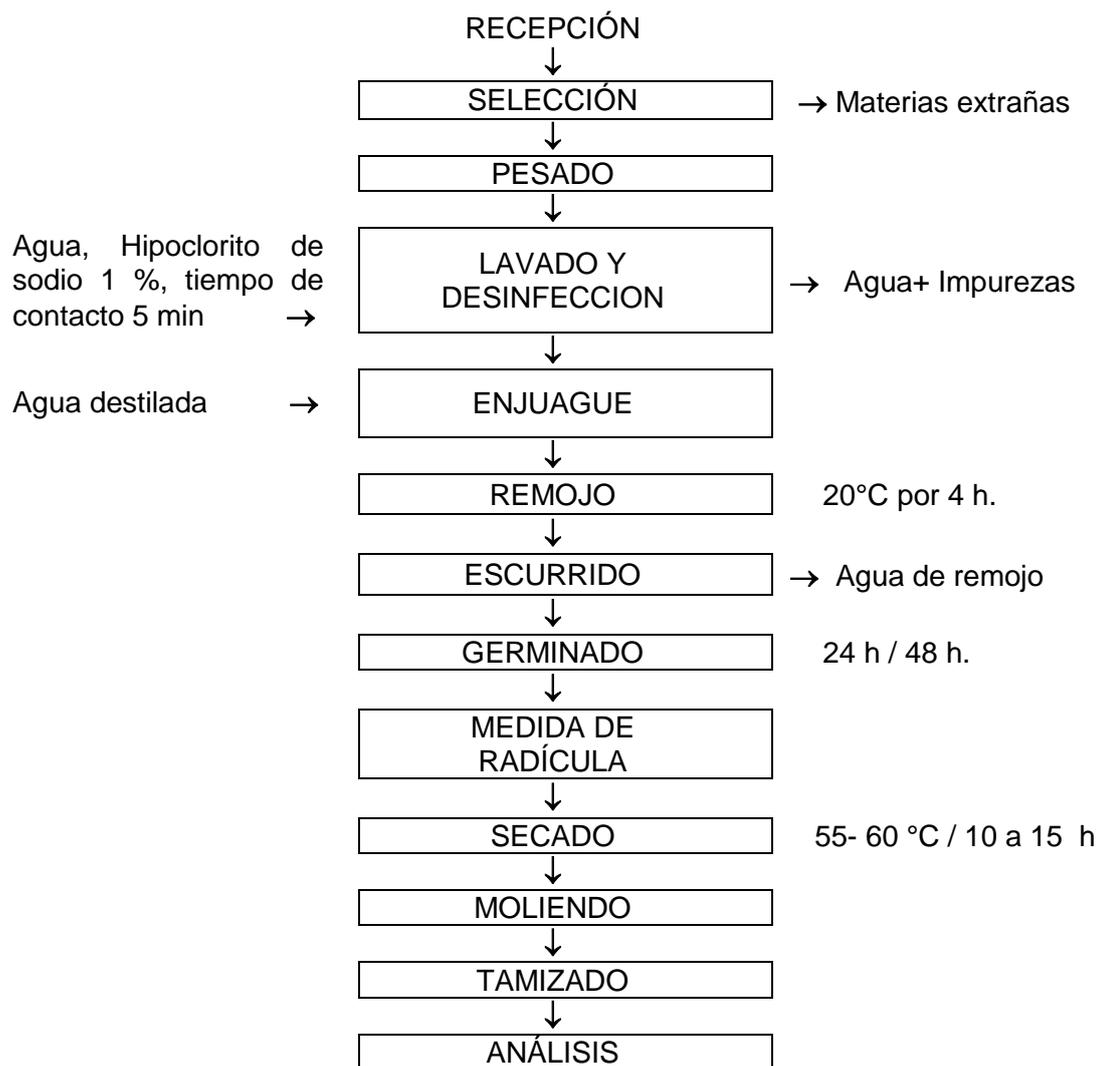


Figura 6. Diagrama de Flujo de la germinación de la quinua
Fuente: (Torres y Chávez, 2016) con algunas modificaciones.

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Determinación de proteína

Para la determinación del porcentaje de proteínas se utilizó el método Kjeldahl según NTP 205.005 (2011).

Procedimiento

Se pesó 1 g de muestra en el papel de filtro, se introdujo en el balón de Kjeldahl. Se añadió una cucharada al ras de la mezcla catalizador - elevador de temperatura, y se adicionó 25 ml de ácido sulfúrico concentrado por los bordes del balón.

Se colocó el balón de Kjeldahl en la hornilla eléctrica durante un hora y media aproximadamente hasta la aparición de una solución de color verde-esmeralda limpio. Durante la hora y media de digestión, el balón de Kjeldahl se fue rotando periódicamente con la finalidad de que la combustión de la materia orgánica en la muestra fuera homogénea.

Se dejó enfriar el producto así obtenido y se adiciono 500 ml de agua.

Antes de iniciar el proceso de destilación, en un vaso Erlenmeyer se añadió 50 ml de ácido bórico y 3 a 4 gotas de indicador rojo de metilo. Se colocó el vaso Erlenmeyer en la parte terminal del equipo de destilación de modo que el terminal quedara inmerso en la solución bórica.

En el Balón de Kjeldahl, después de adicionar los 500 ml de agua, se añadió 4 gotas granallas de Zinc e inmediatamente 50 ml de solución de soda al 50 % y se colocó en el equipo de destilación, hasta obtener un volumen aproximado de 250 ml de destilado en el vaso Erlenmeyer, inmediatamente se interrumpió el proceso de destilación.

Se tituló el contenido del vaso Erlenmeyer con HCL 0.1 N hasta variación de color, en este caso amarillo a rojo. Se anotó el volumen gastado.

$$\% Proteina = \frac{V * N * 14 * f}{1000 * W} * 100 \dots \dots \dots Ec. 2$$

Dónde:

V = volumen gasto de HCl en la titulación (ml)

N = normalidad del HCl

14 = equivalente-gramo del nitrógeno.

W = peso de muestra (g)

f = factor proteico: 6.25

3.6.2. Análisis de compuestos fenólicos

Las determinaciones de fenoles totales se realizaron mediante el método espectrofotométrico con el reactivo de Folin Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999).

Este método consiste en la oxidación de los grupos fenólicos por los ácidos fosfomolibdicos y fosfotúngsticos, este reactivo tiene una coloración amarilla que

en presencia de fenol se forma un complejo verde azulado que se mide a 765 nm.

Preparación de la muestras

Se molió las muestras deshidratadas en seco hasta obtener partículas finas.

Se pesó 1 g. de muestra, se añadió 10 ml de metanol al 70 % (p/v) y se mezcló por 5 min en el agitador vortex. Seguidamente se llevó a un Baker cada uno y se colocaron en un agitador magnético por 15 minutos a una velocidad de 800 RPM a temperatura ambiente en oscuridad.

Se almaceno los homogenizado por un tiempo de 24 horas a 4 °C en oscuridad.

Transcurrido este tiempo se procedió a centrifugar los homogenizado por un tiempo de 20 minutos a 3000 RPM a temperatura ambiente.

Luego se tomó el líquido sobrenadante, el líquido obtenido es la muestra, lista a ser evaluada.

Preparación de la dilución de carbonato de sodio 20%

Se preparó una disolución de carbonato de sodio al 20 % con 5 g de carbonato de sodio en un matraz aforado de 25 ml, luego se disolvió en 15 ml de agua luego se llevó al ultrasonido hasta su completa disolución, finalmente se aforo su volumen de con agua destilada.

Preparación de la dilución 1N del reactivo folin ciocalteu

Se realizó por medio de una dilución 1:2 del reactivo comercial (2N) en agua destilada; y el reactivo se protegió de la luz y se refrigero hasta su uso.

Preparación de la solución madre de ácido gálico 0,1 g/l

Se preparó una dilución patrón de ácido gálico de 0.1 g/l, con 25 mg de ácido gálico, luego se colocó a una fiola aforado de 25 ml y con aforo de agua destilada luego se preparó una dilución 1:10 con agua destilada.

Curva de calibración

Se utilizó la solución madre de ácido gálico y se realizó diluciones a diferentes concentraciones de 0, 1, 2, 3, 4, 5 mg/l. La muestra en blanco se preparó sin ácido gálico; con 0,25 ml de Folin Ciocalteau a 1N más 0, 25 ml de carbonato de sodio al 20 % luego se aforo a un volumen final de 2 ml con agua destilada y las diferentes concentraciones se preparó según la Tabla 11, La curva de calibración se utilizara solo como referencia.

Tabla 11. Datos para la curva de calibración

Concentración	Ácido gálico	Folin ciocalteu	Carbonato de sodio 20 % (ml)	de	Agua destilada (ml)
0 mg/l	--	0.25	0.25		1.50
1 mg/l	0.02	0.25	0.25		1.48
2 mg/l	0.04	0.25	0.25		1.46
3 mg/l	0.06	0.25	0.25		1.44
4 mg/l	0.08	0.25	0.25		1.42
5 mg/l	1	0.25	0.25		1.40

Fuente: Singleton *et al.*, (1999).

Finalmente se realizó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda a 765 nm.

La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales fue:

$$Y = aAbs + b \dots \dots \dots Ec.03$$

Dónde:

Y = miligramos (mg) de ácido gálico equivalente / ml

Abs= Absorbancia a 765 nm

a, b → Procedentes de la ecuación normalizada

Determinación de fenoles totales

Se determinó los fenoles totales, para lo cual se mezcló 0.5 ml de cada extracto crudo y 0.75 ml de reactivo Folin Ciocalteu agitándose vigorosamente por 3 minutos. Después se agregó 0,75 ml de una solución de Carbonato de sodio, se agito vigorosamente. Posteriormente se incubo a una temperatura de 45°C por 15 minutos. Se utilizó como blanco el metanol acuoso (80:20 v/v) para medir la absorbancia a 765 nm. Los resultados de compuestos fenólicos se calcularon mediante la siguiente ecuación 04:

$$C.F.T = \frac{Y * D * V * 100}{p} \dots \dots \dots Ec.04$$

Dónde:

$C.F.T$ = Compuestos fenólicos en miligramos de ácido gálico equivalente (AGE) por cada 100 g de Quinoa germinada.

Y = Miligramos (mg) de ácido gálico equivalente /ml

D = Dilución

V = Volumen de muestra

p = Peso de la muestra en gramos

3.6.3. Determinación de capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se realizó mediante la metodología utilizada de acuerdo a: Park, (2017) y Brand-Williams, (1997).

Preparación de extracto

Se pesó 1 gramo de muestra de quinua molida, se mezcló con 10 ml de etanol al 70% (p/v). Las mezclas se dejaron en reposo durante 24 horas previa agitación luego se centrifugo, el extracto clarificado, se recogió para su posterior análisis.

Preparación de la curva estándar

Se preparó una curva de calibración de 2.5, 5.0, 10.0 $\mu\text{g/ml}$ de estándar Trolox en etanol absoluto y sus respectivos blancos con etanol, se mezclaron con 1.5 ml de DPPH, se dejó en reposo en oscuridad durante 30 minutos, se procedió a hacer las lecturas de las absorbancias con un espectrofotómetro (Génesis 20 Thermo Electron) a 517nm.

Ensayo de captación de radicales DPPH

Se utilizó la solución preparada de trolox, para luego realizar diluciones con diferentes concentraciones, de acuerdo a la Tabla 12.

Para la muestra y el blanco se tomaron 60 μl y se mezcló con 1.5 ml de DPPH de la misma forma como se preparó el estándar, se procedió a registrar las absorbancias. Las lecturas para el estándar se realizaron por triplicado y para la muestra por quintuplicado.

Se halló la inhibición al 50%, de acuerdo a la ecuación, % de Inhibicion = $1 - (\text{Abs Muestra} / (\text{Abs DPPH})) \times 100$, los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante fue realizado por quintuplicado, expresa el Coeficiente de

Inhibición al 50% (CI50 o IC50) en equivalentes Trolox que están presente en 100 g de muestra.

Curva de calibración

Se utilizó la solución preparada de Trolox, para luego realizo diluciones con diferentes concentraciones, de acuerdo a la Tabla 12.

Tabla 12. Datos para la elaboración de la curva estándar de solución Trolox

DPPH (ml)	Trolox µg	Etanol µl
1.5	2.5	0
1.5	0	25
1.5	5.0	0
1.5	0	50
1.5	10.0	0
1.5	0	100
1.5	20.0	0
1.5	0	200

Fuente: Laboratorio UNSAAC

3.7. Diseño experimental y análisis estadístico

3.7.1. Diseño Experimental de variables de entrada y salida

Las variables de entrada y salida se muestran en la Figura 7.

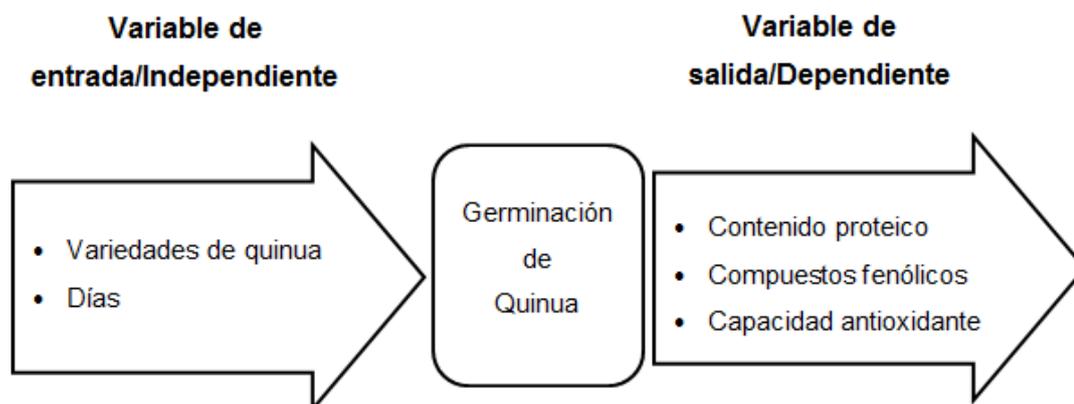


Figura 7. Diseño experimental

El diseño experimental fue del tipo DBCA, debido a que se manipula las variables: variedades de Quinua germinada y el tiempo de germinación, cuyo factor de bloqueo será la unidad, el arreglo experimental se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Arreglo experimental del tipo DBCA

Variedades	T (t)	Contenido proteico	Compuestos fenólicos	Capacidad antioxidante
Variedad 1	0	-	-	-
	1	-	-	-
	2	-	-	-
Variedad 2	0	-	-	-
	1	-	-	-
	2	-	-	-
Variedad 3	0	-	-	-
	1	-	-	-
	2	-	-	-

*La prueba se realizó por triplicado

3.7.2. Análisis Estadístico

Para el desarrollo del proyecto de investigación se empleó las siguientes pruebas estadísticas.

Prueba ANOVA, Tes de Tukey y Correlación de Pearson el objetivo es comparar los resultados de los datos de fenoles, capacidad antioxidante y contenido proteico de las tres variedades de quinua germinada.

- **Análisis de varianza (ANOVA) bifactorial**

El análisis de varianza (ANOVA), consiste en analizar los cocientes de las varianzas para probar la hipótesis de igualdad o desigualdad entre las medias debidas a los tratamientos y los bloques, separando la variación total en las partes con que construye cada fuente de variación. Las fuentes de variación principales son las debidas a los tratamientos, a los bloques y a las debidas al error, obteniendo posteriormente la Tabla 14 de ANOVA.

Tabla 14. Tabla de ANOVA bifactorial

FV	SC	GL	CM	F ₀	p-value
Factor	SC _F	k-1	CM _F	CM _F /CM _E	P (F>F ₀)
Bloque	SC _B	b-1	CM _B	CM _B /CM _E	P (F>F ₀)
error	SC _E	GL _T . (k-1)-(b-1)	CM _E		
total	SC _T	N-1			

Para evaluar los efectos de los factores o variables de entrada, aplico un ANOVA, cuya hipótesis estadística a probar será:

Hipótesis nula- H_0 : Las medias de los resultados del contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua germinada no muestran diferencias significativas.

Se rechaza la hipótesis nula si $\alpha > p$ -value o probabilidad evaluada

Al rechazo de la hipótesis nula del ANOVA, se aplicó el Test de comparación múltiple Tukey a fin de comparar los tratamientos.

- **Método de Tukey**

Que consistió en comparar las diferencias entre medias muestrales con el valor crítico dado por:

$$T_{\alpha} = \frac{q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{CM_E}}{n_i} \dots \dots \dots Ec. 05$$

Donde CM_E es el cuadrado medio del error, n es el número de observaciones por tratamiento, k es el número de tratamientos, $N - k$ es igual a los grados de libertad para el error, α es el nivel de significancia prefijado y el estadístico $q_{\alpha}(k, N - k)$ son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado. (Gutiérrez y Vara, 2012)

Hipótesis nula- H_0 : La variedad y el tiempo de germinado no presentan diferencias significativas en cuanto al contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad.

$$\bar{x}_i = \bar{x}_j$$

Hipótesis alterna- H_a : La variedad y el tiempo de germinado presentan diferencias significativas en cuanto al contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad.

$$\bar{x}_i \neq \bar{x}_j$$

Para algún i, j (tratamientos)

Nivel de significancia (α)

Para el caso de comparaciones de tratamientos habitualmente se emplea $\alpha = 0.05$

- **Correlación de Pearson**

La relación de las variables se determinó a través del coeficiente de correlación de Pearson – R_s , (para un nivel de significación - α del 95%), de las variables de estudio a través de Test de Spearman–Brown (Fernández y Baptista, 2014) de dos mitades (pares e impares).

$$r = \frac{N(\sum(A.B)) - (\sum A).(\sum B)}{\sqrt{[N.(\sum A^2) - (\sum A)^2]. [N.(\sum B^2) - (\sum B)^2]}} \dots\dots\dots Ec.06$$

$$R_s = \frac{2r}{1+r} \dots\dots\dots Ec.07$$

Dónde:

A , valores de los datos pares

B , valores de los datos impares

Nivel se significancia (α)

Para el caso de la evaluación de la correlación de las variables, se empleó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Interpretación del coeficiente de Pearson R_s

Si el valor de R_s :

- es -1, hay una correlación negativa perfecta
- si se encuentra entre -1 y -0.5, hay una fuerte correlación negativa
- si se encuentra entre -0.5 y 0, hay una débil correlación negativa
- si se encuentra entre 0 y 0.5, hay una débil correlación positiva
- si se encuentra entre 0.5 y 1, hay una fuerte correlación positiva
- si es 1, hay una correlación positiva perfecta

Si $\alpha = 0$, se acepta la hipótesis nula, en los casos contrarios se rechaza.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características de la quinua germinada

El poder germinativo alcanzado por las tres variedades de quinua es de 95%, 90% y 98% respectivamente, salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana anexo 01. Asimismo se ha obtenido el tamaño de radícula para los granos germinados (día1) de 5.1 a 6.6 mm entre las tres variedades de quinua, para el (día 2) es de 18.0 a 20.1 mm para las tres variedades de quinua Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de las características de la quinua germinada

Día	Tamaño de Radícula (mm)								
	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra collana		
	\bar{x}	\pm	S	\bar{x}	\pm	S	\bar{x}	\pm	S
0	2.3	\pm	0.01	2.3	\pm	0.01	1.9	\pm	0.04
1	6.2	\pm	0.18	5.1	\pm	0.19	6.6	\pm	0.25
2	18.0	\pm	0.25	18.2	\pm	0.47	20.1	\pm	1.01

*Los cálculos se encuentran en el anexo 02

Valencia (2015) menciona que los granos de quinua Negra collana (con desinfectante) con 12 horas de germinado alcanzo un poder germinativo de 40 % con longitudes de radícula entre 0.8 y 0.9 mm, 24 horas de germinado alcanzo un poder germinativo de 98.9 % con longitudes de radícula 10 y 15 mm. En caso de los granos de quinua no desinfectados, a las 24 horas de germinado alcanzo un poder germinativo de 75% y longitud de radícula entre 7.0 y 8.0 mm. Por otra parte Bravo *et al.* (2013) menciona que el tiempo total de germinado, es determinado por el crecimiento de la radícula hasta uno o dos centímetros, el tiempo determinado para la quinua fue de 24 horas, pues en ese tiempo las radículas crecieron entre 10.0 y 15. mm. Por otra parte Aguilar, (2017) menciona que el crecimiento del embrión debe alcanzar una longitud promedio de 7 a 10 mm.

4.2. Contenido proteico en las variedades de quinua germinada

Salcedo INIA

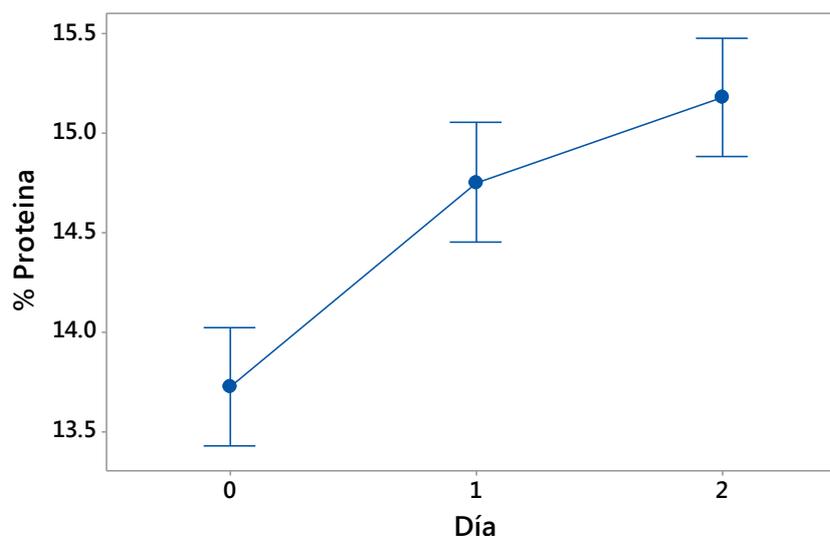
Los resultados del contenido proteico de la quinua variedad Salcedo INIA durante la germinación se muestran en la Tabla 16, el contenido proteico presente en la semilla sin germinar (día 0) fue de 13.73 ± 0.17 (b.s), germinado (día 1) 14.75 ± 0.23 (b.s) y germinado (día 2) 15.18 ± 0.23 (b.s).

Tabla 16. Resultados del contenido proteico de la quinua Salcedo INIA

Día	% Proteína (b.s)		CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	$\pm s$			
0	13.73	± 0.17	1.25		A
1	14.75	± 0.23	1.56	7.5	B
2	15.18	± 0.23	1.52	2.9	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 3 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

**Figura 8.** Variación del contenido proteico en la quinua Salcedo INIA

Pasankalla

Los resultados del contenido proteico de la quinua Pasankalla durante la germinación se muestran en la Tabla 17, el contenido proteico presente en la semilla sin germinar (día 0) fue de 14.71 ± 0.17 (b.s), germinado (día 1) 15.75 ± 0.18 (b.s) y germinado (día 2) 15.60 ± 0.23 (b.s).

Tabla 17. Resultados del contenido proteico de la quinua Pasankalla

Día	% Proteína (b.s)		CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	$\pm s$			
0	14.71	± 0.17	1.13		A
1	15.25	± 0.18	1.19	3.7	B
2	15.60	± 0.23	1.45	2.3	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 3 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

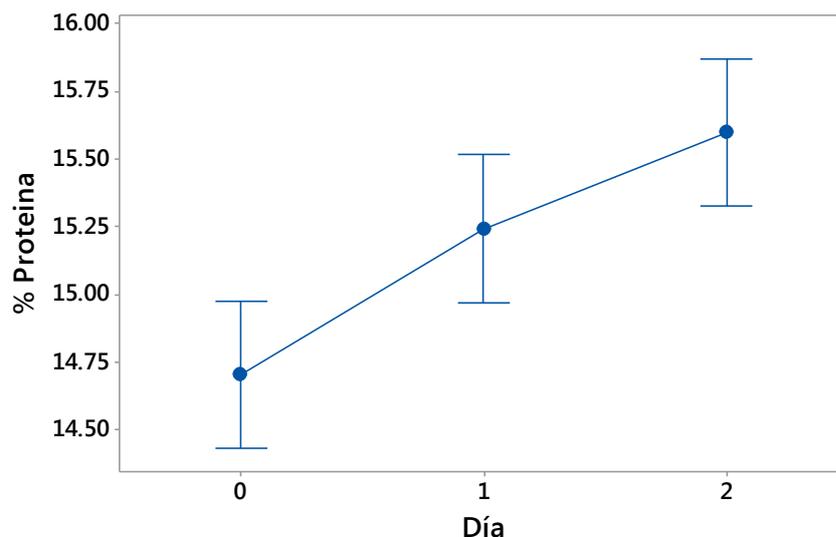


Figura 9. Variación del contenido proteico en la quinua Pasankalla

Negra collana

Los resultados del contenido proteico de la quinua Pasankalla durante la germinación se muestran en la Tabla 18, el contenido proteico presente en la semilla sin germinar (día 0) fue de 15.61 ± 0.23 (b.s), germinado (día 1) 15.70 ± 0.24 (b.s) y germinado (día 2) 16.13 ± 0.17 (b.s).

Tabla 18. Resultados del contenido proteico de la quinua Negra collana

Día	% Proteína (b.s)		CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	$\pm s$			
0	15.61	± 0.23	1.48		A
1	15.70	± 0.24	1.50	0.6	B
2	16.13	± 0.17	1.03	2.7	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 3 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

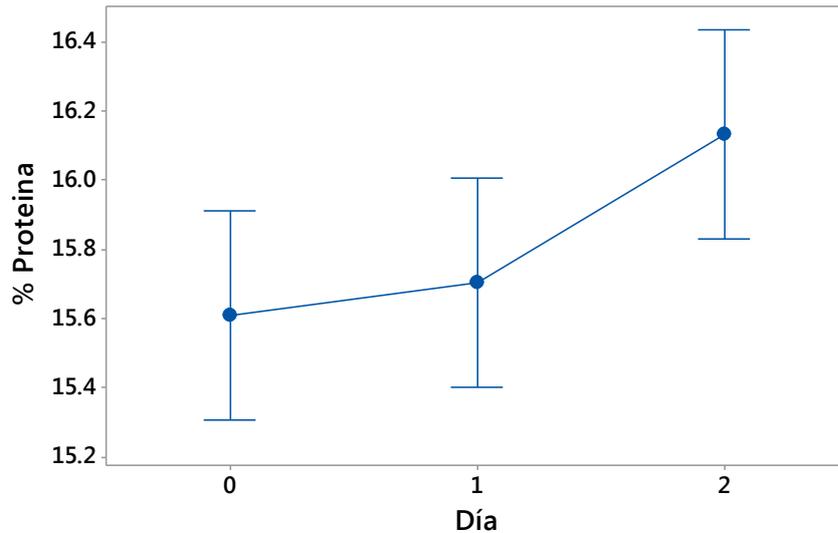


Figura 10. Variación del contenido proteico en la quinua Negra collana

Los resultados encontrados son similares a lo obtenido por Bravo *et al.* (2013) quien reporto valores de 13.09 % de proteína en quinua germinada variedad Blanca de junin y 16.45 % proteína en kiwicha oscar blanco. Asimismo Aguilar (2017) trabajo con tres variedades de harina de quinua malteada en donde concluyo que el malteado produjo una disminucion del contenido de proteínas en las tres variedades de harina de quinua con excepción de la variedad Negra collana que elevo su valor proteico hasta 18.137 % en b.s. por otra parte Chaparro *et al.* (2010) menciona que la concentracion de proteína presente en las semillas sin germinar es de 12.52 % en el amaranto, 14.76% en la quinua, 37.71% en soya y 18.83% en guandul. Igualmente, se encontró que el proceso de germinación genero un incremento significativo en la concentración de proteína en las semillas de amaranto, soya y guandul, mientras que en la quinua se observó un 14.15% ligero descenso en la concentración de proteína el primer día de germinación, la germinación no mejoro la concentración de proteína, la proteína encontrada en las semillas con dos y tres días de germinación, fue estadísticamente igual a la proteína de las semillas sin germinar día 0 de la quinua.

Por otra parte autores como Quispe (2016) reporta que el contenido proteico del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 12.9% mientras que de la Pasankalla 13.7%, por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.8% mientras que de la Pasankalla 13.2%; en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor contenido proteico que la quinua

convencional. De igual modo De la Riva (2010) menciona que el grano de quinua cruda desaponificada, tiene 16.34 % proteína, para la quinua sometida a cocción húmeda es 12.64 % y para la quinua sometida tostado cocción es de 12.62 % proteína.

Repo-Carrasco y Serna (2011) Mencionan que el contenido de proteína de la quinua crudo húmedo de las 4 variedades estuvo entre 14.0 y 15.5%, teniendo (13.96 % blanca de juli), (15.17 Kcancolla), (15.47 la molona 89) y (14.53 sajama). De la quinua extruida Húmeda (13.41 % blanca juli), (14.19 % kcancolla), (15.45 % la molina 89) y (14.08 % sajama), hubo diferencias entre las 4 variedades de quinua en el contenido de proteínas, La Molina 89 tiene el más alto y Blanca de Juli el más bajo contenido de proteínas. La extrusión afectó el contenido de proteínas, disminuyéndolo.

Según la FAO (1993), el contenido de proteínas de la quinua varía entre 11 a 21.3 % en 100 g el cual va a depender mucho su variedad genética y la edad de maduración de la planta, y el tipo de suelo donde se cultive.

Comparación por Variedades y días para % Proteína

En referencia a la comparación del contenido proteico de las variedades de quinua germinada, se observó que existe diferencia significativa en cuanto a las variedades (p -value < 0.05), y que estas difieren significativamente con el transcurso del tiempo (p -value < 0.05) (Anexo 02), no obstante se aprecia que la variedad negra collana presenta mayor contenido proteico que las demás variedades tal como se aprecia en la Figura 11.

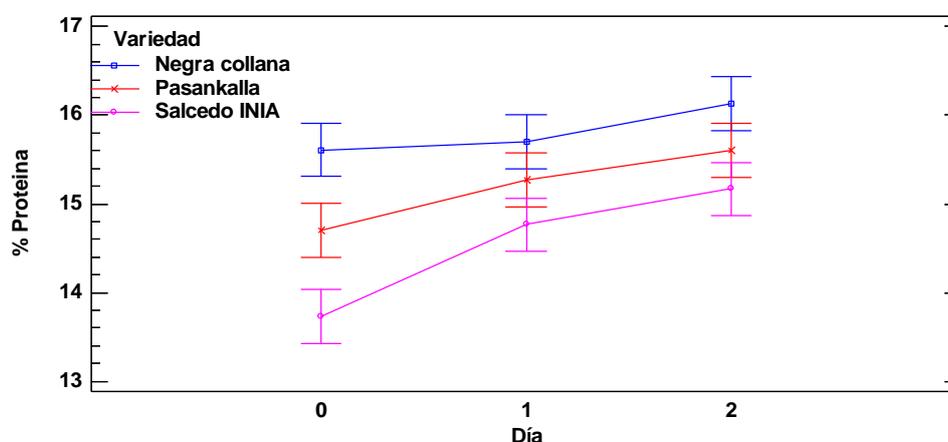


Figura 11. Comparación por variedades de quinua y días de germinado para el Contenido proteico

Salcedo INIA

Los resultados de contenido de compuestos fenólicos de la quinua variedad Salcedo INIA durante la germinación se muestran en la Tabla 19, en ella se aprecia que el grano sin germinar (día 0) contiene 17.26 ± 0.05 mg AGE/100 g b.s. y que este se incrementa en un 61.3% al primer día de germinación es decir contiene 27.83 ± 0.38 mg AGE/100 g b.s, al segundo día se observó un incremento de 11.0% en el contenido de fenoles, tal como se aprecia en la Figura 12; por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad es bajo con valores menores a 1.37%, es decir la repititibilidad de las medidas de los compuestos fenólicos, presentan bajas desviaciones.

Tabla 19. Resultados de compuestos fenólicos de la quinua Salcedo INIA

Día	mg AGE/100 g b.s		CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	$\pm s$			
0	17.26	± 0.05	0.30		A
1	27.83	± 0.38	1.37	61.3	B
2	30.88	± 0.39	1.27	11.0	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 4 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

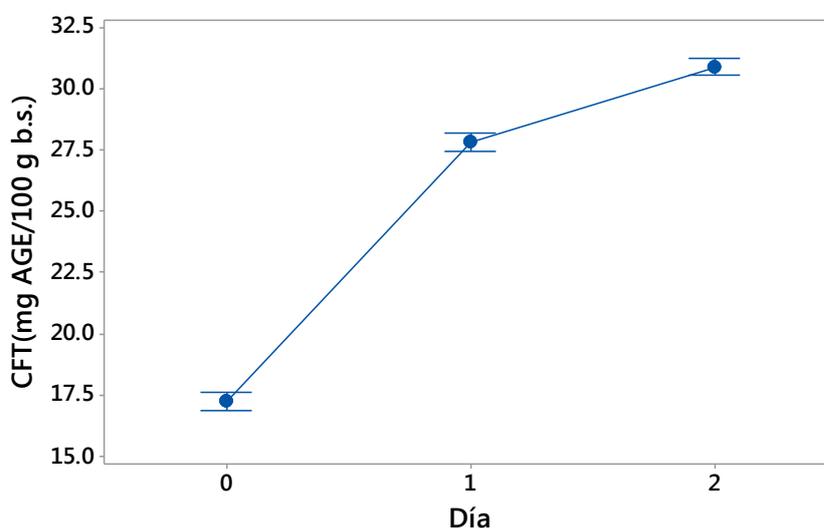


Figura 12. Variación de los compuestos fenólicos en la quinua Salcedo INIA

Pasankalla

Los resultados de contenido de compuestos fenólicos de la quinua variedad Pasankalla durante la germinación se muestran en la Tabla 20, en ella se aprecia que el grano sin germinar (día 0) contiene 19.82 ± 0.15 mg AGE/100 g

b.s. y que este se incrementa en un 55.2 % al primer día de germinación es decir contiene 30.76 ± 0.37 mg AGE/100 g b.s, al segundo día se observó un incremento de 35.8% en el contenido de fenoles, tal como se aprecia en la Figura 13; por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad es bajo con valores menores a 1.19%, es decir la repetitividad de las medidas de los compuestos fenólicos, presentan bajas desviaciones.

Tabla 20. Resultados de compuestos fenólicos de la quinua Pasankalla

Día	mg AGE/100 g b.s		CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	$\pm s$			
0	19.82	± 0.15	0.74		A
1	30.76	± 0.37	1.19	55.2	B
2	41.77	± 0.18	0.43	35.8	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 4 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

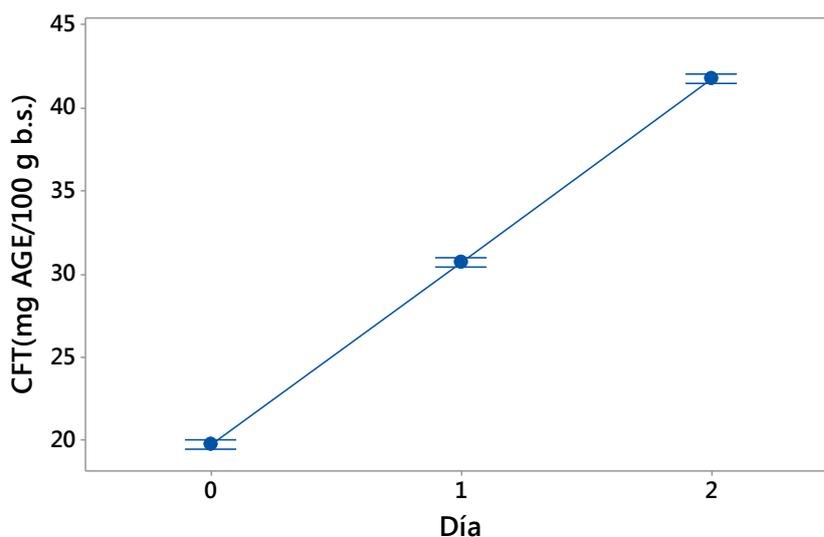


Figura 13. Variación de los compuestos fenólicos en la quinua Pasankalla

Negra collana

Los resultados de contenido de compuestos fenólicos de la quinua variedad Negra collana durante la germinación se muestran en la Tabla 21, en ella se aprecia que el grano sin germinar (día 0) contiene 15.97 ± 0.49 mg AGE/100 g b.s. y que este se incrementa en un 46.4% al primer día de germinación es decir contiene 23.38 ± 0.43 mg AGE/100 g b.s, al segundo día se observó un incremento de 72.5% en el contenido de fenoles, tal como se aprecia en la Figura 14.

Tabla 21. Resultados de compuestos fenólicos de la quinua Negra collana

Día	mg AGE/100 g b.s		CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	$\pm s$			
0	15.97	± 0.49	3.06		A
1	23.38	± 0.43	1.84	46.4	B
2	40.33	± 0.47	1.18	72.5	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 4 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

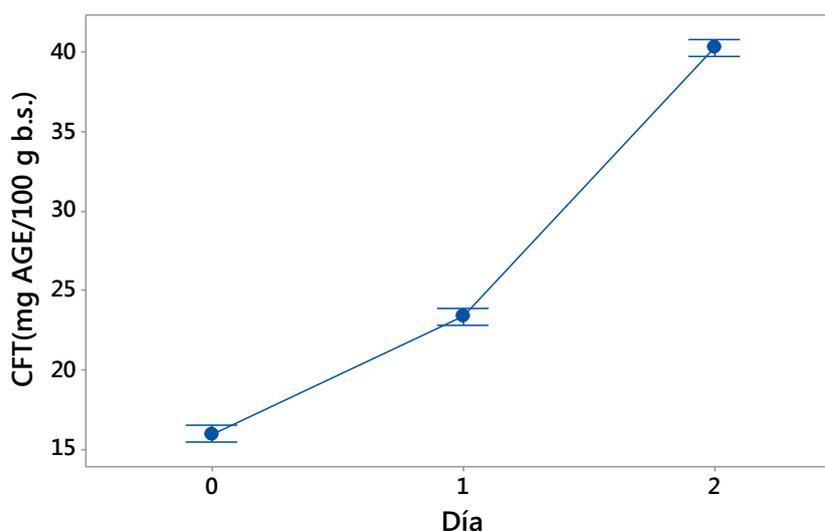


Figura 14. Variación de los compuestos fenólicos en la quinua Negra collana

Los resultados obtenidos se asemejan a lo reportado por Carciochi (2014) quien menciona que la germinación a diferentes tiempos produce un aumento paulatino de este componente en quinua variedad real, reportando valores de 39.29, 47.04, 61.68 y 79.04 mg AGE/100 g b.s para tiempos de germinación del día 0 a 3 respectivamente. Así mismo Aguilar (2017) menciona un aumento significativo del contenido de compuestos fenólicos en las tres variedades de harina de quinua luego de pasar por el proceso de malteado alcanzando valores de 87.630 mg AGE/100 g b.s, 145.876 mg AGE/100 g b.s y 118.700 mg AGE/100 g b.s para Salcedo INIA, Pasankalla roja y Negra collana respectivamente. Para explicar estos resultados altos con respecto a fenoles se han propuesto diversas causas, tal es el caso de la semilla que se remojan previo a la germinación, los compuestos fenólicos podrían ser removidos por movilización de los mismos desde el epidermis o tegumento al líquido de remojo por lixiviación, dado que la mayoría de los compuestos fenólicos se encuentran en estas capas externas que recubren la semilla (Sinha y Kawatra, 2003), Los

procedimientos comunes, como cocinar y hornear, disminuyen los niveles de estos compuestos bioactivos y en consecuencia, la actividad antioxidante Brend *et al.* (2012) por otra parte los cambios debido a la germinación, son deseables desde el punto de vista nutricional y las semillas germinadas son nutricionalmente superior en comparación con las semillas no germinadas (Kim *et al.*, 2012)

Luna (2015) menciona que la germinación a 72 y 96 horas en las accesiones PIK 030413 y PIK 030133 de cañihua, incrementa el contenido de los compuestos fenólicos, obteniendo mejores resultados en cañihua germinada a 72 horas en ambas accesiones con valores de 78.53 y 95.29 mg AGE/100 g en b.s. Brend *et al.*, (2012) menciona que entre semillas de quinua de 2 colores (rojo y amarillo); la semilla de color roja presenta mayores contenidos de compuestos bioactivos, por otra parte Carciochi (2014) menciona que los contenidos de CFT en la semilla de quínoa dependen, en gran parte, de la variedad de quinua.

Otros autores que desarrollaron su investigación con quinua sin germinar reportan valores altos y bajos tal es el caso de Chagua y Palomino (2014), encontraron niveles de compuestos fenólicos en tres variedades de quinua, quinua blanca de Junín, quinua Huancayo y quinua rosada de Junín, valores de 9.199, 10.107 y 27.248 mg AGE/100 g, respectivamente. Por otro lado Repo y Encima (2008) establecieron un rango de 35.29 – 139.94 mg AGE/100 g al evaluar 15 variedades de quinua, de igual modo Quispe (2016) menciona que el contenido de compuestos fenólicos del grano de quinua orgánica variedad Salcedo INIA fue 67.46 mg AGE/100 g mientras que de la Pasankalla 76.43 mg AGE/100 g, en la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 83.52 mg AGE/100 g mientras que de la Pasankalla 96.60 mg AGE/100 g, De la Riva (2010) encontró valores de 70.03 mg. AGE/100 g b.s en grano de quinua cruda desaponificada, 47.24 mg. AGE/100 g b.s. para quinua sometida a cocción húmeda y 53,31 mg AGE/100 g b.s para quinua sometida tostado.

Comparación por variedades y días para compuestos fenólicos

En referencia a la comparación del contenido de compuestos fenólicos totales en las variedades de quinua germinada, se observó que existe diferencias significativas en cuanto a las variedades (p -value < 0.05), y que estas difieren significativamente con el transcurso del tiempo (p -value < 0.05) (Anexo 04), no

obstante se aprecia que la variedad Pasankalla presenta mayor contenido fenólico que las demás variedades tal como se aprecia en la Figura 15.

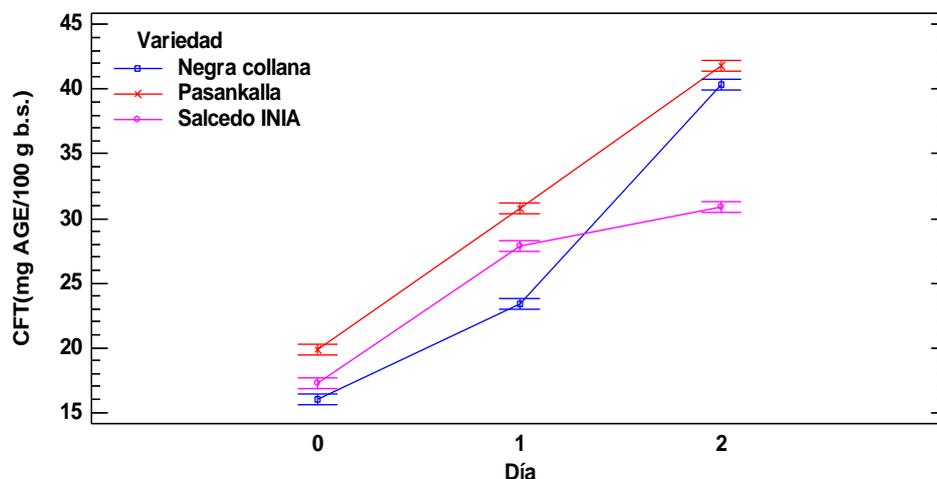


Figura 15. Comparación por variedades de quinua y días de germinado para Compuestos fenólicos totales

4.3. Capacidad antioxidante en las variedades de quinua germinada

Salcedo INIA

Los resultados de la capacidad antioxidante de la quinua de la variedad Salcedo INIA durante la germinación se muestran en la Tabla 22, en ella se aprecia que el grano sin germinar (día 0) contiene $3.18 \pm 0.09 \mu\text{Mol Trolox eq./g b.s}$ y que este se incrementa en un 19.5% al primer día de germinación es decir contiene $3.81 \pm 0.05 \mu\text{Mol Trolox eq./g b.s}$, al segundo día se observó un incremento de 41.9% en el contenido de capacidad antioxidante, tal como se aprecia en la Figura 16.

Tabla 22. Resultados de capacidad antioxidante de la quinua Salcedo INIA

Día	$\mu\text{Mol Trolox eq./g b.s}$			CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s			
0	3.18	\pm	0.09	2.98		A
1	3.81	\pm	0.05	1.44	19.5	B
2	5.40	\pm	0.10	1.89	41.9	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 5 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

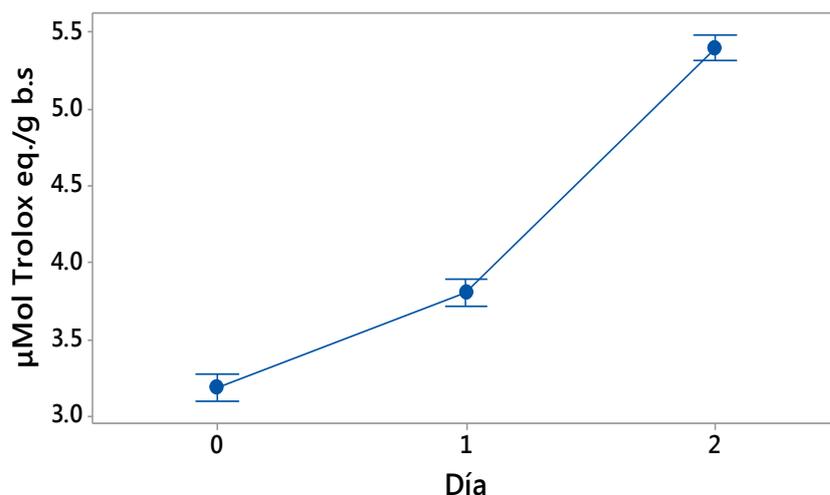


Figura 16. Variación de la capacidad antioxidante en la quinua Salcedo INIA

Pasankalla

Los resultados de la capacidad antioxidante de la quinua de la variedad Pasankalla durante la germinación se muestran en la Tabla 23, en ella se aprecia que el grano sin germinar (día 0) contiene 5.65 ± 0.15 µMol Trolox eq /g b.s y que este incrementa en un 17.9% al primer día de germinación es decir contiene 6.66 ± 0.03 µMol Trolox eq./g b.s, al segundo día se observó un incremento de 2.4% en el contenido de capacidad antioxidante, tal como se aprecia en la Figura 17.

Tabla 23. Resultados de capacidad antioxidante de la quinua Pasankalla

Día	µMol Trolox eq./g b.s			CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s			
0	5.65	\pm	0.15	2.66		A
1	6.66	\pm	0.03	0.45	17.9	B
2	6.82	\pm	0.02	0.24	2.4	C

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 5 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

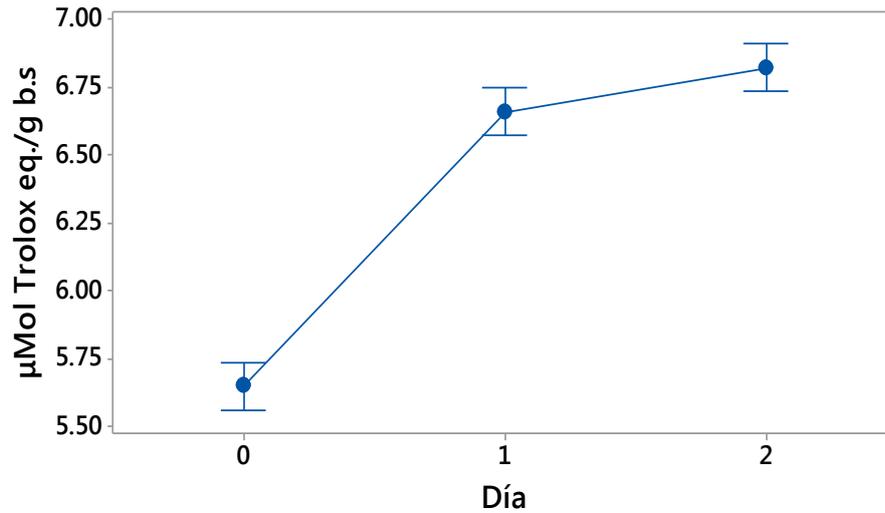


Figura 17. Variación de la capacidad antioxidante en la quinua Pasankalla

Negra collana

Los resultados de la capacidad antioxidante de la quinua de la variedad Negra collana durante la germinación se muestran en la Tabla 24, en ella se aprecia que el grano sin germinar (día 0) contiene 4.96 ± 0.29 µMol Trolox eq. /g b.s y que este se incrementa en un 13.9% al primer día de germinación es decir contiene 5.65 ± 0.09 µMol Trolox eq./g b.s, al segundo día se observó un incremento de 4.5% en el contenido de capacidad antioxidante, tal como se aprecia en la Figura 18.

Tabla 24. Resultados de capacidad antioxidante de la quinua Negra collana

Día	µMol Trolox eq./g b.s			CV %	Incremento (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s			
0	4.96	\pm	0.29	5.85		A
1	5.65	\pm	0.09	1.67	13.9	A
2	5.90	\pm	0.04	0.60	4.5	B

Dónde: \bar{x} , es el promedio de 5 repeticiones; s, Desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad

*Evaluada a través del test de Tukey al 5% de significancia.

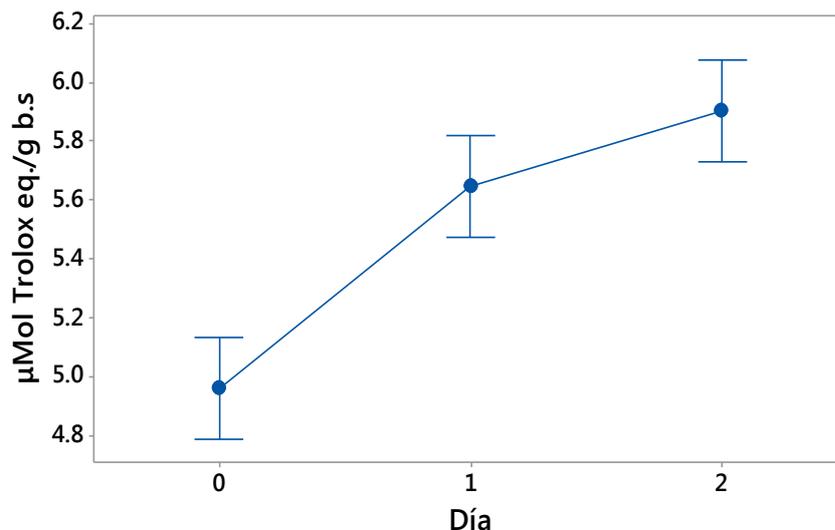


Figura 18. Variación de la capacidad antioxidante en la quinua Negra collana

Los resultados con respecto a la capacidad antioxidante están dentro del rango propuesto por Carciochi (2014) quien menciona que la germinación a diferentes tiempos produce un incremento significativo, en quinua variedad real, reporto valores de 2.591, 3.238, 4.515 y 5.586 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ para la muestra control (oh), estudio 1 (24 h), estudio 2 (48 h) y estudio 3 (72 h) respectivamente. Por otra parte Repo de Carrasco y Encima (2008) determinaron un rango de 0.46 – 9.59 $\mu\text{Mol trolox/g}$ para la capacidad antioxidante que se realizó en 15 variedades de quinua. Así mismo Chagua y Palomino (2014) determinaron que la capacidad antioxidante en tres variedades quinua están entre 2.92, 2.40 y 2.18 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, para la quinua blanca de Junín, quinua Huancayo y la quinua rosada de Junín, respectivamente. De igual modo De la Riva (2010) menciona que la capacidad antioxidante en el grano de quinua cruda es de 5.98 $\mu\text{Mol Trolox eq. /g ms}$, para quinua sometida a cocción húmeda 4.50 $\mu\text{Mol Trolox eq. /g m.s.}$ y para la quinua sometida tostado cocción es de 4.87 $\mu\text{Mol Trolox eq. /g m.s.}$ por otra parte Quispe (2016) menciona que la capacidad antioxidante del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 5.97 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$ mientras que de la Pasankalla 12.67 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$. por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.79 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$ mientras que de la Pasankalla 24.51 $\mu\text{Mol Trolox eq./g}$ en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor capacidad antioxidante que la quinua convencional. Así mismo Repo-Carrasco y Serna (2011) trabajo en cuatro variedades de quinua cruda, blanca juli 9.39 $\mu\text{Mol. trolox/g}$, kcancolla 9.54 $\mu\text{Mol trolox/g}$, la molina 89 14.74 $\mu\text{Mol trolox/g}$ muestra y sajamá 9.74 μMol

trolox/g muestra. Mientras en quinua extruida se dio en blanca juli 15.82 microg trolox/g muestra, kcanolla 16.36 μMol trolox/g muestra, la molina 89 16.64 μMol trolox/g muestra y en sajama 18.45 μMol trolox/g muestra.

(Tang *et al.*, 2015) mencionan que la actividad antioxidante depende del grado de color de los granos, además esta variable fue significativamente diferente entre las tres variedades de quinua; la quinua negra mostro mayor capacidad antioxidante seguida de la roja y blanca. Por otra parte (Nimba *et al.*, 2003) menciona que la variación de la capacidad antioxidante de los cereales se atribuye a muchos factores como la genética, procesos agrotécnicos y condiciones ambientales.

Comparación por variedades y días para capacidad antioxidante

En referencia a la comparación del contenido de la capacidad antioxidante en las variedades de quinua germinada, se observó que existe diferencias significativas en cuanto a las variedades ($p\text{-value} < 0.05$), y que estas difieren significativamente con el transcurso del tiempo ($p\text{-value} < 0.05$) (Anexo 06), no obstante se aprecia que la variedad Pasankalla presenta mayor capacidad antioxidante que las demás variedades tal como se aprecia en la Figura 19.

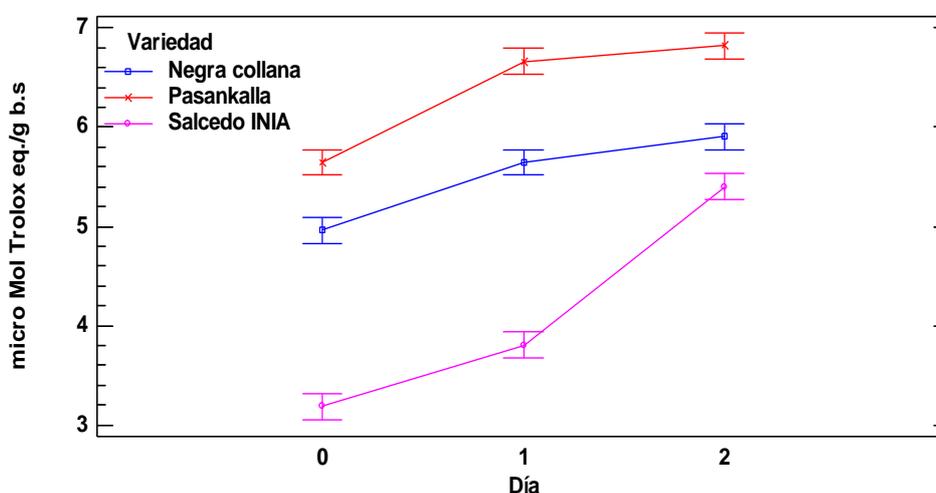


Figura 19. Comparación por variedades de quinua y días de germinado para Capacidad antioxidante

4.4. Correlación de variables

Salcedo INIA

Tabla 25. Correlación de variables para la variedad Salcedo INIA.

		Proteína	Fenoles	CA
Proteína	R_s		0.96	0.84
	n		9	9
	p -value		0.000	0.005
CFT	R_s	0.96		0.84
	n	9		9
	p -value	0.000		0.005
CA	R_s	0.84	0.83	
	n	9	9	
	p -value	0.005	0.005	

En la Tabla 25, se aprecia que la proteína presenta una fuerte correlación positiva ($R_s = 0.96$) con el contenido de fenoles y con la capacidad antioxidante ($R_s = 0.84$). De igual manera se aprecia que el contenido de fenoles tiene una fuerte correlación positiva con la Capacidad antioxidante ($R_s = 0.84$), en los tres casos nos indica que existe una correlación significativamente diferente de cero. Quiere decir que con el transcurso del tiempo, se incrementan paralelamente el contenido de proteínas, compuestos fenoles y la Capacidad antioxidante.

Pasankalla

Tabla 26. Correlación de variables para la variedad Pasankalla

		Proteína	CFT	CA
Proteína	R_s		0.89	0.88
	n		9	9
	p -value		0.001	0.002
CFT	R_s	0.89		0.92
	n	9		9
	p -value	0.001		0.000
CA	R_s	0.88	0.92	
	n	9	9	
	p -value	0.002	0.000	

En la Tabla 26, se aprecia que la proteína presenta una fuerte correlación positiva ($R_s = 0.89$) con el contenido de fenoles y con la capacidad antioxidante ($R_s = 0.88$). De igual manera se aprecia que el contenido de fenoles tiene una fuerte correlación positiva con la Capacidad antioxidante ($R_s = 0.92$), en los tres casos nos indica que existe una correlación significativamente diferente de cero. Quiere decir que con el transcurso del tiempo, se incrementan paralelamente el contenido de proteínas, compuestos fenoles y la Capacidad antioxidante.

Negra collana

Tabla 27. Correlación de variables para la variedad Negra collana

		Proteína	CFT	CA
Proteína	R_s		0.79	0.70
	n		9	9
	p -value		0.012	0.037
CFT	R_s	0.79		0.88
	n	9		9
	p -value	0.012		0.002
CA	R_s	0.70	0.88	
	n	9	9	
	p -value	0.037	0.002	

En la Tabla 27, se aprecia que la proteína presenta una fuerte correlación positiva ($R_s = 0.79$) con el contenido de fenoles y con la capacidad antioxidante ($R_s = 0.70$). De igual manera se aprecia que el contenido de fenoles tiene una fuerte correlación positiva con la Capacidad antioxidante ($R_s = 0.88$), en los tres casos nos indica que existe una correlación significativamente diferente de cero. Quiere decir que con el transcurso del tiempo, se incrementan paralelamente el contenido de proteínas, compuestos fenoles y la Capacidad antioxidante.

CONCLUSIONES

- La germinación contribuye de manera positiva sobre el contenido proteico al segundo día de germinación en las tres variedades de quinua, el valor más alto corresponde a la variedad negra collana, seguida por la variedad Pasankalla y Salcedo INIA.
- La germinación favorece a los compuestos fenólicos totales al segundo día de germinación en las tres variedades de quinua, el valor más alto fue de la quinua variedad Pasankalla 41.77 mg AGE/100 g b.s., seguido de la variedad Negra collana 40.33 mg AGE/100 g b.s. y por último la variedad Salcedo INIA 30.88 mg AGE/100 g b.s.
- En cuanto a la capacidad antioxidante la variedad Pasankalla presenta una mayor captación de radicales libres, con valores de 6.82 $\mu\text{Mol Trolox eq./g b.s}$ mientras la variedad Negra collana presento 5.90 $\mu\text{Mol Trolox eq./g b.s}$ y la variedad salcedo INIA un valor de 5.31 $\mu\text{Mol Trolox eq./g b.s}$.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación, elaborando productos en base a germinados de quinua y darle un valor agregado a los germinados de quinua, aprovechando su alto valor nutricional.
- Se recomienda germinar la quinua Negra Collana por su alto valor proteico y utilizarla como insumo en formulaciones para desayunos destinados a los programas sociales para escolares.
- Se recomienda realizar estudios del contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante en semillas pigmentadas.
- Se recomienda realizar el estudio en las diferentes fases de la germinación para determinar si varía o no el contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las tres variedades de quinua.

BIBLIOGRAFÍA

- Abugoch, L. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58 (1) 31.
- Aguilar, J.C. (2017). *Componentes bioactivos y valor nutricional de tres variedades de harina de quinua malteada (Chenopodium quinoa Willd)*. (Informe de tesis). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Alvarez-Jubetea,b E., Arendt y Gallaghe (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional glutenfree ingredients. *Trends in Food Science & Technology* 21. 106 – 113.
- AOAC. 1995. Oficial Methods of Analysis. Association of Oficial Analytical Chemistry. Arlington, Va, U.S.A.
- Alcázar, J. (2002). *Diccionario técnico de industrias alimentarias*. Lima, Perú: Alcázar Del Castillo.
- Arts, I.C., Van De Putte, B., Hollman, P.C. (2000). Catechin contents of foods commonly consumed in The Netherlands. 2. Tea, wine, fruit juices, and chocolate milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48.1752-1757.
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., y Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Ministerio de Agricultura y Riego (Perú) Instituto Nacional de Innovación Agraria Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Bewley, J. (1997). Germinación y latencia, *la Célula vegetal* 9(7). 1055-1066.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., y Berset, C. (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 28, 25-30.
- Bravo, M., Reyna, J., Gómez Sánchez, I., y Huapaya, M. (2013). Estudio Químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amarantus caudatus*). *Revista Peruana de química e Ingeniería Química*, 16 (1), 54-60.
- Brend, Y., Galili, L., Badani, H., Hovav, R., y Galili, S. (2012). Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Red and Yellow Quinoa (*Chenopodium*

quinoa Willd.) *Seeds as Affected by Baking and Cooking Conditions*, *Food and nutrition Sciences*, 3(8), 1150-1155.

Castillo, Zapata E. (2010). *Determinación de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua (Chenopodium pallidicaule aellen)*. (Tesis para optar el título) Universidad nacional del altiplano. Puno.

Carciochi, A. R. (2014). *Obtención de ingredientes alimenticios con capacidad antioxidante mejorada por aplicación de distintos procesos a semillas de quinoa (Chenopodium quinoa)*. (Tesis para optar el título de Doctor) Universidad de Buenos Aires. Chile.

Cav, G. H., Sofic, E., y Prior, R. L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. A news extract from. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3426-3431

Cao, G., Sofic, E., Prior, R.L. (1997). Antioxidant and prooxidant behaviour of flavonoids. Structure-activity relationships. *Free Radical Biology and Medicine*. 22(5), 749-760.

Chagua, L. G., y Palomino, V. L. (2014). *Estudio comparativo de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en quinua (Chenopodium quinoa) expandida de tres variedades provenientes del departamento de Junín* (Tesis para optar el Título). Universidad Nacional del centro del Perú. Tarma.

Chaparro, R. D., Pismag, P. r., Elizalde, C. A., Vivas, Q. N., y Erazo, C. C. (2010). Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial* 8(1), 42- 48.

Chasquibol, N., Lengua, L., Delmás, I., Rivera, D., Bazán, D., Aguirre, R., y Bravo, M. (2003). Alimentos funcionales o fotoquímicos, clasificación e importancia. *Revista peruana química e ingeniería química*. 5(2). 9-20.

Chávez, M. G., Maiocchi, M. G., Sgroppo, S. C., y Avanza, J. R. (2002). Actividad antioxidante de infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis St. Hil*). *Información tecnológica*, 13(2), 3-7.

- Chicama, C. N. (2017). *Evaluación de los estudios sobre la actividad antioxidante de semillas de chenopodium quinoa*. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Choquenaira, P J. (2018). Avances “Determinación de la Actividad Antioxidante a las Fracciones de Flavonoides Aisladas de las Hojas de Muembechcia Volcanica Mullaka”, (Tesis de Maestría), EPG UNSAAC.
- Dávila, M.A., Sangronis, E., y Granito, M. (2003). Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. *Artículos latinoamericanos de nutrición*, 53(4), 348-354.
- De la Riva, F. (2010). *Comparación del contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua (Chenopodium quinoa willd.) cruda y procesada. Variedad Salcedo INIA*. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional del altiplano. Puno.
- Domínguez de diez, B. (1992). *Germinados: al alimento más perfecto y completo*. México: Posada.
- Duarte-Almeida, J., Negri, G., y Salatino, A. (2004). Volatile oil in leaves of bauhinia (Fabaceae caesalpinioideae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 32 (8), 747-753.
- EcEwen, B. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *The new England journal of medicine*, 338 (3), 171-179.
- FAO. (2011). *Food and agriculture organization*. Oficina regional para américa latina y el caribe. Roma, Italia.
- FAO, (1993). *EL Maíz en la Nutrición Humana, Colección FAO: Alimentación y Nutrición*, Roma, Italia.
- Fennema, O.R. (2ª ED.). (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., y Aranda, M. (2013). Controlled water stress to improve functional and nutritional quality in quinoa seed. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12(5), 457-468.
- Gtz, I., y Iniap, E. (2001). Manual de producción de quinua de calidad en el Ecuador. Pag. 135.

- Gorinstein, S., Vargas, O., Jaramillo, N., y Arnao, I. (2007). The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *European Food Research and Technology*, 225 (3-4), 321-328.
- Goyoaga, C. (2005). *Estudio de factores no nutritivos en vicia faba I: influencia de la germinación sobre su valor nutritivo* (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid, España.
- Gutierrez, H. y De la vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico D. F, Mexico: Mc Graw Hill.
- Hanasaki, Y., Ogawa, S., y Fukui, S. (1994). The correlation between active oxygens scavenging and antioxidative effects of flavonoids. *Free Radical biology and medicine*, 16 (6), 845-850.
- Fernandez, C. C., y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw Hill Education.
- Hirose, Y., Fujita, T., Ishii, T., y Ueno, N. (2010). Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*, 119(4), 1300-1306.
- Hollman, P y Arts, I. (2000). Flavonols, flavones and flavanols – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (7).
- Huang, D., Ou, B., y Prior, R. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53 (6), 1841-1856.
- Hudson, B. JF. y Lewis, J. I. (1983). Polyhydroxy flavonoid antioxidants for edible oils. structural criteria for activity. *Food chemistry*, 10 (1), 47-55.
- INIA. (2013). *INIA 420 Negra collana – Variedad con granos de buena calidad para la agroindustria, exportación y consumo nacional*. Programa nacional de investigación de cultivos – Estación experimental agraria ILLPA, Puno – Perú.
- INTA. (2015). *Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos-Universidad de Chile Antioxidantes*. Obtenido <http://www.portalantioxidantes.com/mision>.

- Kim, S., Kang, M., Nam, S., y Friedman, M. (2012). Dietary rice component c-oryzanol inhibits tumor growth in tumor-bearing mice. *Molecular Nutrition and Food Research*. 56, 935-944.
- Kylen, M. A., y McCready, M. R. (1975). Nutrients in seeds and sprouts of alfalfa, lentils, mung beans and soybeans. *Journal of Food Science*, 40(5).
- Lallana, V. (2005). Germinación y latencia de semillas y yemas plan de estudio. Universidad Nacional de Entre Ríos. Panamá.
- Leighton, F. y Urquiaga, I. (2000). *Alimentación, antioxidantes y envejecimiento*. Santiago de Chile, Chile: publicado por Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Lim, Y.Y., Lim, T. T., y Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*, 103 (3), 1003-1008.
- López, A., El Naggat, T., Dueñas, M., Ortega, T., Estrella, I., Hernández, T., Gonzales – Serranillo, P., Palomino, O., Y Carretero, E. (2013). Efecto de la cocción y la germinación de la composición fenólica y propiedades biológicas de los granos oscuros. *Química de los Alimentos*, 138, 547-555.
- Luna, M. E. (2015). *Influencia del germinado y cocción húmeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Mamani, S. (2015). *Evaluación de tres procesos agroindustriales en la estabilidad de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., y Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79 (5), 727-747.
- Martínez, I., Periago, M., Y Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Arch. Latinoam. Nutr*, 50 (1), 5 – 18.

- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., y Cánovas, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).
- Matilla, A. (2003). Ecofisiología de la germinación de semillas. La Ecofisiología Vegetal. Una ciencia de síntesis. Madrid. 29, 901-922. Ediciones Paraninfo S.A.
- Miquel, J. (1989). Historical introduction to free radical and oxtioxidant biomedical reserch. *Handbook of free radical and antioxidants*. 1- 3-13.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., y Di Scala, K. (2010). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products*, 32 (3) 258-263. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.019>.
- Mujica, A., Suquilanda, M., Chura, E., Ruiz, E., León. A., Cutipa,S., y Ponce, C. (2013). Producción Orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa* willd). (1).
- Muñoz Jáuregui, Ana María. (2013). Año Internacional de la Quinoa. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 1-2.
- Nsinha, R., Kikuzaki, H., y Konishi, Y. (2008). Antioxidant activity of various extracts and fractions of *chenopodium quinoa* and *amaranthus* spp. Seeds. *Food Chemistry*. 106 (2). 760-766.
- Norma Técnica Peruana 205.005. 2011. Cereales y menestras. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl). Lima, Perú.
- Ojeda. (2000). Los compuestos fenólicos de uva. EEA. Mendoza. INTA.
- Park J.H., Lee YJ., Kim Y., y Yoon K.S. (2017). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds Cultivated in Korea *Prev. Nutr. Food Sci.* 22(3), 195-202.
- Parr, A.J., Bolwell, G.P. (2000). Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhacement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 985-1012.
- Pasko, P., Sajewicz, M., Gorinstein, S., y Zachwieja, Z. (2008). Analysis of selected phenolic acids and flavonoids in *amaranthus cruentus* and

- chenopodium quinoa seedes sprouts by HPLC. *Acta chromatographica*, 20(4), 661-672.
- Pietta, G. P. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*. 63 (7), 1035-1042.
- Pokorny, J.N. y Gordon, M. (2005). *Antioxidantes de los alimentos. Aplicación práctica*. Zaragoza, España: Acribia.
- Padilla, F. C., Rincon, A. M., y Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 58 (3), 303.
- Proteggente, A. R., Pannala, A. S., Paganga G., Van Buren L., Wagner E., Wiseman, S., Van de Put F., Dacombe C. and Rice-Evans, C.A. (2002). The oxidants activity of a regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free radicals Research* 36 (2): 217-233.
- Quispe, W. (2016). *Evaluación comparativa del contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) orgánica y convencional*. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional del altiplano. Puno.
- Reátegui, P y Ramírez, J. (2013). *Actividad antioxidante in vitro, determinación de polifenoles totales de raíz de Physalis angulata L. (Bolsa mullaca), Iquitos – 2013*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos.
- Repo-Carrasco-Valencia, Ritva Ann-Mari, y Serna Lesli Astuhuaman. (2011). Quinua (Chenopodium quinoa, Willd.) como fuente de fibra dietética y otros componentes funcionales. *Ciencia y tecnología de los alimentos*, 31 (1), 225-230. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000100035>.
- Repo de Carrasco, Ritva., y Encina Zelada, Christian Rene. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) y kiwicha (Amaranthus caudatus). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 85-99.

- Rice- Evans, C. A., Miller, N. J., y Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20 (7), 933-956.
- Robards, K., Prenzler, P., Tucker, G., Swatsitang, P., y Glover, William. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*. 66 (4) 401-436.
- Segura. (2004). *Evaluación de la potencialidad funcional en 15 genotipos de papa nativa (Colanum sp.)*. Universidad Nacional Agraria la molina. Lima, Perú.
- Singleton, *et al.*, (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin–Ciocalteu reagent. *Meth Enzymol*.
- Sinh, R., y Kawatra, A. (2003) (2003). Effect of processing on phytic and polyphenol contents of cowpeas (*Vigna unguiculata* L Walp). *Plant foods for Human Nutrition* 58, 1-8.
- Scalbert, A., Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, 130(8). 2073-2085.
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., Y Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388.
- Tamez, J y Méndez, D. (1997). *Cocina fácil todo con leguminosas*. México DF. México: América S. A.
- Tomas, F. y Clifford, M. (2000). Flavanones, chalcones and dihydrochalcones- nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the science of food and agriculture*. 80 (7).
- Torres, K., y Chávez, K. (2016). *Efecto del ácido láctico y ácido cítrico, como sanitizante y antioxidante en tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) germinada y almacenada en refrigeración*. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.

- Tovar. (2013). *Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera* (tesis para optar el Título). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Van Acker, S., Van den Berg, D., Tromp, M., Griffioen, D., Bennekom, W., Van der Vijgh, W., Bast, A. (1996). Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids, *Free radical biology and medicine*, 20 (3), 331-342.
- Valencia, Zanhly., Cámara, Fernando., Ccapa, Karina., Catacora, Policarpo., y Quispe, Fredy. (2017). Bioactive compounds and antioxidant activity from Peruvian quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* W.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(1), 16-29.
- Valencia, B. P. (2015). *Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (zea mays) y quinua (chenopodium quinoa) variedad inia 420 negra collana*. (Tesis para optar el Título). Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Zhu, N., Sheng, S., Li, E., Lavoie, E., Karwe, M., Rosen, R., y Tang Ho, C. (2001). Antioxidante flavonoide glucósidos de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), *Journal of food lipids*, 8 (1), 37-44.

ANEXOS

ANEXOS 1. Calculo para el poder de germinativo y tamaño de radícula de las tres variedades de quinua germinada

$$\text{Germinados (\%)} = \left(\frac{\text{semilla germinada}}{\text{Numero de semillas en prueba}} \right) * 100$$

Fuente: (FAO, 1993) citado por (Apraez *et al.*, 2017).

Variedades de quinua	Poder germinativo
Salcedo INIA	95 %
Pasankalla	90 %
Negra collana	98 %

ANEXOS 2. Resultados del contenido Proteico

Día	Variedades	% Proteína	\bar{x}	\pm	s
Día 0 Sin germinar	Salcedo INIA	13.69			
		13.91	13.73	\pm	0.171382
		13.58			
	Pasankalla	14.71			
		14.87	14.71	\pm	0.166482
		14.54			
	Negra collana	15.54			
		15.87	15.61	\pm	0.230908
		15.42			
Día 1 Germinado	Salcedo INIA	14.67			
		15.01	14.75	\pm	0.229938
		14.57			
	Pasankalla	15.16			
		15.45	15.25	\pm	0.181091
		15.12			
	Negra collana	15.60			
		15.97	15.70	\pm	0.236013
		15.54			
Día 2 Germinado	Salcedo INIA	15.11			
		15.44	15.18	\pm	0.229536
		15.00			
	Pasankalla	15.54			
		15.85	15.60	\pm	0.22591
		15.41			
	Negra collana	16.10			
		16.31	16.13	\pm	0.166157
		15.98			

Análisis de Varianza ANOVA para % Proteína - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Día	4.11816	2	2.05908	46.36	0.0000
B:Variedad	7.1317	2	3.56585	80.28	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.867437	4	0.216859	4.88	0.0076
RESIDUOS	0.799533	18	0.0444185		
TOTAL (CORREGIDO)	12.9168	26			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para % Proteína por Variedad

Método: 95.0 porcentaje Tukey

Variedad	Casos	media	Grupos Homogéneos
Salcedo INIA	9	14.56	x
Pasankalla	9	15.19	x
Negra collana	9	15.81	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Negra collana - Pasankalla	*	0.625556	0.253682
Negra collana - Salcedo INIA	*	1.25889	0.253682
Pasankalla - Salcedo INIA	*	0.633333	0.253682

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para % Proteína por Día

Método: 95.0 porcentaje Tukey

Día	Casos	media	Grupos Homogéneos
0	9	14.68	x
1	9	15.25	x
2	9	15.63	x

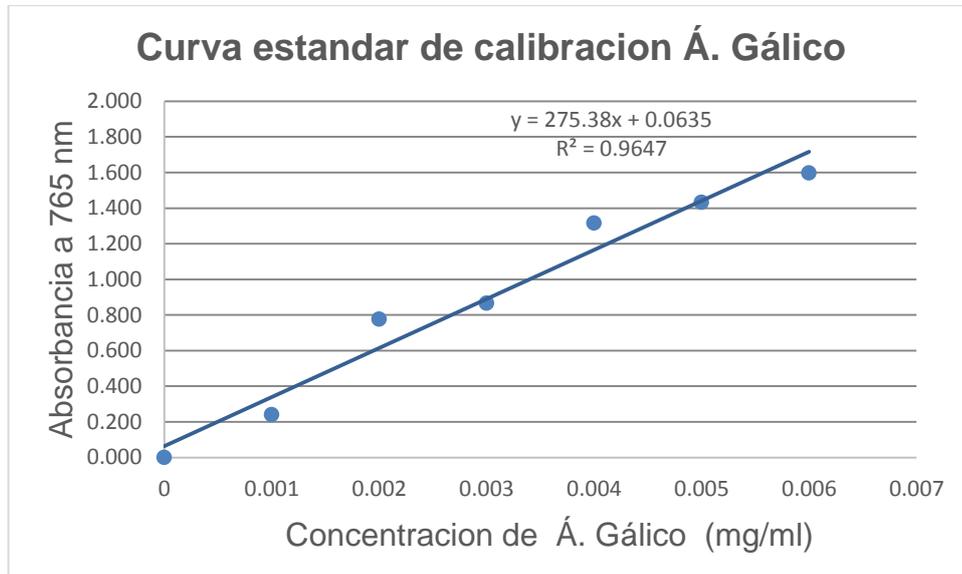
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-0.564444	0.253682
0 - 2	*	-0.951111	0.253682
1 - 2	*	-0.386667	0.253682

* indica una diferencia significativa.

ANEXOS 3. Cálculo de los resultados compuestos fenólicos totales

Día	Variedad	Abs	a= 275.38	b = 0.0635	y	Dilu ción (ml)	V (ml)	P (g)	C.F.T (mg AGE/100 g. b.s.)	\bar{x} ± s
Día 0 sin germinar	salcedo INIA	0.704	275.38	0.0635	0.00233	6	11	1.0004	17.2160	17.2564 ± 0.0515
		0.706	275.38	0.0635	0.00233	6	11	1.0004	17.2698	
		0.704	275.38	0.0635	0.00233	6	11	1.0004	17.2160	
		0.708	275.38	0.0635	0.00234	6	11	1.0004	17.3235	
	Pasan kalla	0.804	275.38	0.0635	0.00269	6	11	1.0007	19.6838	19.8233 ± 0.1462
		0.814	275.38	0.0635	0.00273	6	11	1.0007	19.9496	
		0.805	275.38	0.0635	0.00269	6	11	1.0007	19.7103	
		0.814	275.38	0.0635	0.00273	6	11	1.0007	19.9496	
	Negra collana	0.646	275.38	0.0635	0.00212	6	11	1.0000	15.6003	15.9685 ± 0.4891
		0.676	275.38	0.0635	0.00222	6	11	1.0000	16.4037	
		0.642	275.38	0.0635	0.00210	6	11	1.0000	15.4932	
		0.675	275.38	0.0635	0.00222	6	11	1.0000	16.3770	
Día 1 Germinado	salcedo INIA	1.110	275.38	0.0635	0.00380	6	11	1.0004	27.4724	27.8268 ± 0.3801
		1.112	275.38	0.0635	0.00381	6	11	1.0004	27.5249	
		1.137	275.38	0.0635	0.00390	6	11	1.0004	28.1812	
		1.135	275.38	0.0635	0.00389	6	11	1.0004	28.1287	
	Pasan kalla	1.251	275.38	0.0635	0.00431	6	11	1.0003	31.1838	30.7637 ± 0.3658
		1.236	275.38	0.0635	0.00426	6	11	1.0003	30.7899	
		1.236	275.38	0.0635	0.00426	6	11	1.0003	30.7899	
		1.217	275.38	0.0635	0.00419	6	11	1.0003	30.2910	
	Negra collana	0.98	275.38	0.0635	0.00333	6	11	1.0008	24.0132	23.3779 ± 0.4286
		0.945	275.38	0.0635	0.00320	6	11	1.0008	23.0962	
		0.951	275.38	0.0635	0.00322	6	11	1.0008	23.2534	
		0.947	275.38	0.0635	0.00321	6	11	1.0008	23.1486	
Día 2 Germinado	salcedo INIA	1.251	275.38	0.0635	0.00431	6	11	1.0008	31.3573	30.8820 ± 0.3934
		1.239	275.38	0.0635	0.00427	6	11	1.0008	31.0404	
		1.218	275.38	0.0635	0.00419	6	11	1.0008	30.4859	
		1.224	275.38	0.0635	0.00421	6	11	1.0008	30.6443	
	Pasan kalla	1.666	275.38	0.0635	0.00582	6	11	1.0001	41.9844	41.7748 ± 0.1777
		1.654	275.38	0.0635	0.00578	6	11	1.0001	41.6700	
		1.661	275.38	0.0635	0.00580	6	11	1.0001	41.8534	
		1.651	275.38	0.0635	0.00576	6	11	1.0001	41.5914	
	Negra collana	1.621	275.38	0.0635	0.00566	6	11	1.0000	40.8675	40.3296 ± 0.4745
		1.594	275.38	0.0635	0.00556	6	11	1.0000	40.1591	
		1.608	275.38	0.0635	0.00561	6	11	1.0000	40.5264	
		1.579	275.38	0.0635	0.00550	6	11	1.0000	39.7655	

ANEXOS 4. Gráfico de Curva estándar de calibración de ácido gálico de compuestos fenólicos totales.



Análisis de Varianza ANOVA para CFT(mg AGE/100 g b.s.) - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Día	2396.19	2	1198.09	9493.33	0.0000
B:Variedad	197.013	2	98.5065	780.54	0.0000
INTERACCIONES					
AB	224.347	4	56.0867	444.41	0.0000
RESIDUOS	3.4075	27	0.126204		
TOTAL (CORREGIDO)	2820.95	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para CFT(mg AGE/100 g b.s.) por Variedad
Método: 95.0 porcentaje Tukey

Variedad	Casos	media	Grupos Homogéneos
Salcedo INIA	12	25.32	x
Negra collana	12	26.56	x
Pasankalla	12	30.79	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Negra collana - Pasankalla	*	-4.22667	0.35969
Negra collana - Salcedo INIA	*	1.2375	0.35969
Pasankalla - Salcedo INIA	*	5.46417	0.35969

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para CFT(mg AGE/100 g b.s.) por día
Método: 95.0 porcentaje Tukey

Variedad	Casos	media	Grupos Homogéneos
1	12	17.68	x
2	12	27.32	x
3	12	37.66	x

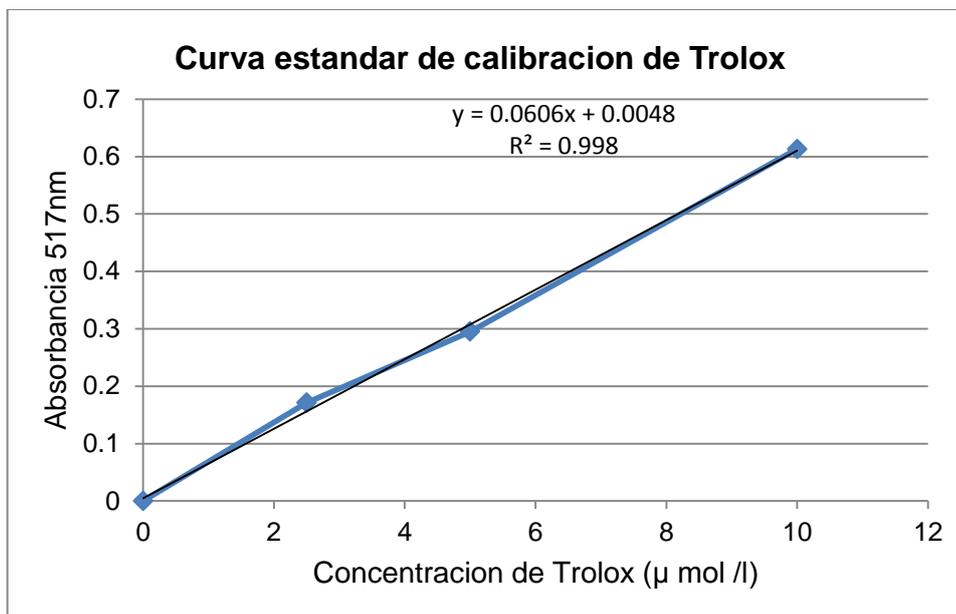
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-9.63917	0.35969
0 - 2	*	-19.98	0.35969
1 - 2	*	-10.3408	0.35969

* indica una diferencia significativa.

ANEXOS 5. Resultados de la Capacidad antioxidante

Día	Variedad	μMol Trolox/g b.s.	\bar{x}	±	s
Día 0 Sin germinar	Salcedo INIA	3.0626	3.18	±	0.095
		3.1947			
		3.1260			
		3.2291			
		3.3093			
	Pasankalla	5.5211	5.65	±	0.150
		5.6141			
		5.7537			
		5.4979			
		5.8467			
	Negra collana	4.6312	4.96	±	0.290
		4.9455			
		5.4034			
		5.0270			
		4.7942			
Día 1 germinado	Salcedo INIA	3.8144	3.81	±	0.058
		3.8991			
		3.7431			
		3.7911			
		3.7791			
	Pasankalla	6.7057	6.66	±	0.030
		6.6251			
		6.6642			
		6.6481			
		6.6486			
	Negra collana	5.6526	5.65	±	0.094
		5.5585			
		5.6643			
		5.7936			
		5.5703			
Día 2 germinado	Salcedo INIA	5.3001	5.40	±	0.102
		5.5191			
		5.4722			
		5.2907			
		5.4197			
	Pasankalla	6.8493	6.82	±	0.016
		6.8113			
		6.8134			
		6.8140			
		6.8117			
	Negra collana	5.8644	5.90	±	0.035
		5.8854			
		5.9316			
		5.8799			
		5.9464			

ANEXOS 6. Grafica de curva estándar de calibración Trolox de la capacidad antioxidante. Absorbancia



Análisis de Varianza ANOVA para micro Mol Trolox eq./g b.s - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Día	15.6508	2	7.82539	499.46	0.0000
B:Variedad	38.4398	2	19.2199	1126.71	0.0000
INTERACCIONES					
AB	3.83674	4	0.959186	61.22	0.0000
RESIDUOS	0.56404	36	0.0156678		
TOTAL (CORREGIDO)	58.4913	44			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para micro Mol Trolox eq./g b.s por Variedad
Método: 95.0 porcentaje Tukey

Variedad	Casos	media	Grupos Homogéneos
Salcedo INIA	15	4.13	x
Negra collana	15	5.50	x
Pasankalla	15	6.37	x

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Negra collana - Pasankalla	*	-0.872	0.111739
Negra collana - Salcedo INIA	*	1.37333	0.111739
Pasankalla - Salcedo INIA	*	2.24533	0.111739

* indica una diferencia significativa.

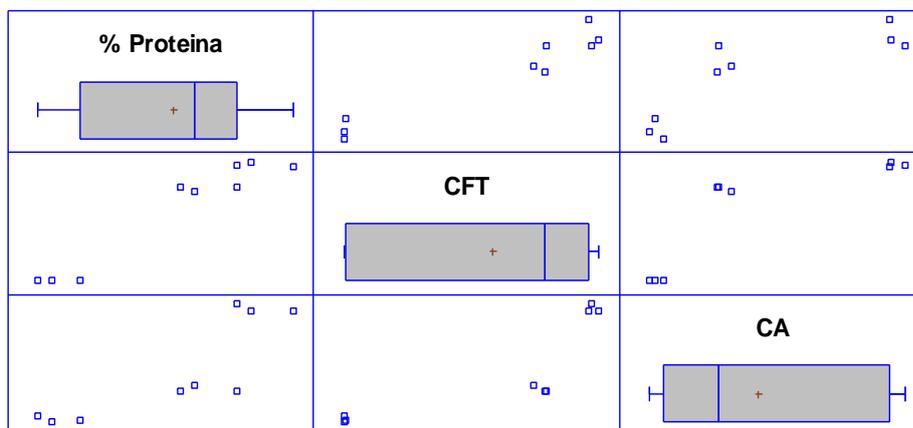
Pruebas de Múltiple Rangos para micro Mol Trolox eq./g b.s por día
Método: 95.0 porcentaje Tukey

Día	Casos	media	Grupos Homogéneos
0	15	4.60	x
1	15	5.37	x
2	15	6.04	x

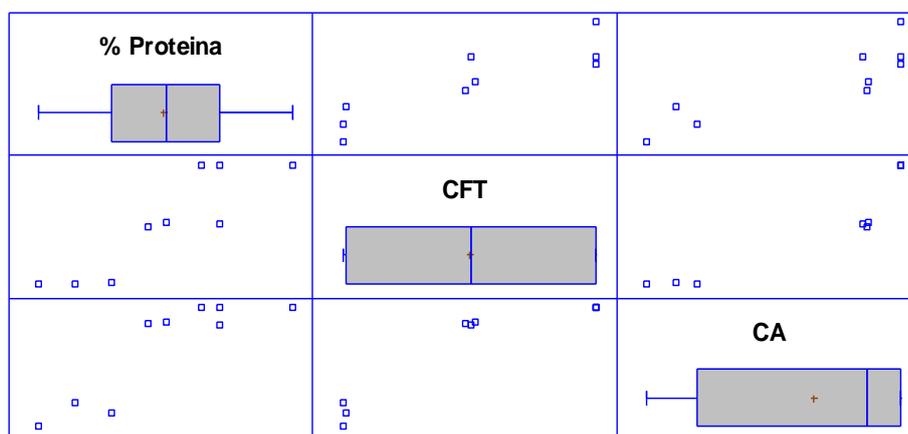
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0 - 1	*	-0.773333	0.111739
0 - 2	*	-1.44333	0.111739
1 - 2	*	-0.67	0.111739

* indica una diferencia significativa.

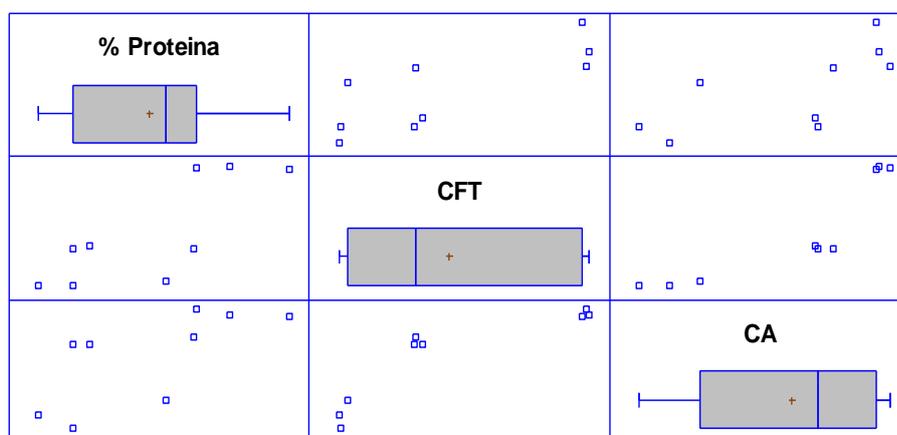
ANEXOS 7. Gráfica de cajas para variedad Salcedo INIA



ANEXOS 8. Gráfica de cajas para variedad Pasankalla



ANEXOS 9. Gráfica de cajas para variedad Negra collana



ANEXOS 10. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN DE OPERACIONES			RECOLECCIÓN DE DATOS	
			VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	MÉTODO	INDICADORES	INSTRUMENTO
¿Cuál es el contenido de los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?	Comparar los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana	Las tres variedades de quinua germinada (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) muestran un incremento en los contenidos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico.	<p>Variable independiente:</p> Variedades de Quinua Germinada Días de germinado	Son las variedades de la Quinua	Observación de características	- Salcedo INIA - Pasankalla - Negra collana - Día - Días 1 - Día 2	Observación
			<p>Variables dependientes:</p> Contenido proteico Compuestos fenólicos Capacidad antioxidante	Se determinara las propiedades de las tres variedades de Quinua Germinada	Experimental	Contenido proteico Compuestos fenólicos Capacidad antioxidante	Análisis en laboratorio
¿Cuál es el contenido proteico de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?	Cuantificar el contenido proteico de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana.	El proceso de germinado de las tres variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), incrementa el contenido proteico durante el periodo de germinado	contenido proteico	Se determinará las propiedades de tres variedades de Quinua Germinada en los tres días	Espectrometrico	Proteína (%)	Espectrómetro
¿Cuál es el contenido de los compuestos fenólicos de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?	Cuantificar el contenido de los compuestos fenólicos de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana	El proceso de germinado de las tres variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), favorece el incremento de los compuestos fenólicos durante el periodo de germinado	Compuestos fenólicos	Se determinara las propiedades de tres variedades de Quinua Germinada	Espectrometrico	(mg ácido gálico eq./100g.b.s)	Espectrómetro
¿Cuál es el contenido de la capacidad antioxidante de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana?	Cuantificar la capacidad antioxidante de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) germinada de las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra collana	El proceso de germinado de las tres variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), mejora la capacidad antioxidante durante el periodo de germinado	capacidad antioxidante	Se determinará las propiedades de tres variedades de Quinua Germinada	Espectrometrico	(μ mol Trolox eq./g b.s)	Espectrómetro

ANEXOS 11. Imagen de la Quinoa Salcedo INIA

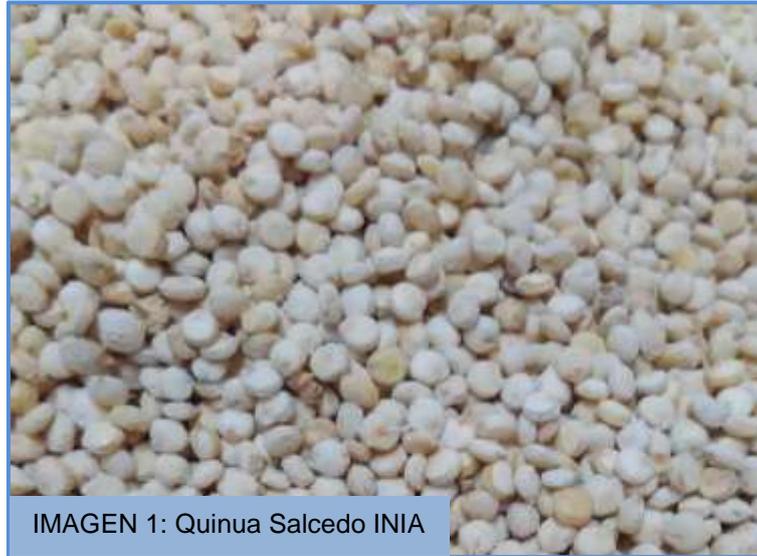


IMAGEN 1: Quinoa Salcedo INIA



IMAGEN 2: Remojado de Quinoa



IMAGEN 3: Día 1 crecimiento de radícula



ANEXOS 12. Imagen de la Quinoa Pasankalla



IMAGEN 7: Quinoa pasankalla



IMAGEN 8: Día 1 germinado



IMAGEN 9: Día 1 Crecimiento de radícula



IMAGEN 10: Secado de quinua germinada



IMAGEN 11: Día 2 Crecimiento de



IMAGEN 12: Día 2 germinado

ANEXOS 13. Imagen de la Quinoa Negra collana





IMAGEN 16: Día 2 germinado



IMAGEN 17: Día 2 crecimientos de radícula



IMAGEN 18: Día 2 germinado

ANEXOS 14. Imágenes de las quinuas germinadas secas



ANEXOS 15. Imágenes de la parte experimental de compuestos fenólicos de la quinua



IMAGEN 22: Preparación de muestras



IMAGEN 23: Preparación de muestras



IMAGEN 24: Preparación de reactivos



ANEXOS 16. Imágenes de la parte experimental de la capacidad antioxidante en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.



IMAGEN 28: Muestras con solvente



IMAGEN 29: Preparación de Trolox



IMAGEN 30: Muestras centrifugadas



IMAGEN 31: Captación de radicales libres (variación de color morado a amarillo)

ANEXOS 17. Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del cusco.



IMAGEN 32: Ambiente uno del laboratorio



IMAGEN 33: Ambiente dos del laboratorio