

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Efecto de la germinación en el contenido de ácido
ascórbico de cuatro variedades de *Chenopodium*
quinoa Willd, Ayacucho 2024.**

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Jhon Romario PEREZ BORDA

ASESORA:

Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ

AYACUCHO - PERÚ

2025

A mis padres y seres queridos, por el apoyo incondicional y constante en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por proporcionarme sus salones de clase y ambientes de laboratorio para mi formación profesional y personal. A los docentes de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, especialmente a los maestros de la especialidad de Microbiología, por brindarme su conocimientos, herramientas y experiencias necesarias para mi adecuada formación profesional.

A la Dra. Roberta Brita Anaya González, por su tiempo en el asesoramiento, apoyo, orientación, paciencia y facilidades brindadas en la culminación de la presente investigación.

A los miembros del jurado por el tiempo dedicado en evaluar mi proyecto de investigación, también agradecer por sus recomendaciones y sugerencias en la redacción del borrador de tesis.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Ayacucho, por brindarme y facilitarme las muestras de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICES DE ANEXOS	vii
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	9
2.3. Bases teóricas	10
2.3.1. Pseudocereales	10
2.3.2. <i>Chenopodium quinoa</i>	10
2.3.3. Germinación	13
2.3.4. Germinados	17
2.3.5. Vitamina C o L-Ácido ascórbico	17
2.3.6. Espectrofotometría	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Ubicación del área de estudio	20
3.1.1. Ubicación política	20
3.1.2. Ubicación geográfica	20
3.2. Población	20
3.3. Muestra	20
3.3.1. Criterio de inclusión y exclusión de la muestra	21
3.4. Metodología	21
3.4.1. Procedimiento y técnicas para la ejecución de la investigación	21
3.5. Tipo de investigación	25
3.6. Diseño experimental	25
3.7. Variables e indicadores	26
3.8. Análisis de datos	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	35
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	42
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Clasificación taxonómica de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd por Cronquist A. (1988)	10
Tabla 2.2 Biomoléculas orgánicas e inorgánicas de la quinua.	11
Tabla 2.3 Contenido de macronutrientes, minerales y vitaminas en la quinua, por cada 100 gramos de peso en seco.	11
Tabla 4.1 Porcentaje promedio de germinación de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd en los diferentes tiempos de germinación	28
Tabla 4.2.1 Concentración de Ácido Ascórbico (Vitamina C) de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd en el tiempo 0 horas (sin germinar).	29
Tabla 4.2.2 Concentración de Ácido Ascórbico en las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd a las 24 horas de germinación.	30
Tabla 4.2.3 Concentración de Ácido ascórbico en las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd a las 48 horas de germinación	31
Tabla 4.2.4 Concentración de Ácido ascórbico en las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd a las 72 horas de germinación	32
Tabla 4.2.5 Concentración de Ácido ascórbico en las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd a las 96 horas de germinación	33

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 2.1	Ciclo de glioxialato en las semillas durante la germinación	16
Figura 2.2	Oxidación de ácido ascórbico.	18
Figura 3.1	Reducción del 2,6 Diclorofenol indofenol por acción de la vitamina C.	23
Figura 4.1	Contenido promedio de Ácido ascórbico de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd en los diferentes tiempos de germinación.	34

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Curva de calibración para Ácido ascórbico	49
Anexo 2. Prueba de Normalidad y Homogeneidad de varianza	50
Anexo 3. Análisis de varianza de dos factores con interacción respecto al contenido de la vitamina C.	51
Anexo 4. Comparación múltiple de Tukey del contenido de Ácido ascórbico con respecto al tiempo de germinación.	52
Anexo 5. Comparación múltiple de Tukey del contenido de Ácido ascórbico en función a la variedad de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	53
Anexo 6. Comparación múltiple de Tukey del contenido de la Vitamina C con respecto a la interacción que hay entre la variedad y el tiempo de germinación.	54
Anexo 7. Análisis de varianza de dos factores con interacción respecto al porcentaje de germinación	55
Anexo 8. Comparación múltiple de Duncan del porcentaje de germinación en función a la variedad de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd y al tiempo de germinación.	56
Anexo 9. Contenido promedio de Ácido ascórbico en (mg/100 g) de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, según al diseño factorial AXB.	57
Anexo 10. Protocolo de la obtención de la harina de los germinados de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	58
Anexo 11. Germinados de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, en los diferentes tiempos de germinación.	59
Anexo 12. Preparación de diluciones de ácido ascórbico para elaborar la curva de calibración.	60
Anexo 13. Determinación de ácido ascórbico en las muestras germinadas de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	61
Anexo 14. Reducción del colorante (DCFI) por el ácido ascórbico de los germinados.	62

Anexo 15.	Radícula de los germinados de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	63
Anexo 16.	Preparación de reactivos para la determinación de Vitamina C.	64
Anexo 17.	Boleta de venta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	65
Anexo 18.	Matriz de consistencia.	66

RESUMEN

La germinación es un proceso metabólico mediante el cual las semillas incrementan sus niveles de proteínas y antioxidantes, como la vitamina C; es esencial consumir esta vitamina debido a sus beneficios para la salud humana. Por ello, se tomó la decisión de investigar el efecto de la germinación en el contenido de ácido ascórbico o vitamina C en cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua". La determinación de la vitamina C se desarrolló mediante el principio de la reducción del colorante redox 2,6 Diclorofenol indofenol que es evidenciado por espectrofotometría a 520 nm. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial A X B, teniendo en cuenta que el tiempo de germinación y la variedad de *Chenopodium quinoa* Willd, son los dos factores. Producto de los resultados podemos afirmar que el tiempo de germinación, la variedad de *Chenopodium quinoa* Willd, y la interacción de estos dos factores ($P < 0,005$) influyen en el contenido de ácido ascórbico. En las semillas sin germinar (0 horas), no existe una diferencia significativa en cuanto a la concentración de vitamina C en las cuatro variedades de quinua. La mayor concentración de vitamina C fue en la variedad INIA-415 Pasankalla en las 72 horas de germinación con 70,50 mg de vitamina C/100 g. Mientras tanto se evidenció que el contenido de ácido ascórbico disminuye en las cuatro variedades en las 96 horas de germinación. Finalmente podemos afirmar que el tiempo de germinación hasta las 72 horas influye en el incremento de la vitamina C en las cuatro variedades de quinua.

Palabras clave: Ácido ascórbico, germinación, *Chenopodium quinoa*.

I. INTRODUCCIÓN

Chenopodium quinoa Willd, conocido como quinua, es un grano andino utilizado como alimento básico en la región andina de América del Sur. Este pseudocereal es capaz de adaptarse a diferentes condiciones ambientales gracias a su enorme variación genética, por lo que ha sido reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura como "uno de los cultivos más importantes y prometedores para la humanidad". Se ha demostrado científicamente que el grano de quinua aporta un buen valor nutricional, ya que contiene proteínas ricas en aminoácidos, carbohidratos de bajo índice glucémico, fibra dietética, lípidos y vitaminas de alto valor biológico, lo que la hace importante en la nutrición y la salud humana (Campos et al., 2022). La germinación es un proceso biológico en el que una semilla activa enzimas que inician rutas metabólicas que aumentan el valor nutritivo de los cereales y pseudocereales (Torres et al., 2018); por esta razón, se evaluó cómo el contenido de Ácido ascórbico de cuatro variedades de quinua se modifica en función al tiempo de germinación.

La razón que conllevó a investigar sobre el ácido ascórbico, es que este micronutriente posee muchos beneficios para la salud humana. Se pudo comprobar su alto poder antioxidante, participación en cicatrización de heridas, en la contribución en el metabolismo del colágeno y en la mejora del sistema inmunológico (Castillo, 2019). La investigación se centra en tener mayor información científica para comprobar y evaluar si existe diferencia en el contenido de este nutriente con respecto a la variedad y al tiempo de germinación. La finalidad de la investigación es motivar a la población peruana a adquirir nuevos productos, lo que podría llevar a la industrialización y comercialización del germinado de la quinua en el mercado nacional, y así aprovechar los beneficios que puede brindar, como la prevención de enfermedades y, por lo tanto, mejorar la salud de la población.

Es por ello que en el trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el contenido de ácido ascórbico en germinados de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de ácido ascórbico en semillas no germinadas de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.
- Comparar el contenido de ácido ascórbico de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, en función al tiempo de germinación.
- Comparar el contenido de ácido ascórbico después de las 24, 48, 72 y 96 horas de germinación entre las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Srujana et al., (2020) llevaron a cabo una investigación con el objetivo de evaluar el efecto de la germinación sobre el contenido de la vitamina C y la actividad amilolítica de *Chenopodium quinoa* Willd (quinua). Para la germinación, las semillas lo desinfectaron con peróxido de hidrógeno durante diez minutos, mientras que, para el proceso de imbibición, lo remojaron en agua destilada durante 10 horas, respectivamente. Luego, las semillas lo germinaron a temperaturas de 15, 20 y 25 C⁰. Las semillas germinadas lo evaluaron cada cuatro horas para cada temperatura. Para la determinación de la vitamina C utilizaron el método volumétrico de Tillmans, Para las 24 horas de germinación obtuvieron 17,38; 32,22 y 31,14 mg/100 g de vitamina C para la temperatura de 15, 20 y 25 C⁰, respectivamente. En esta investigación corroboraron que hasta las 72 horas de germinación y a una temperatura ambiente hay un incremento del contenido de vitamina C.

Wang et al. (2015) investigaron cómo la germinación de las semillas de *Linum usitatissimum* L. (linaza) afecta el contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Las semillas de la linaza lo germinaron durante diez días a temperatura ambiente y en condiciones de oscuridad; utilizaron muestras de cada día de germinación para su análisis. Emplearon el método volumétrico con 2,6 diclorofenol-indofenol para determinar la cantidad de vitamina C. Según los resultados demostraron que las semillas germinadas de la linaza incrementaron secuencialmente el contenido de la vitamina C y de los compuestos fenólicos hasta el octavo día, ya en los dos últimos días observaron una disminución en el nivel de vitamina C, para lo cual el contenido de esta vitamina osciló entre 9,30 mg/100 g (tiempo 0) y 222,13 mg/100 g (octavo día).

En cuanto al contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante tienen una relación en cuanto al contenido de la vitamina C, ya que de igual forma observaron un incremento hasta el octavo día de germinación. Por ello en dicha investigación llegaron a una conclusión que la germinación de las semillas de linaza potencia la producción del contenido de la vitamina C, compuestos fenólicos, flavonoides y la capacidad antioxidante.

Darwish et al., (2021) a través del uso de la espectrofotometría cuantificaron la concentración de la vitamina C en semillas germinadas de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua", y evidenciaron el incremento de esta vitamina en un 32 %. En el mismo estudio demostraron que la germinación de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua" a las 72 horas aumenta el contenido de hierro, calcio, zinc y carotenoides en un 39, 49, 20 y 26 %, respectivamente, mientras que disminuyen los factores antinutricionales como la saponina, el ácido fítico y los taninos en un 59,60; 50,0 y 11,32 %, respectivamente. De esta manera comprobaron que la alimentación a base de semillas germinadas de quinua incrementa el peso corporal y potencial anti-anémico en ratas.

Liñan, (2021) por medio de una investigación experimental confirmó como la germinación de las semillas de *Vicia faba* L. (haba) influye en el incremento de compuesto fenólicos y la capacidad antioxidante; para lo cual la semilla lo germinó en un lapso de seis días, donde evidenció que a medida que pasa el tiempo de germinación, se incrementa el contenido de compuestos fenólicos. Para ello utilizó los germinados de las semillas de haba de los días cero (semillas sin germinar), segundo, cuarto y sexto día. Las semillas de haba del sexto día de germinación fue que presentó mayor cantidad de compuesto fenólicos totales ($1,697 \pm 17,69$ mg EAG/L de solución). En el análisis de la actividad antioxidante, observó un aumento constante conforme avance los días de germinación hasta el cuarto día ($705,75 \pm 24,64$ μ ME Trolox), sin embargo, las diferencias entre los días de germinación no fueron estadísticamente significativas.

Laus et al., (2017) mediante una investigación evaluaron como la germinación, las condiciones de almacenamiento y la concentración del aire (O_2 y CO_2) influyen en la capacidad antioxidante y en el contenido de compuestos fenólicos y vitamina C, en

semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. En este estudio los granos de quinua lo germinaron en un lapso de 7 días, obteniendo muestras germinadas del segundo, cuarto y séptimo día; sometidos a una condición de germinación: (aire del ambiente, aire con 5 % de O₂, aire con 5 % de O₂ más 10 % CO₂, aire con 5 % de O₂ más 20 % CO₂). La determinación de la vitamina C lo realizaron por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Según los resultados afirmaron que la mayor concentración de vitamina C (60 mg/100 g) se evidencia al séptimo día de germinación sometidos a aire del ambiente, en comparación al aire con 5 % de O₂, aire con 5 % de O₂ más 10 % CO₂, aire con 5 % de O₂ más 20 % CO₂; se obtuvieron 40, 43 y 45 mg/100 g de Vitamina C respectivamente, para este tiempo de germinación.

Por consiguiente, en este estudio demostraron que la menor concentración de vitamina C (35 mg/100 g) se encuentra al segundo día de germinación con 5 % de O₂ más 10 % CO₂ de aire, seguidos del aire del ambiente, aire con 5 % de O₂, aire con 5 % de O₂ más 20 % CO₂, donde obtuvieron una concentración de Vitamina C de 39, 42 y 40 mg/100 g, respectivamente. De esta manera corroboraron que el tiempo de germinación y las condiciones del aire influyen en el contenido de vitamina C en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”.

Patiballa et al., (2024) evaluaron el efecto de la germinación y del remojo sobre los factores anti-nutricionales de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. Las semillas de quinua lo remojaron en tres soluciones diferentes (T1: agua normal con 2 % de sal, T2: agua tibia con 2 % de sal, T3: agua tibia con 2 % de sal) por 6 horas antes de germinar en condiciones oscuras a temperatura ambiente. Utilizaron el método titrimétrico con solución de yodato para medir la cantidad de vitamina C. La vitamina C cuantificaron cada cuatro horas desde la germinación hasta las 24 horas. Para las 4 horas de germinación obtuvieron 5,21; 6,35; 7,17 y 8,08 mg/100 g de vitamina C para T1, T2, T3 y T4, respectivamente. Del mismo modo encontraron valores de 7,62; 8,31; 9,08 y 10,28 mg/100g de Vitamina C para T1, T2, T3 y T4 durante las 8 horas de germinación. De esta manera evidenciaron que el ácido ascórbico aumenta hasta las 24 horas de germinación. También confirmaron que el tratamiento para el remojo de las semillas de quinua previo a la germinación, influyen en el contenido de L- ácido ascórbico, donde observaron que la mayor concentración de esta vitamina fue en aquellas semillas que fueron remojadas en agua tibia con 2 % de sal.

Devi *et al.*, (2015) realizaron un experimento para determinar cómo el tiempo de remojo y germinación de las semillas de *Vigna unguiculata* (capulí) afecta el contenido de proteínas, vitamina C y ácido fítico. Por lo tanto, en esta investigación llevaron a cabo un tiempo de remojo de 3 horas y 9 horas, realizaron la germinación por 24 horas hasta obtener un brote de radícula de 1/2 a 1/4 de pulgada. Utilizaron el método AOAC (1995) para analizar la vitamina C. Según sus resultados demostraron que la semilla cruda de capulí de la variedad PL-1, PL-2 y PL-3 tiene una concentración de 0,08; 0,19 y 0,73 mg/100 g, respectivamente; y las semillas de capulí ya germinadas posee un contenido de vitamina C de 3,03; 1,79 y 3,20 mg/100 g, respectivamente. De esta manera llegaron a la conclusión que la germinación influye en la cantidad de vitamina C, y que el contenido de este nutriente varía según la variedad. En cuanto al contenido de proteínas totales, evidenciaron que la germinación influye en la concentración de este nutriente. Por ejemplo, las semillas crudas de las tres variedades de capulí (PL-1, PL-2 y PL-3) tenían 27,15; 30,87 y 24,99 mg/100 g de proteínas totales, mientras que las semillas germinadas tenían 29,7; 33,6 y 28,14 mg/100 g de proteínas totales, respectivamente. Finalmente ratificaron que mientras la germinación aumenta los nutrientes como la vitamina C y las proteínas, también reduce los antinutrientes como el ácido fítico.

Mao *et al.*, (2024) descubrieron que la germinación de tres cultivares diferentes de garbanzo aumenta la calidad funcional y la bioactividad. Para ello, utilizaron cultivares de garbanzo (Muying1, Y2-514 y YZ-364). Previo a la germinación, las semillas lo desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2 % v/v por 10 minutos, luego enjuagaron con agua desionizada y remojaron entre 10 y 15 horas. Finalmente, dejaron germinar las semillas en condiciones oscuras por 72 horas a 25°C.

Los resultados en cuanto al contenido vitamina C en semillas crudas fueron 66,54; 89,55 y 58,02 mg/100 g para los cultivares (Muying1, Y2-514 y YZ-364), respectivamente. En tanto que en las semillas germinadas evidenciaron 1261,72; 1052,70; 381,63 mg/100 g de vitamina C para los cultivares (Muying1, Y2-514 y YZ-364), respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante en las semillas crudas obtuvieron 35,00; 56,90 y 50,90 % de DPPH en los cultivares (Muying1, Y2-514 y YZ-364), respectivamente. Y en las semillas germinadas notificaron la actividad antioxidante de 94,0; 79,30 y 54,80 % de DPPH.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huaraca *et al.*, (2021) corroboraron que la germinación de tres variedades de *Chenopodium quinoa* Willd (Blanca Huancayo, Roja Pasankalla y Negra Collana) aumentaron el contenido de proteínas totales y minerales (hierro y calcio). Según los hallazgos confirmaron que la germinación de la variedad Negra Collana y Roja Pasankalla aumentó el contenido de proteínas en 12,48 y 12,13 %, respectivamente, mientras que la variedad Blanca Junín demostró un bajo contenido de esta biomolécula. En este mismo estudio corroboraron que el contenido de los minerales como el calcio y hierro se incrementaron por efecto de la germinación, la Negra Collana germinada tuvo una concentración de calcio de 71,23 mg/100 g, en comparación de las semillas no germinadas con un contenido de 55,6 mg/100 g; de la misma forma demostraron el incremento de calcio en la variedad Roja Pasankalla, sin germinar presenta una concentración de 49,81 mg/100 g y germinada un contenido de 61,45 mg/100 g.

Bravo *et al.*, (2013) realizaron un estudio químico y nutricional sobre germinados de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” y *Amaranthus caudatus* “kiwicha”. Para la determinación de la vitamina C emplearon el método volumétrico, donde a través de sus resultados demostraron que en los granos de quinua sin germinar presenta una concentración de 0,74 mg% y en las semillas germinadas 6,20 mg% de ácido ascórbico. Así mismo se evidenciaron que los granos de kiwicha germinados presentan mayor concentración de vitamina C con 7,17 mg% en comparación de los granos no germinados con tan solo 2,28 mg% de ácido ascórbico.

Alfaro *et al.*, (2020) realizaron un trabajo sobre la calidad nutricional de los germinados de cinco variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, demostraron que gracias a la germinación se incrementó la cantidad de hierro y vitamina C. Por ello al realizar un estudio bromatológico evidenciaron que el contenido del hierro en granos secos de la quinua de las cinco variedades oscila en 2,23 a 3,2 mg/100 g y en comparación con los granos germinados de la quinua que fluctúa entre 5,13 a 7,47 mg/100 g. En ese mismo estudio a través del método de volumetría, llegaron a la conclusión que los granos germinados de las 5 variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, poseen mayor contenido de vitamina C, en comparación de semillas secas sin germinar, por consiguiente, en los granos secos de quinua el contenido de dicha vitamina fluctúa en 0,06 a 1,01 mg/100 g en comparación con los granos germinados

que varía dentro de 3,6 a 5,85 mg/ 100 g en las cinco variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

Casanave y Ruiz (2022), a través de una investigación experimental evaluaron el aporte nutricional de los granos germinados y cocidos de quinua, kiwicha y cañihua. Para ello trabajaron con una muestra de diez kilogramos de: Quinua Blanca de Hualhuas, Kiwicha Centenario y Cañihua ILLPA Puno. A través del estudio bromatológico comprobaron que la quinua cocida arrojó un promedio en ceniza, proteína y grasas de 2,52; 12,44 y 1,35 g/100 g respectivamente, en cambio para la quinua germinada una cantidad promedio para ceniza, proteínas y grasas de 4,05; 18,19 y 4,81 g/100 g respectivamente, evidenciándose un alto valor en el contenido de estos nutrientes en granos germinados. Para la kiwicha cocida evidenciaron un promedio de cenizas, proteínas y grasas de 3,21; 13,09 y 0,88 g/100 g, respectivamente; mientras que la germinada una cantidad promedio de 4,26; 16,38 y 2,98g/100g para los mismos analitos. La cañihua cocida presentó resultados promedio (MS) de ceniza, proteína y grasa de 3,47; 15,18 y 1,65 g/100 g, respectivamente; mientras que las se millas germinadas presentaron una concentración promedio de 3,78; 12,23 y 3,09 g/100 g para los mismos nutrientes estudiados. Finalmente demostraron que los granos germinados de la quinua, kiwicha y cañihua aportan mayor contenido en minerales, proteínas y grasas, que los granos cocidos y sin germinar.

Torres et al., (2018) evaluaron la variación del contenido de ácidos grasos, proteínas, bioaccesibilidad mineral (Mg y K) y la capacidad antioxidante de los granos de *Cajanus cajan*, conocido como guandul o frijol de palo, para lo cual lo germinaron durante 96 horas a 20 C° en condiciones oscuras. Debido a la germinación evidenciaron una disminución del contenido de proteínas de 24,7 g /100 g en semillas crudas a 19,7g /100 g en semillas germinadas. Por otro lado, el contenido total de las grasas aumentó de 2,48 a 3,34 g/100 g en semillas crudas y germinadas, respectivamente. Los ácidos grasos que aumentaron producto de la germinación fueron el ácido palmítico (21,8 a 25,7 %) y ácido linoleico (52,9 a 55,9 %). En ese mismo estudio corroboraron que la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles aumentó producto de la germinación.

2.2. Marco conceptual

- **Accesiones**

Comprenden aquellas muestras de semillas o plantas que se distinguen por una característica ya sea el color, tamaño o forma. En un banco de germoplasma se distingue del resto por un código alfanumérico, y se refiere a una muestra representativa de una población con su respectivo registro individual (Henríquez *et al.*, 2002).

- **Variedad**

Se refiere a un grupo de plantas que tienen ciertas propiedades fenotípicas en común, escogidas dentro de una especie vegetal (Afonso *et al.*, 2022)

- **Espectrofotometría**

Es una de las herramientas y técnicas más utilizadas para la detección y cuantificación específica de una molécula y sustancia química, su buena sensibilidad y precisión se debe a su principio de la absorbancia y transmitancia de una fuente de luz con una longitud de onda conocida (Duymovich *et al.*, 2005)

- **L- Ácido ascórbico**

Es un ácido orgánico bajo la forma de un cristal hidrosoluble; también es conocido como vitamina C, con buenas propiedades antioxidantes y participa en el metabolismo de lípidos y en la formación de las hormonas esteroideas y el colágeno. Esta vitamina es esencial debido a que no es posible su síntesis en humanos, ciertos primates, cobayos y entre otros por lo que su requerimiento es mediante la alimentación (Serra y Cafaro, 2007)

- **Germinación**

Es un proceso fisiológico y gradual que ocurre en una semilla de una planta, en la que se lleva a cabo ciertas reacciones metabólicas esenciales y primordiales para que emerja un embrión por consiguiente una nueva planta (Doria, 2010).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Pseudocereales

Son aquellas plantas dicotiledóneas cuyas semillas se consumen como granos; normalmente se les encuentra en la familia Amaranthaceae (Amaranto y Cañihua), Chenopodiaceae (quinua) y Polygoniaceae (trigo sarraceno), también se le incluye a la semilla de chía que forma parte de la familia Lamiaceae (Alfaro *et al.*, 2020).

Se les define como plantas no cereales que producen semillas que se consumen como tal, generalmente sin gluten o en poca cantidad y ricas en nutrientes. su composición y usos son similares a los de los cereales. Debido a su alto contenido de nutrientes y efectos sobre la salud, los Pseudocereales andinos como el amaranto, la quinua y la cañihua son muy valiosos (Huamanchumo, 2020).

2.3.2. *Chenopodium quinoa*

La quinua es un grano andino que por su morfología y a la composición química se le clasifica dentro de los pseudocereales. Esta semilla es originaria de la región andina de América del Sur. Debido a su amplia diversidad genética, la planta de quinua tiene la capacidad de adaptarse y acondicionarse a diferentes ambientes y se puede cultivar en el desierto, en climas fríos y secos, templados y lluviosos, en altiplanos y en las zonas alto andinas (Fabio y Parraga, 2017).

La quinua es una especie herbácea arbustiva anual dicotiledónea cuyas semillas se consumen como cereales. Normalmente no contiene gluten, por lo que se considera un pseudocereal con alto valor nutricional (De La Cruz, 2023).

2.3.2.1. Clasificación taxonómica

Tabla 2.1 Clasificación taxonómica de *Chenopodium quinoa* Willd por Cronquist. (1988).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceae
Género	Chenopodium
Especie	Chenopodium quinoa Willdenow
Nombre vulgar	“quinua”

Oficina Regional para América Latina y el Caribe, (2011).

2.3.2.2. Valor nutritivo de la quinua

Tabla 2.2

Biomoléculas orgánicas e inorgánicas de la quinua

Componente	(g/100 g)	Vitaminas	(mg/100 g)	Minerales (mg/kg)	
Proteínas	12,5 – 16,7	Vitamina C	4,0-16,4	Ca	275 - 1487
Grasas	5,5 – 8,5	Vitamina E	2,60-5,37	P	1400 - 5300
Cenizas	3,0 – 3,8	Vitamina B1	0,38-0,40	Mg	1760 - 5020
Carbohidratos	60,0 – 74,7	Vitamina B2	0,39	Fe	14 - 168
		Vitamina B3	1,06	Zn	28 - 48
				K	75 -12000
				Cu	2 - 51

Según Vega *et al*, (2020)

Tabla 2.3

Contenido de macronutrientes, minerales y vitaminas en la quinua, por cada 100 gramos de peso en seco

Componente	(g/100 g)	Mineral	(mg/100 g)	Vitaminas	(mg/100 g)
Proteínas	16,5	Calcio	148,7	Tiamina	0,2 - 0,4
Grasas	6,3	Hierro	13,2	Riboflavina	0,2 - 0,3
Carbohidratos	69,0	Magnesio	249,6	Ácido fólico	0,00781
		Fósforo	383,7	Niacina	0,5 - 0,7
		Potasio	926,7		
		Zinc	4,4		

Según Koziol, (1992)

Los estudios realizados en las semillas de la quinua, afirman la alta calidad del contenido de proteínas debido a que aporta todo tipo de aminoácidos esenciales. Los principales componentes proteicos son las globulinas (37 %) y las albúminas en un 30% (Comino *et al.*, 2013).

En cuanto al contenido de vitaminas de la quinua se reporta que en 100 gramos hay 0,4 mg de tiamina; 78,1 mg de ácido fólico; 1,4 mg de vitamina C; 0,20 mg de vitamina B6 y 0,61mg de ácido pantoténico (Gordillo y Díaz, 2016).

2.3.2.3. Variedades comerciales de quinua

- **INIA 420 - Negra Collana**

Se adapta y se produce en el altiplano, valles interandinos y la costa. El color del pericarpio y episperma es gris y negro brillante, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 144 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

- **INIA 415 – Pasankalla**

Se adapta y se produce en el altiplano, valles interandinos y la costa. El color del pericarpio y episperma es plomo claro y vino oscuro, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 138 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

- **Blanca de Junín**

Se adapta y se produce de manera óptima en los pisos de los valles interandinos hasta los 3500 msnm. El color de pericarpio y episperma es crema y blanco, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 170 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

- **INIA 441 - Señor del Huerto**

Se adapta y se produce eficientemente entre 2700 a 3600 msnm. El color del pericarpio y episperma es crema y blanco, respectivamente. Se destaca por tener un buen rendimiento y productividad llegando a producir 2,95 a 3,20 toneladas por hectárea de cultivo (Apaza *et al.*, 2013).

- **INIA 431 – Altiplano**

Se adapta y se produce en el altiplano de Puno a 3800 y 3950 msnm. El color de pericarpio y episperma es crema y blanco, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 150 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

- **Salcedo INIA**

Se adapta y se produce en el altiplano, valles interandinos y la costa. El color de pericarpio y episperma es crema y blanco, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 150 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

- **Amarilla Maranganí**

Se adapta y se produce de manera óptima en los pisos de los valles interandinos de las regiones de Cusco y Apurímac. El color de pericarpio y episperma es amarillo y blanco, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 190 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

- **Ayacuchana INIA**

Se adapta y se produce de manera eficiente entre los 2000 a 3300 msnm. El color de pericarpio y episperma es crema y blanco, respectivamente. Tiene un rendimiento de 2,50 toneladas por hectárea (Apaza *et al.*, 2013).

- **Huancayo**

Se adapta y se produce de manera óptima en la cuenca del Mantaro de 3200 a 3400 msnm. El color de pericarpio y episperma es crema y blanco, respectivamente. Presenta aproximadamente una madurez fisiológica a los 170 días después de la germinación (Apaza *et al.*, 2013).

2.3.3. Germinación

La germinación es un proceso metabólico que desencadena en los granos una serie de procesos enzimáticos que mejoran su digestibilidad e incrementan su calidad nutricional (Doria, 2010).

La germinación es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y desarrollan, a partir del embrión, las estructuras esenciales para la formación de una planta normal (Morales *et al.*, 2017).

Por tanto, la germinación viene a ser una de las técnicas más efectivas para incrementar y mejorar los componentes nutricionales de una semilla.

2.3.3.1. Etapas de la germinación

Mediante el punto fisiológico la germinación se divide en cuatro etapas:

a) Hidratación o imbibición

Es la primera fase de la germinación de una semilla, la que se inicia con la entrada del agua del medio exterior a la cubierta de la semilla. La hidratación de los tejidos de la semilla, es un proceso físico con duración variable entre las especies de plantas, esta va a depender de la cantidad de agua disponible en el medio que rodea a la semilla y de la composición química de la misma, lo cual va a influir en la permeabilidad del agua. La entrada del agua a la semilla se debe a una diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el medio que lo rodea.

Después que la semilla es hidratada, comienza a dar lugar a una serie de reacciones metabólicas en la semilla, para poder iniciar con los siguientes procesos de germinación.

Algunos de los factores que puede influir en esta etapa pueden ser:

- Exceso y déficit hídrico del medio que interactúa con la semilla
- La velocidad de hidratación de la semilla.
- La temperatura, en la que ocurre este proceso.

La velocidad de la germinación va ser lenta cuando la semilla entre a un déficit hídrico; en cambio el exceso hídrico imposibilita y dificulta la entrada del oxígeno al embrión (Matilla, 2008).

b) Germinación

Se da una vez que la semilla se ha hidratado, en esta etapa se produce una disminución de absorción de agua y se estabiliza el consumo de oxígeno, por el cual comienza la activación del metabolismo de la semilla, dando lugar a todas las transformaciones metabólicas de las sustancias de reservas que son macromoléculas a moléculas más sencillas o monómeros (Pita, 1998).

Estas macromoléculas de reservas que pueden ser (glúcidos, proteínas y lípidos), deben ser hidrolizadas por enzimas específicas, hasta sus unidades fundamentales, para que puedan ser utilizados en el metabolismo energético de la semilla (Matilla, 2008).

Cuando una semilla tiene el agua, el oxígeno y la temperatura necesaria, empieza a germinar para formar un nuevo ser vivo, una planta, que a su vez producirá nuevas semillas gracias a la acción de las enzimas durante esta etapa, se ponen en marcha numerosas químicas, gracias a las cuales se producen los siguientes cambios en la semilla (Pita, 1998):

b.1. Transformación de las sustancias de reserva:

- Las largas moléculas de almidón se rompen en otras más pequeñas (maltosa y dextrosa), que luego se fragmentan en glucosa.
- Las cadenas peptídicas se formarán a partir de las proteínas durante un proceso catabólico.
- Los lípidos serán fraccionados hasta ácidos grasos y glicerol (Matilla, 2008).

b.2. Síntesis de nuevas sustancias, como, por ejemplo:

- La vitamina C, que inicialmente no estaba presente en la semilla. Este nutriente es esencial para las semillas porque captura los radicales libres y protege a las células vegetales frente a un estrés oxidativo.
- Clorofila, que resulta muy saludable y necesario para el desarrollo de la fotosíntesis, entre otras biomoléculas (Chancusig, 2013).

c) Crecimiento

Es la última fase de la germinación donde se dan diversos cambios morfológicos visibles en la semilla, donde incrementa la actividad metabólica por el aumento de absorción de agua y actividad respiratoria, para el crecimiento de la radícula.

Mientras que las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, las semillas que alcanzan la fase de crecimiento no pueden volver a las etapas anteriores del proceso, es decir, entran en un proceso fisiológico irreversible, y en el caso de que no se den las condiciones adecuadas para que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá.

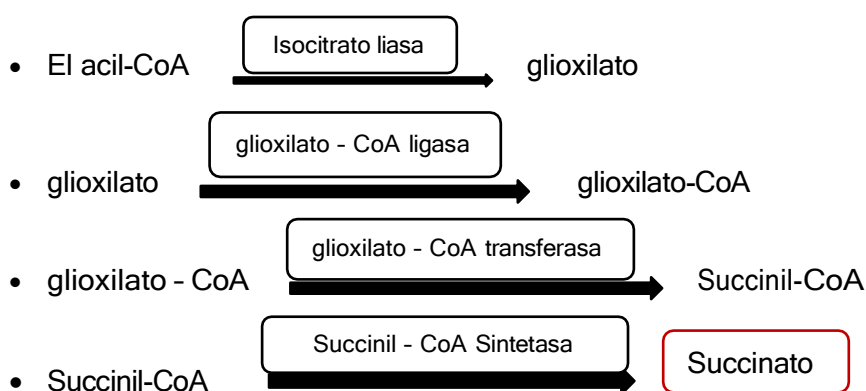
Una vez que la radícula rompe la cubierta de la semilla, se inicia el desarrollo de la plántula, dando lugar a un proceso complejo, que conlleva un elevado gasto energético que es obtenido mediante la movilización de las reservas nutritivas de las semillas (Matilla, 2008).

2.3.3.2. Ciclo de glioxilato en la germinación de las semillas

Es un proceso anabólico que permite convertir los ácidos grasos almacenados en la semilla en carbohidratos y otros compuestos imprescindibles para el crecimiento y desarrollo del embrión durante el proceso de germinación. El ciclo de glioxilato se lleva a cabo en los peroxisomas ya que son orgánulos especializados en la degradación de los ácidos grasos (Eastmond y Graham, 2001).

El primer paso es la conversión de ácidos grasos a succinato mediante diversos procesos o reacciones enzimáticas:

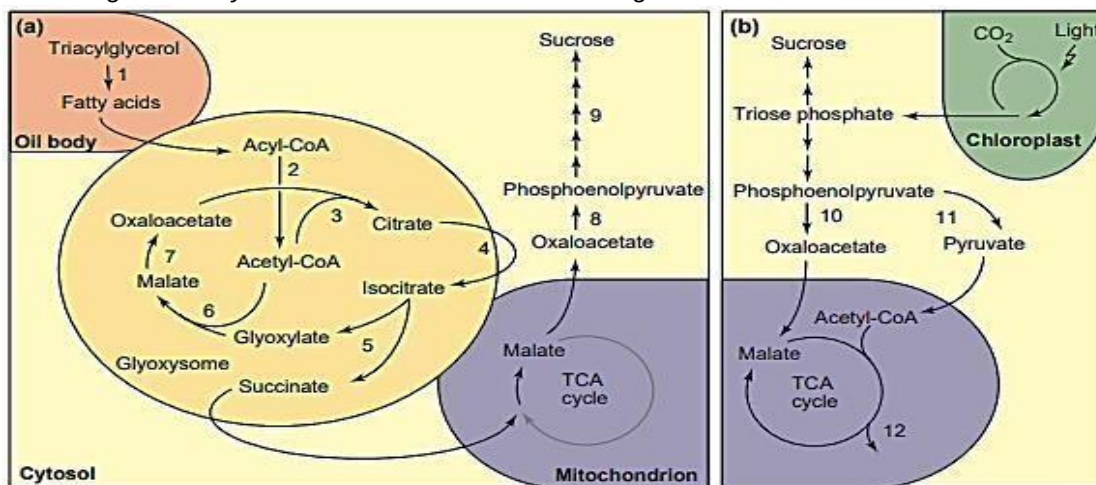
- La β -oxidación de los ácidos grasos produce acil-CoA.



El succinato formado en el ciclo de glioxilato es utilizado en el ciclo de ácido cítrico (TCA) o ciclo de Krebs para producir oxalacetato, que luego a través de un metabolismo secundario es utilizado en producir carbohidratos a través del gluconeogénesis (Eastmond y Graham, 2001).

Figura 2.1

Ciclo de glioxialato y Krebs en las semillas durante la germinación



Fuente: Trends in Plant Scienc, 2001

2.3.4. Germinados

Los germinados son aquellas semillas que sufrieron cambios químicos y morfológicos producto del proceso de la germinación. Al germinar, las semillas mejoran su contenido nutricional, incluyendo enzimas, minerales, vitaminas, aminoácidos y oligoelementos vivos, lo que las convierte en alimentos capaces de satisfacer y contribuir a las deficiencias nutricionales de la actualidad (Arrieta, 2021).

2.3.4.1. Importancia de los germinados

Los germinados actualmente son catalogados como una fuente de salud y vida, ya que son considerados como uno de los mejores alimentos que la naturaleza ha proporcionado, por presentar altos contenidos de enzimas, clorofila, vitaminas, proteínas, y antioxidantes; esto los convierte en alimentos completos y seguros.

En tal sentido poseen los siguientes beneficios para el organismo:

- Estimulan los procesos digestivos.
- Regeneran la microbiota intestinal.
- Son antioxidantes, depurativos y remineralizantes.
- Estimulan el sistema inmunológico (Arrieta, 2021).

2.3.5. Vitamina C o L-Ácido ascórbico

La vitamina C también conocido como ácido ascórbico es un nutriente hidrosoluble. A diferencia de la mayoría de los mamíferos y otros animales, los humanos no tienen la capacidad de sintetizar y obtener de forma endógena la vitamina C, para ello es necesario la ingesta de este nutriente a través de la alimentación y vías de suplemento (oral, intravenosa y otros).

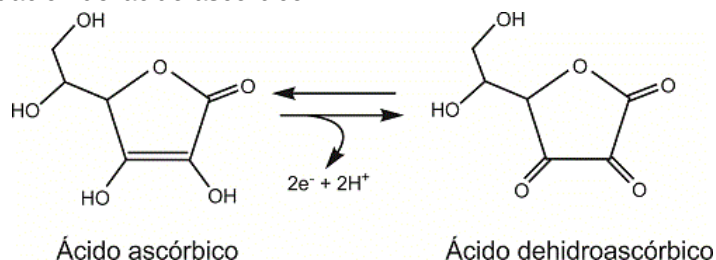
En el organismo se comporta como antioxidante, debido a la protección que ejerce sobre las células ante la presencia de los radicales libres.

Un antioxidante es aquel que tiene la capacidad de donar electrones al radical libre que se encuentra inestable para evitar que otros compuestos se oxiden. Cuando un antioxidante dona sus electrones, se convierte en un radical libre, pero no puede reaccionar. En este sentido, la vitamina C se convierte en el radical ascorbilo (o ácido semidehidroascórbico) después de donar un electrón, pero es bastante

estable y poco reactivo. El ácido dehidroascórbico se forma después de perder su segundo electrón (Villagrán *et al.*, 2019).

Figura 2.2

Oxidación de ácido ascórbico.



Fuente: (Rosa *et al.*, 2018).

2.3.5.1. Función e importancia de la vitamina C

- La vitamina C actúa como un cofactor muy importante en diversas reacciones enzimáticas para la biosíntesis de colágeno, carnitina y neuropéptidos.
- En la respuesta inmune a nivel de los leucocitos la vitamina C se puede almacenar hasta 100 veces más en la sangre durante episodios infecciosos.
- Por otro lado, interviene en la quimiotaxis de neutrófilos y monocitos, proliferación de linfocitos y en la actividad de células natural killer.
- Su carencia en la dieta incrementa la probabilidad de desarrollar escorbuto en el organismo.
- Protección de las células frente al daño oxidativo, por ello se le conoce como uno de los antioxidantes más efectivos y potentes (Castillo, 2019).

2.3.6. Espectrofotometría

La espectrofotometría ultravioleta visible es una técnica analítica que permite medir y calcular la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas, y a su vez la cantidad de luz absorbida depende de la concentración de un analito (Owen, 1996).

2.3.6.1. Principios básicos de la espectrofotometría

- **Absorbancia**

La absorbancia es una medida física que nos indica la cantidad de luz absorbida en una muestra en solución bajo una determinada longitud de onda (Owen, 1996).

$$A = \text{Log} (1 / T)$$

- **Transmitancia**

La transmitancia de una muestra en solución se define como la relación de la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra (I_T) y la cantidad de luz que incidió sobre ella (I_0), y se representa normalmente en porcentaje (Owen, 1996).

$$\% T = (I_T / I_0) \times 100$$

- **Ley de Beer-Bouguer-Lambert**

La absorbancia de una muestra en una solución es directamente proporcional a su concentración, según esta ley química. La concentración(c) de la muestra, la longitud(l) que atraviesa la luz en el medio y la abundancia de moléculas en la muestra están relacionadas con el aumento de la absorbancia. Finalmente, esta ley se basa en una constante de proporcionalidad llamada coeficiente de extinción (ϵ), que es única para cada cromóforo (Owen, 1996).

Según esta ley se obtiene la siguiente fórmula:

$$A = c. l. \epsilon$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

3.1.1. Ubicación política

País: Perú Región:

Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

3.1.2. Ubicación geográfica

El laboratorio de Bioquímica, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Ubicación: Av. Independencia S/N Latitud

Sur: 13° 08' 44, 04"

Longitud Oeste: 74° 13' 15, 85"

Altitud: 2791 msnm

3.2. Población

Todas las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd que se encontraron disponibles en el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) de Ayacucho - 2023.

3.3. Muestra

- 01 kg de *Chenopodium quinoa* Willd, variedad INIA-415 Pasankalla.
- 01 kg de *Chenopodium quinoa* Willd, variedad Blanca de Junín.
- 01 kg de *Chenopodium quinoa* Willd, variedad INIA-420 Negra Collana.
- 01 kg de *Chenopodium quinoa* Willd, variedad INIA-441 Señor del Huerto.

3.3.1. Criterio de exclusión e inclusión

a) Inclusión

- Semillas de las cuatro variedades de quinua con poco tiempo almacenamiento, provenientes de la última cosecha del 2023

b) Exclusión

- Semillas longevas de las cuatro variedades de quinua con demasiado tiempo de almacenamiento

3.4. Metodología

3.4.1. Procedimiento y técnicas para la ejecución de la investigación

3.4.1.1. Obtención y recolección de muestra

- Las muestras de cada variedad de quinua se obtuvieron en noviembre de 2023 en INIA - Ayacucho, provenientes de la cosecha más reciente del año, asegurando la viabilidad de los granos y un almacenamiento reducido de las muestras.
- Las muestras por variedad se recolectaron en recipientes limpios, secos y debidamente rotulados.
- Finalmente fueron transportados al laboratorio, en bolsas de papel debidamente rotulados.

3.4.1.2. Limpieza y desinfección de las semillas

- Una vez en el laboratorio se procedió a realizar la extracción de las impurezas y elementos extraños que pudieran presentar las muestras, tales como: piedras, restos vegetales que no corresponden a la muestra; dejando las semillas libres de estas.
- Después de la limpieza de las semillas se procedió con la desinfección con hipoclorito de sodio al 0,4% por 5 min, posterior a ello se enjuagó de 3 a 5 veces con agua destilada hasta remover desechos del hipoclorito.

3.4.1.3. Desaponificación

- Para este proceso se siguió el método realizado por Hinostroza, (2020). Para ello los granos de quinua se remojaron por 15 minutos con 3 partes de agua y uno de quinua. Luego se desamargaron utilizando fricción intensa a las semillas durante 3 minutos aproximadamente. El agua se retiró y se reemplazó por otra cantidad igual. Este proceso se realizó tres veces hasta visualizar la ausencia de espuma.

3.4.1.4. Remojo o Hidratación

- Los granos de las semillas de cada variedad se colocaron en recipientes con agua destilada en una proporción de 1: quinua (30 g) y 3: agua destilada (90 ml). El tiempo de remojo se realizó en un lapso de 10 horas aproximadamente tal como lo indica (Srujana et al., 2020).
- Después del tiempo de remojo se procedió a eliminar el sobrante de agua agregada durante el proceso de remojo.

3.4.1.5. Germinación

- Las semillas de cada variedad que fueron previamente remojadas, fueron colocadas en pequeñas bandejas de plástico formando una capa fina. Previo a ello se extrajo una pequeña muestra de 10 gramos aproximadamente de cada variedad para el tiempo cero.
- La germinación tuvo lugar durante 24, 48, 72 y 96 horas en ambiente oscuro y a temperatura ambiente (21 C° en promedio durante el día y 12 C° de noche). Para mantener la humedad requerida, se añadió agua destilada mediante un pulverizador cada 12 horas durante el período de germinación en cada variedad de *Chenopodium quinoa* Willd.

3.4.1.6. Secado

- De las semillas de las cuatro variedades que fueron germinadas por 24 horas, se extrajo una pequeña muestra de 10 gramos aproximadamente. Del mismo modo se procedió para 48, 72 y 96 horas de germinación.
- Las semillas germinadas fueron secadas mediante una estufa a 40 C° por un lapso de 24 horas.

3.4.1.7. Molienda y almacenamiento

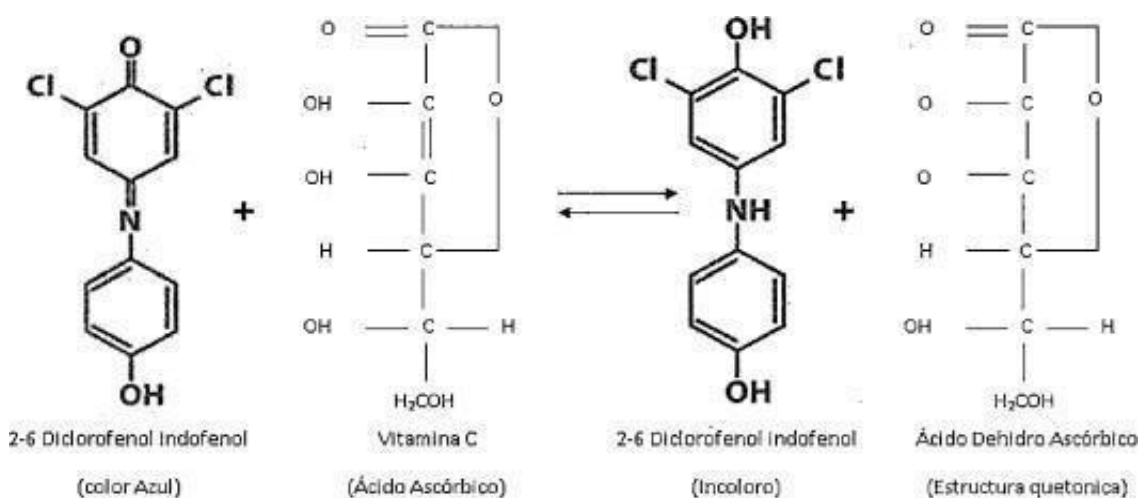
- La molienda se efectuó mediante el uso de un mortero hasta la obtención de una harina, finalmente se procedió a pesar.
- La harina obtenida se envasó en pequeños frascos de color ámbar con boca ancha y finalmente se almacenó a 4 C° hasta su análisis.

3.4.1.8. Determinación de L-ácido ascórbico o Vitamina C

- El principio del método para la cuantificación de la Vitamina C, se basa en la reducción del colorante 2,6 Diclorofenol - indofenol que en medio ácido es de color rojo, se vuelve incoloro a medida que se reduce por efecto del ácido ascórbico (Rosa *et al.*, 2018). Esta reacción redox es determinada espectrofotométricamente a 520 nm.

Figura 3.1

Reducción del 2,6 Diclorofenol indofenol por acción de la vitamina C.



Fuente: (Rosa *et al.*, 2018)

3.4.1.8.1. Elaboración de la curva estándar

- Se tomó y enumeró 4 tubos de prueba del I al IV, se añadió lo siguiente:
 - I: 10 ml de agua destilada.
 - II: 1 ml de ácido oxálico al 0,4%
 - III: 1 ml de Estándar de trabajo(N°1) + 9 ml de agua destilada.
 - IV: 1 ml de Estándar de trabajo (N°1) + 9 ml de solución colorante.
- Con el tubo número I se ajustó a 0 la absorbancia a una longitud de onda de 520 nm.
- Al tubo número II se añadió 9 ml de la solución coloreada, exactamente después de 15 segundos se procedió a leer la absorbancia a 520 nm (L1).
- Con el tubo número III se ajustó a 0 la absorbancia a 520 nm.

- Al tubo número IV se le añadió 9 ml de solución colorante, y exactamente después de 15 segundos se lee la absorbancia a 520 nm (L2).
- Se prosiguió con los mismos pasos anteriores para los estándares de trabajo (2, 3, 4, 5, 6 y 7 mg/100 ml), donde se registró L1 y L2 para cada solución estándar.
- Seguidamente se elaboró la curva de calibración mediante una regresión lineal, para la cual en la abscisa se ubica las concentraciones de estándar de trabajo de ácido ascórbico (mg/100 ml) y en la ordenada la absorbancia (L1 – L2) para cada estándar de trabajo (Rosales y Arias, 2015).

3.4.1.8.2. Determinación de ácido ascórbico en la muestra

- Se pesó 1 gramo de harina de quinua, se agregó 9 ml de ácido oxálico al 0,4%, esta solución de 10 ml se mezcló en un mortero por un tiempo de 5 minutos.
- Luego se filtró por medio del papel filtro whatman, y se procedió a centrifugar a 5000 rpm por 5 minutos.
- Se determinó L1 descrita anteriormente, utilizando el tubo número I y II.
- Al tubo número III se le añadió 1 ml de la muestra centrifugada (parte líquida) más 9 ml de agua destilada, con esta solución preparada se ajustará a cero la absorbancia a 520 nm
- Al tubo número IV se añadió 1 ml de la muestra centrifugada (parte líquida) más 9 ml de solución colorante, después de 15 segundos se realizó la lectura de la absorbancia (L2) a 520 nm
- Este proceso se realizó por triplicado para cada tipo de muestra de cada variedad y tiempo de germinación.
- Se calculó (L1 – L2), y con esto se determinó la concentración del ácido ascórbico o Vitamina C en la muestra utilizando la ecuación de la curva de calibración (Rosales y Arias, 2015).

3.4.1.8.3. Cálculo de la concentración de Vitamina C

Para realizar el cálculo de la concentración de la vitamina en cada de las muestras se efectuó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vitamina C o Ac. ascórbico (mg/100 ml o mg/100 g)} = (C \times FD) / M$$

Donde:

C: Concentración de Vitamina C, determinada por la curva de calibración (mg/100 g)

FD: El factor de la dilución de las muestras obtenidas es 10, ya que se utilizó 1 gramo de soluto (harina) en 10 ml de solución (1 /10) cuya inversa vendría ser el FD.

M: Peso de la muestra (g o ml); g (gramos) si la muestra es seca o en polvo y ml (mililitros), si la muestra es líquida.

3.5. Tipo de investigación

Experimental, ya que se controla y se manipula las variables claves, lo que permite observar efectos directos simples, se manipula la variable independiente, de manera que se reflejen los resultados en la variable dependiente (Hernández *et al.*, 2014)

3.6. Diseño experimental

El diseño que se aplicó para la siguiente investigación es experimental, con un arreglo factorial AxB, específicamente un 4 x 5 que indica que el primer factor, en este caso es variedad de quinua con cuatro niveles; y el otro factor es el tiempo de germinación con cinco niveles.

Variedades de quinua (Factor A) N = 4		x	Tiempo de germinación (Factor B) N = 5
INIA - 415 Pasankalla	(a1)		0 horas (b1)
Blanca Junín	(a2)		24 horas (b2)
INIA - 420 Negra Collana	(a3)		48 horas (b3)
INIA - 441 Señor de Huerto	(a4)		72 horas (b4)
			96 horas (b 5)

3.7. Variables e indicadores

3.7.1. Variables independientes e indicadores

Variable independiente	Indicadores
1. Variedades de quinua (V)	v1: INIA - 415 Pasankalla
	v2: Blanca Junín
	v3: INIA - 420 Negra Collana
	v4: INIA - 441 Señor del Huerto
2. Tiempo de germinación (G)	g1: 0 Horas
	g2: 24 Horas
	g3: 48 Horas
	g4: 72 Horas
	g5: 96 Horas

3.7.2. Variable dependiente e indicador

Variable dependiente	Indicador
Contenido de Ácido ascórbico	mg / 100 g

3.8. Análisis de datos

A través de los datos obtenidos por cada tiempo de germinación y variedad de quinua, se estableció si presentaron una distribución normal. Luego, se llevó a cabo el ANOVA y la comparación múltiple de Tukey para verificar si hay una variación importante en el tiempo de germinación y variedad de quinua, así como si las interacciones entre estas variables independientes afectan el contenido de la vitamina C, todo ello se llevó a cabo mediante el programa estadístico Minitab. (Hernández *et al.*, 2014).

IV. RESULTADOS

Tabla 4.1

*Porcentaje promedio de germinación de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd en los diferentes tiempos de germinación*

Variedad	Nº	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
Blanca Junín	3	90%	93%	95,7%	95,8%
INIA-415 Pasankalla	3	82,3%	84,5%	87,35%	90,3%
INIA-420 Negra Collana	3	79,7%	82%	84,7%	86%
Señor del Huerto	3	86,7%	88,7%	90,7%	91,7%

Nº: Número de repeticiones

Tabla 4.2.1

Concentración de Ácido Ascórbico semillas no germinadas de las cuatro variedades de Chenopodium quinoa Willd

Repetición	Variedad	Tiempo de germinación	L1	L2	Absorbancia de la Vitamina C (L1-L2)	Vitamina C (mg/100g)	Media	Desviación estándar
1	Blanca de Junín	0 horas	0,288	0,281	0,007	1,957	2,05	0,126
2		0 horas	0,287	0,279	0,008	2,225		
3		0 horas	0,283	0,276	0,007	1,957		
1	INIA-441 Señor del Huerto	0 horas	0,298	0,294	0,004	1,153	1,42	0,219
2		0 horas	0,296	0,290	0,006	1,689		
3		0 horas	0,299	0,294	0,005	1,421		
1	INIA-415 Pasankalla	0 horas	0,283	0,272	0,011	3,029	3,30	0,579
2		0 horas	0,285	0,275	0,010	2,761		
3		0 horas	0,287	0,272	0,015	4,102		
1	INIA-420 Negra Collana	0 horas	0,274	0,266	0,008	2,225	2,14	0,334
2		0 horas	0,275	0,269	0,006	1,689		
3		0 horas	0,276	0,267	0,009	2,493		

Nota: Para la determinación de la concentración de la vitamina C se calculó mediante la ecuación de la curva patrón (anexo 1)

Donde:

x= concentración de Vitamina C en mg/100 g.

y= (L1-L2) absorbancia de la vitamina C.

FD = Factor de dilución

$$x=(y+0,0003) /0,0373 \times \text{FD}$$

Tabla 4.2.2

Concentración de Ácido Ascórbico y porcentaje de germinación en las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd a las 24 horas de germinación

Repetición	Variedad	Tiempo de germinación	L1	L2	Absorbancia de la Vitamina C (L1-L2)	Vitamina C (mg/100g)	Media	Desviación estándar
1	Blanca de Junín	24 horas	0,249	0,136	0,113	30,375	30,02	0,704
2		24 horas	0,252	0,138	0,114	30,643		
3		24 horas	0,253	0,145	0,108	29,035		
1	INIA-441 Señor del Huerto	24 horas	0,258	0,112	0,146	39,223	40,30	0,758
2		24 horas	0,262	0,110	0,152	40,831		
3		24 horas	0,260	0,108	0,152	40,831		
1	INIA-415 Pasankalla	24 horas	0,264	0,211	0,053	14,290	14,20	0,126
2		24 horas	0,262	0,209	0,053	14,290		
3		24 horas	0,265	0,213	0,052	14,021		
1	INIA-420 Negra Collana	24 horas	0,268	0,208	0,060	16,166	16,35	0,669
2		24 horas	0,266	0,202	0,064	17,239		
3		24 horas	0,267	0,209	0,058	15,630		

Nota: Para la determinación de la concentración de la vitamina C se calculó mediante la ecuación de la curva patrón (anexo 1).

Donde:

x= concentración de Vitamina C en mg/100 g

y= (L1-L2) absorbancia de la vitamina C

FD = Factor de dilución

$$X = (y + 0,0003) / 0,0373 \times FD$$

Tabla 4.2.3

Concentración de la Vitamina C en las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd a las 48 horas de germinación.

Repetición	Variedad	Tiempo de germinación	L1	L2	Absorbancia (L1-L2)	Vitamina C (mg/100g)	Media	Desviación estándar
1	Blanca de Junín	48 horas	0,269	0,055	0,214	57,453	58,26	0,579
2		48 horas	0,268	0,049	0,219	58,794		
3		48 horas	0,271	0,053	0,218	58,525		
1	INIA-441	48 horas	0,268	0,086	0,182	48,874	48,70	0,126
2	Señor del	48 horas	0,265	0,084	0,181	48,606		
3	Huerto	48 horas	0,269	0,088	0,181	48,606		
1	INIA-415 Pasankalla	48 horas	0,274	0,166	0,108	29,035	28,86	0,669
2		48 horas	0,272	0,168	0,104	27,962		
3		48 horas	0,270	0,160	0,110	29,571		
1	INIA-420	48 horas	0,272	0,152	0,120	32,252	32,43	0,252
2	Negra	48 horas	0,276	0,156	0,120	32,252		
3	Collana	48 horas	0,275	0,153	0,122	32,788		

Nota: Para la determinación de la concentración de la vitamina C se calculó mediante la ecuación de la curva patrón (anexo 1).

$$X = (y + 0,0003) / 0,0373 \times FD$$

Donde:

x= concentración de Vitamina C en mg/100 g

y= (L1-L2) absorbancia de la vitamina C

FD = Factor de dilución.

Tabla 4.2.4

Concentración de Ácido ascórbico en las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd a las 72 horas de germinación.

Repetición	Variedad	Tiempo de germinación	L1	L2	Absorbancia (L1-L2)	Vitamina C (mg/100g)	Media	Desviación estándar
1	Blanca de Junín	72 horas	0,270	0,043	0,227	60,938	60,40	0,758
2		72 horas	0,273	0,052	0,221	59,330		
3		72 horas	0,269	0,042	0,227	60,938		
1	INIA-441 Señor del Huerto	72 horas	0,271	0,063	0,208	55,845	55,49	0,334
2		72 horas	0,273	0,068	0,205	55,040		
3		72 horas	0,274	0,067	0,207	55,576		
1	INIA-415 Pasankalla	72 horas	0,274	0,010	0,264	70,858	70,50	0,505
2		72 horas	0,273	0,009	0,264	70,858		
3		72 horas	0,272	0,012	0,260	69,786		
1	INIA-420 Negra Collana	72 horas	0,274	0,096	0,178	47,802	47,89	0,334
2		72 horas	0,275	0,098	0,177	47,534		
3		72 horas	0,272	0,092	0,180	48,338		

Nota: Para la determinación de la concentración de la vitamina C se calculó mediante la ecuación de la curva patrón (anexo 1)

Donde:

x= concentración de Vitamina C en mg/100 g.

y= (L1-L2) absorbancia de la vitamina C.

FD = Factor de dilución.

$$X = (y+0,0003) / 0,0373 \times FD$$

Tabla 4.2.5

Concentración de Ácido ascórbico en las cuatro variedades de Chenopodium quinoa Willd a las 96 horas de germinación

Repetición	Variedad	Tiempo de germinación	L1	L2	Absorbancia (L1-L2)	Vitamina C (mg/100g)	Media	Desviación estándar
1	Blanca de Junín	96 horas	0,273	0,079	0,194	52,091	52,90	0,954
2		96 horas	0,271	0,076	0,195	52,359		
3		96 horas	0,274	0,072	0,202	54,236		
1	INIA-441 Señor del Huerto	96 horas	0,275	0,114	0,161	43,244	44,41	0,987
2		96 horas	0,271	0,106	0,165	44,316		
3		96 horas	0,273	0,103	0,170	45,657		
1	INIA-415 Pasankalla	96 horas	0,272	0,015	0,257	68,981	68,71	0,379
2		96 horas	0,271	0,014	0,257	68,981		
3		96 horas	0,270	0,016	0,254	68,177		
1	INIA-420 Negra Collana	96 horas	0,274	0,099	0,175	46,997	46,46	0,379
2		96 horas	0,275	0,103	0,172	46,193		
3		96 horas	0,272	0,100	0,172	46,193		

Nota: Para la determinación de la concentración de la vitamina C se calculó mediante la ecuación de la curva patrón (anexo 1).

Donde:

x= concentración de Vitamina C en mg/100 g.

y= (L1-L2) absorbancia de la vitamina C.

FD = Factor de dilución

$$X = (y+0,0003) / 0,0373 \times FD$$

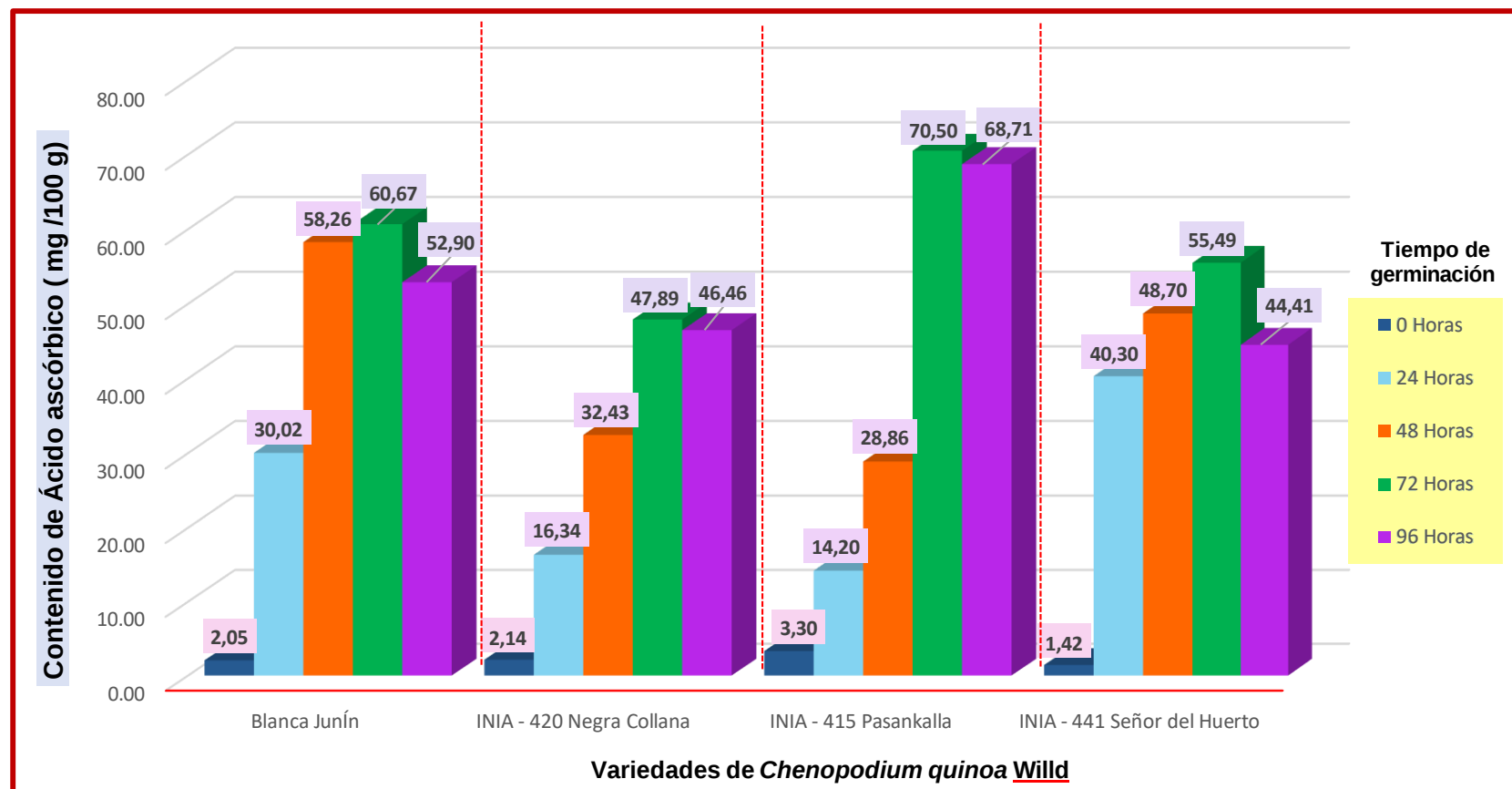


Figura 4.1

*Contenido promedio de Ácido ascórbico de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd en los diferentes tiempos de germinación*

V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos que se resalta en la tabla 4.2.1, donde se evidencia las concentraciones promedio de ácido ascórbico de las semillas sin germinar de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. Para la variedad Blanca de Junín, INIA-441 Señor del Huerto, INIA-415 Pasankalla y INIA-420 Negra Collana, se obtuvo 2,05; 1,42; 3,30 y 2,14 mg/100 g de ácido ascórbico, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los de Gordillo *et al.*, (2016) y Koziol, (1992) que obtuvieron niveles de Vitamina C de 1,40 y 2,0 mg/ 100 g, respectivamente, para semillas crudas o sin germinar de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. Estos resultados indican que las semillas crudas o sin germinar de *Chenopodium quinoa* Willd, contienen bajo contenido de vitamina C.

En la tabla 4.2.2 se muestra los resultados de la concentración de ácido ascórbico de las cuatro variedades de quinua después de 24 horas de germinación, donde para la variedad Blanca de Junín, INIA-441 Señor del Huerto, INIA-415 Pasankalla y INIA-420 Negra Collana se evidenció 30,02; 40,30; 14,20; 16,35 mg/100 g de ácido ascórbico, respectivamente. La concentración de la vitamina C de la variedad INIA-415 Pasankalla y INIA-420 Negra Collana se asemeja con lo obtenido por Patiballa *et al.*, (2024) que evaluaron el efecto de la germinación y del remojo sobre los factores anti-nutricionales de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, en este estudio las semillas de la quinua lo remojaron por 6 horas en tres soluciones diferentes: T1(agua normal), T2 (agua normal con 2 % de sal), T3 (agua tibia) y T4 (agua tibia con 2 % de sal). La germinación lo realizaron a temperatura ambiente bajo condiciones oscuras. Para la cuantificación de la vitamina C utilizaron el método titrimétrico con solución de yodato. La cuantificación de la vitamina C lo analizaron cada 4 horas de germinación. Después de 24 horas de germinación, encontraron concentraciones de Vitamina C de 15,38; 17,80; 19,03 y 22,20 mg/100 g para el tratamiento 1, T2, T3 y T4, respectivamente. Esto demuestra que la variedad de *Chenopodium quinoa* Willd con la que se trabajó también influye en la concentración de

vitamina C, ya que los resultados de los investigadores no coincidieron con los de la variedad Blanca Junín y INIA-441 Señor del Huerto, lo que se respalda por el análisis de varianza (Anova) y prueba de Tukey que se detalla en el anexo 3 y 5, respectivamente con un nivel de confianza del 95 %. No obstante, los hallazgos se contradicen con los de Hinostroza, (2020), quien estudió tres variedades de quinua (Blanca Huancayo, Roja Pasankalla y Negra Collana) con un tiempo de remojo de 5 y 10 horas y un tiempo de germinación de 24 horas para evaluar su capacidad antioxidante, contenido de vitamina C y compuestos fenólicos. Demostró que el contenido de vitamina C disminuyó en las tres variedades de quinua. La variedad Roja Pasankalla mostró la mayor variación, reportando inicialmente 29,59 mg de vitamina C por 100 g y luego de 10 horas de remojo y 24 horas de germinación 8,45 mg de vitamina C por 100 g. Esta diferencia de los resultados es debido a la longevidad de las semillas que utilizó el investigador, ya que según (Doria, 2010) cuanto más longevo sea la semilla menor será su actividad metabólica y por ende perderá su viabilidad. Por este motivo el investigador encontró una viabilidad baja en las tres variedades de quinua donde para la variedad Blanca Huancayo, Roja Pasankalla y Negra Collana, refiere un porcentaje de germinación de 80,41; 62,68 y 80,95 %, respectivamente. Los resultados en cuanto a la viabilidad no concuerdan con los reportado por el investigador, ya que en este presente investigación se evidenció un porcentaje de germinación ligeramente superior, para la variedad Blanca de Junín, INIA-415 Pasankalla, INIA-420 Negra Collana y INIA-441 Señor del Huerto se obtuvo en promedio 90%, 82,3%, 79,7 % y 86,7% de germinación para las 24 horas de germinación tal como se señala en la (tabla 4.1). Según el análisis de varianza y prueba de Duncan que se resalta en el anexo 7 y 8, respectivamente, podemos afirmar que la variedad de la quinua y el tiempo de germinación influye en el porcentaje de germinación de manera significativa con valor de $p < 0,05$; tal como se evidencia en los resultados. En esa misma perspectiva Leguía (2018) reportó una viabilidad o poder germinativo de 95,90 y 98 % para la variedad Salcedo INIA, Roja Pasankalla y Negra Collana, respectivamente. Otra razón de la diferencia de resultados en cuanto al contenido de la vitamina C sería por el método utilizado por el investigador ya que utilizó la técnica de la volumetría o titulación.

En la tabla 4.2.3 se muestra los resultados del contenido de ácido ascórbico de la variedad Blanca de Junín, INIA-441 Señor del Huerto, INIA-415 Pasankalla, INIA-420 Negra Collana después de 48 horas de germinación, los resultados fueron 58,26;

48,70; 28,86 y 32,43 mg de L-ácido ascórbico/100 g, respectivamente. Resultados que no concuerdan con lo referido por Alfaro *et al.*, (2020) donde evaluaron el contenido de vitamina C en cinco variedades de quinua después de 48 horas de germinación; en donde para la variedad “Jacha grano”, Blanquita, Intinaira, Kurmi y Phisanqalla reportaron 3,4; 3,5; 3,6; 3,7 y 5,8 mg de vitamina C/100 g, respectivamente. Razón por lo cual difieren los resultados con los de los investigadores, es debido por el poco tiempo de remojo o hidratación (1/2 hora) que aplicaron a las semillas de las cinco variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, ya que una inadecuada y baja absorción de agua por parte de las semillas, no se activan las enzimas necesarias para poder iniciar un adecuado proceso metabólico en la germinación. Vega y Quino (2016), consideran que un lapso de 10 a 12 horas de remojo o hidratación es donde se obtiene un adecuado porcentaje de humedad que oscila entre 42 a 48 %. La absorción de agua en ese lapso de tiempo reúne las condiciones necesarias para poder iniciar la germinación. Otra de las razones de la diferencia en cuanto a los resultados del contenido de vitamina C es el uso de distintas variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. En este sentido en el anexo 3 y anexo 5 se muestran el ANOVA y la prueba de Tukey con n.c del 95 % y con valor de $p < 0,05$, lo cual nos demuestra que la variedad de quinua influye en el contenido de vitamina C.

En la figura 4.1 se evidencia el contenido promedio de ácido ascórbico en función al tiempo de germinación desde las 0 horas hasta las 96 horas para cada una de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. Para la variedad Blanca de Junín se obtuvo 2,02; 30,02; 58,26; 60,67 y 52,90 mg en promedio de ácido ascórbico/100 g de muestra para las 0, 24, 48, 72 y 96 horas de germinación, respectivamente. Y en la variedad INIA-441 Señor del Huerto se obtuvo 1,42; 40,29; 48,70; 55,49 y 44,50 mg en promedio de ácido ascórbico o vitamina C/100g de muestra para las 0, 24, 48, 72, y 96 horas de germinación, respectivamente. La Variedad INIA-415 Pasankalla mostró un contenido de 3,30; 14,20; 28,86; 70,50 y 68,71 mg en promedio de ácido ascórbico /100 g de muestra para las 0, 24, 48, 72, y 96 horas de germinación, respectivamente. Por último, en la variedad INIA-420 Negra Collana se evidenció 2,14; 16,34; 32,43; 47,89 y 46,46 mg en promedio de ácido ascórbico/100 g de muestra para las 0, 24, 48, 72 y 96 horas de germinación, respectivamente. Claramente se puede evidenciar que en las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, hay un incremento de la vitamina C hasta las 72 horas de

germinación y un ligero descenso a partir de las 96 horas.

Por la naturaleza de los resultados, se afirma estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) con valor de $p < 0,05$ y prueba de Tukey, que la interacción entre la variedad de quinua y el tiempo de germinación afectan en el contenido del ácido ascórbico, lo cual se describe y detalla en el anexo 3 y 6, respectivamente. Estos resultados guardan una relación con lo obtenido por (Srujana et al., 2020) que a través del método volumétrico de Tillmans cuantificaron el contenido de Vitamina C. En este estudio los investigadores germinaron las semillas de la quinua a 15, 20 y 25 C°, para las semillas que germinaron a 15 C° obtuvieron 17,38; 31,7; 32,29 mg de Vitamina C/100 g de muestra, para las 24, 48 y 72 horas de germinación, respectivamente. En cambio, para las semillas que germinaron a 20 C° obtuvieron 32,22; 69,62 y 81,80 mg de Vitamina C/100 g de muestra, para las 24, 48 y 72 horas de germinación, respectivamente. Por último, para una temperatura de germinación de 25 C° obtuvieron 31,14; 43,55 y 57,7 mg de Vitamina C / 100 g de muestra, para las 24, 48 y 72 horas de germinación, respectivamente. Mediante los resultados obtenidos por los investigadores y de este presente trabajo se evidencia que el tiempo de germinación y la temperatura con la que se germinan inciden en el contenido de vitamina C. En relación al tiempo de germinación en este estudio al utilizar el ANOVA (anexo 3) y la prueba de Tukey (anexo 4) se confirma que efectivamente influye en el contenido de vitamina C.

Laus et al., (2017) evaluaron el contenido de vitamina C en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd, que fueron germinados durante siete días bajo diferentes condiciones ambiental (aire, 5 % de O₂, 5 % de O₂ + 10 % de CO₂, 5% de O₂ + 20 % de CO₂).

La cuantificación de la vitamina lo realizaron en el segundo, cuarto y séptimo día de germinación. La vitamina C disminuyó a partir del cuarto día en aquellas semillas que estuvieron germinadas en (5 % de O₂, 5 % de O₂ + 10 % de CO₂ y 5 % de O₂ + 20 % de CO₂). Los hallazgos se asemejan con la presente investigación, ya que se evidenció que el contenido de la vitamina C disminuye a partir de las 96 horas de germinación.

Por otra parte, Wang et al., (2015) evidenciaron que los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C de las semillas de *Linum usitatissimum* L. (Linaza), incrementaron hasta el octavo día de germinación y a partir del noveno y décimo día observaron un descenso gradual de la capacidad antioxidante y del contenido de los compuestos fenólicos y vitamina C.

En cuanto a la vitamina C, osciló entre 9,30 mg/100 g (tiempo 0); 222,13 mg/100 g (octavo día); 174,8 mg/100 g (noveno día) y 123,50 mg/100 g (décimo día).

El descenso en cuanto al contenido del L- ácido ascórbico a partir de las 96 horas de germinación en las semillas de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, se atribuye a que la Vitamina C deja de sintetizarse debido el ácido ascórbico participa y es utilizado como cofactor enzimático en la síntesis de las hormonas vegetales tales como la auxina, etileno y giberelinas, para que de esta manera la planta tenga un desarrollo y crecimiento óptimo (Taiz y Zeiger, 2010). Otro de los motivos del descenso del ácido ascórbico se debe por que las células de la nueva plántula ya no sufren un estrés oxidativo, razón por el cual ya no es necesario la síntesis de antioxidantes como el ácido ascórbico (Shen y Yeh, 2010). Las células que se van formando en el proceso de germinación de las semillas al sufrir un estrés hace que se aumente el estado oxidativo de la célula, lo cual induce el incremento en la formación de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos para hacer frente a los efectos de dicha oxidación.

Dentro de los antioxidantes no enzimáticos más importantes encontramos al ácido ascórbico (Vitamina C), α -Tocoferol (Vitamina E), Glutación y β - carotenos (Scandalios, 2005).

VI. CONCLUSIONES

1. Las semillas no germinadas de las variedades INIA-441 Señor del Huerto, Blanca de Junín, INIA-420 Negra Collana y INIA-415-Pasankalla contienen en promedio 1,42; 2,05; 2,14 y 3,30 mg de Ácido ascórbico/100 g, respectivamente.
2. El contenido de L-ácido ascórbico de cada una de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd se incrementa desde las 24 hasta las 72 horas de germinación, sin embargo, disminuye a partir de las 96 horas. El incremento más significativo fue observado en la variedad INIA-420 Pasankalla, registrándose un promedio de 28,86 mg de ácido ascórbico/100 g en las 48 horas, mientras que en las 72 horas alcanzó a una concentración promedio de 70,50 mg de ácido ascórbico/100 g.
3. La variedad INIA-441 Señor del Huerto presentó el mayor contenido de L- Ácido ascórbico con 40,30 mg/100 g durante las 24 horas de germinación, mientras que la variedad Blanca de Junín mostró el mayor contenido de Ácido ascórbico con 58,26 mg/100 g durante las 48 horas de germinación. La variedad INIA-420 Pasankalla presentó el mayor contenido de Vitamina C con 70,50 mg/100 g a las 72 horas de germinación.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar las lecturas de absorbancia en un lapso de 10 a 15 segundos, para evitar la reducción del colorante 2,6 diclorofenol indofenol (DCFI).
2. Se sugiere investigar el efecto de la temperatura y el proceso de remojo en el contenido de la Vitamina C de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, utilizando diferentes soluciones.
3. Para evitar la oxidación y degradación del ácido ascórbico, evitar la luz prologada, de ser necesario trabajar en condiciones de oscuridad.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso D, A. y Ramón, F. (2022). La variedad vegetal y la protección de la biodiversidad. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2), 142-152.
<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1741>
- Alfaro, I. H., Flores, A. B., & Villacorta, M. W. B. (2020). Valoración de las cualidades nutricionales de germinados de cinco variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones atemperadas en el Centro Experimental Cota. *Apthapi*, 6(1), 1744-1756.
<https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/44>
- Apaza Mamani, V., Cáceres Sanizo, G., Estrada Zúniga, R., & Pinedo Taco, R. E. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20500.12955/76>
- Arrieta Miranda, A. (2021). *Importancia de los Germinados Para el Consumo Humano*.
<https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/7a237582-f0a9-4f0d-bff5-1895399aff1f/full>
- Bravo, M., Sánchez, I., & Hernadez, M. H. (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), Article
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/>
- Campos, J., Acosta, K., & Paucar, L. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019.1895399aff1f/full>
- Casanave, M., & Ruiz, R. (2022). Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua. *Repositorio Institucional-UNIFÉ*.
<https://repositorio.unife.edu.pe/repositorio/handle/20500.11955/964>

- Castillo, E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 95-100.
<https://doi.org/10.25176/RFMH.v19i4.2351>
- Chancusig Carrera, S. E. (2013). *Incidencia de la harina de quinua germinada (Chenopodium quinoa Willd) en las propiedades nutricionales del fideo*. [bachelorThesis].
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2689>
- Comino, I., De Lourdes Moreno, M., Real, A., Rodríguez, A., Barro, F., & Sousa, C. (2013). *The Gluten-Free Diet: Testing Alternative Cereals Tolerated by Celiac Patients*. *Nutrients*, 5(10), Article 10.
<https://doi.org/10.3390/nu5104250>
- Darwish, A. M. G., Al- Jumayi, H. A. O., & Elhendy, H. A. (2021). Effect of germination on the nutritional profile of quinoa (*Cheopodium quinoa* Willd.) seeds and its anti-anemic potential in Sprague–Dawley male albino rats. *Cereal Chemistry*, 98(2), 315-327.
<https://doi.org/10.1002/cche.10366>
- De La Cruz, J. (2023). La quinua en el Perú: Pseudocereal andino, alimento de generaciones presentes y futuras. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 1-3.
<https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100001>
- Devi, C. B., Kushwaha, A., & Kumar, A. (2015). Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6821- 6827.
<https://doi.org/10.1007/s13197-015-1832-1>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00-00.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S025859362010000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Duymovich, C., Acheme, R., Sesini, S., & Mazziotta, D. (2005). Espectrofotómetros y Fotocolorímetros: Guía práctica de actualización. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 39 (4), 529-539.

- http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0325-29572005000400014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Eastmond, P. J., & Graham, I. A. (2001). Re-examining the role of the glyoxylate cycle in oilseeds. *Trends in Plant Science*, 6(2), 72-78.
[https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(00\)01835-5](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(00)01835-5)
- Fabio, A. D., & Parraga, G. (2017). Origin, Production and Utilization of Pseudocereals. *En Pseudocereals* (pp. 1-27). John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch1>
- Gordillo, E y Diaz , D. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from Nutritional Value to Potential Health Benefits: An Integrative Review. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 06.
<https://doi.org/10.4172/2155-9600.10004>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Henríquez, P., Rica, R. M. de R. F. (Costa, & Agricultura (IICA), I. I. de C. para la (2002). *Glosario de términos útiles para el manejo de los recursos fitogenéticos*. Instituto Interamericana de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9096>
- Hinostroza Córdova, M. B. (2020). *Efecto de la germinación de quinua y kiwicha en el contenido de fenólicos totales, betalainas, vitamina C y actividad antioxidante*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7023>
- Huamanchumo, W. (2020). *Pseudocereales andinos: Valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/151184>
- Huaraca, R; Tapia, F., Kari , A., & Alvarez, C. (2021). Contenido mineral y proteína en germinados de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 133-139.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.134>
- Kozioł, M. J. (1992). Composición química y evaluación nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35-68.
[https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)

- Laus, M; Cataldi, M; Robbe, C; D'Ambrosio, T; Amodio, M. L; Colelli, G; De Santis, G; Flagella, Z. & Pastore, D. (2017). Antioxidant capacity, phenolic and vitamin C contents of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as affected by sprouting and storage conditions. *Italian Journal of Agronomy*, 12(1).
<https://doi.org/10.4081/ija.2017.816>
- Leguía, S. (2018). Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de tres variedades de quinua germinada (*Chenopodium quinua* Willd). *Universidad Nacional José María Arguedas*.
<http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/419>
- Liñan, C. E. (2021). *Compuestos fenólicos en germinados de haba (Vicia faba L.) y su efecto antiadipogénico in silico* [Masters, Universidad Autónoma de Nuevo León].
<http://eprints.uanl.mx/22194/>
- Mao, H., Yuan, S., Li, Q., Zhao, X., Zhang, X., Liu, H., Yu, M., & Wang, M. (2024). Influence of germination on the bioactivity, structural, functional and volatile characteristics of different chickpea flours. *Food Chemistry: X*, 21, 101195.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101195>
- Matilla, A. (2008). *Desarrollo y germinación de las semillas* (pp. 537-558). Morales, M. E., Peña, C. B., García, A., Aguilar, G., & Kohashi, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 43-62.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S140531952017000100043&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Oficina Regional para América Latina y el Caribe. (2011). *La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*.
<https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- Owen, T. (1996). *Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna: Conceptos básicos*. Hewlett Packard.

- Patiballa, M., Ravindra, U., S., B., Subbarayappa, C., Shivakumar, N., S., M., & Vijayalaxmi, K. (2024). Effect of Soaking and Germination on Antinutritional Factors of Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 36, 120-130.
<https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i14337>
- Pita, J y Pérez F.1998. *Germinación de semillas* (Nº 2090, Hojas Divulgadoras). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Rosa, M., Rosa, A., Sversut, R., Amaral, M., & Kassab, N. (2018). Avaliação do teor de vitamina C de preparados sólidos para refresco comercializados em Campo Grande-MS. *Revista Colombiana de Ciencias Químico- Farmacéuticas*, 47, 339-349.
<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n3.77369>
- Rosales, D. & Arias Arroyo, G. (2015). Vitamina C y parámetros fisicoquímicos durante la maduración de *Berberis lobbiana* «Untusha». *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1), 63-75.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-
- Scandalios, J. (2005). Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38(7), 995-1014.
<https://doi.org/10.1590/S0100-879X2005000700003>
- Serra, H. M., & Cafaro, T. A. (2007). Ácido ascórbico: Desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 41(4), 525-532.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0325-29572007000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Shen, C.-H., & Yeh, K.-W. (2010). The signal network of ascorbate homeostasis. *Plant signaling & behavior*, 5.
<https://doi.org/10.4161/psb.11165>
- Srujana, M., Bethapudi, A., Maheswari, K. U., Devi, K. B., & Suneetha W, J. (2020). Effect of Germination on Vitamin C Content and Amylolytic Activity of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1 -13.
<https://doi.org/10.9734/irjpac/2019/v20i430143>

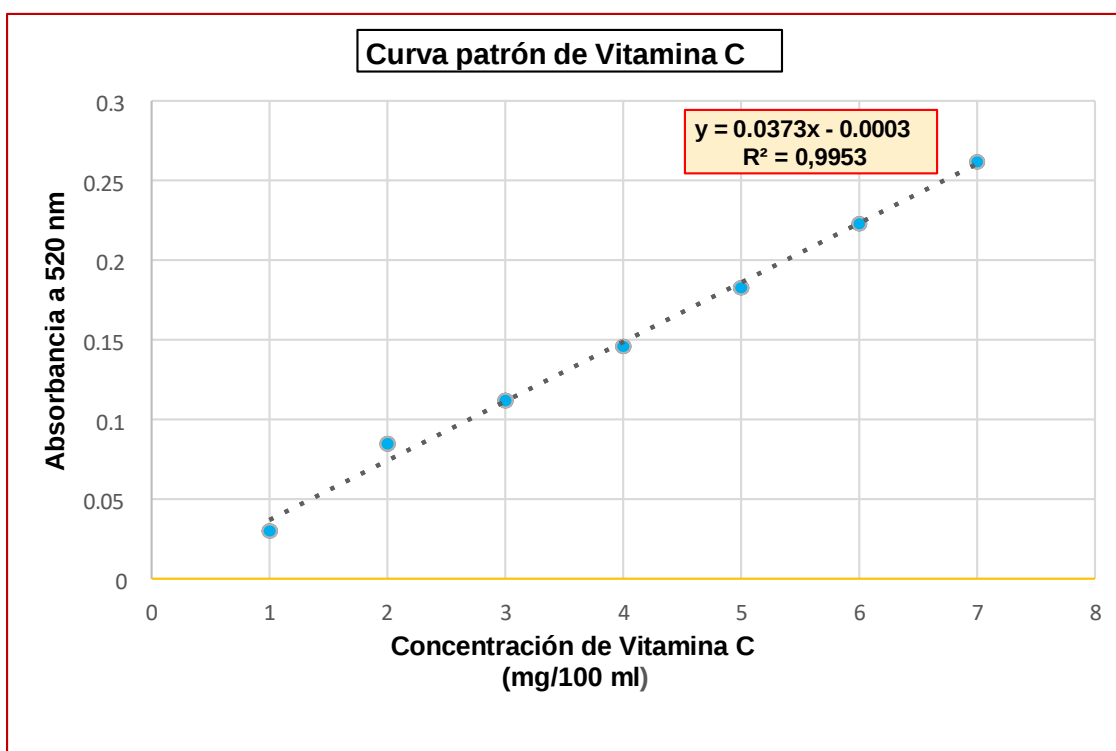
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology*. Sinauer Associates. 5th Ed. (2010)
<https://pdfcoffee.com/5th-ed-2010-lincoln-taiz-eduardo-zeiger-plant-physiology-sinauer-associates-pdf-free.html>
- Torres, A., Cova, A., & Valera, D. (2018). Efecto del proceso de germinación de granos de *Cajanus cajan* en la composición nutricional, ácidos grasos, antioxidantes y bioaccesibilidad mineral. *Revista chilena de nutrición*, 45(4), 323-330.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182018000500323>
- Vega, L. A., & Quino, R. (2016). El tiempo de remojo, germinación y secado en la retención de proteínas en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) malteada.
Repositorio Institucional – UNHEVAL.
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1244>
- Vega, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Villagrán, M., Muñoz, M., Díaz, F., Troncoso, C., Celis, C., Mardones, L. (2019). Una mirada actual de la vitamina C en salud y enfermedad. *Revista chilena de nutrición*, 46(6), 800-808.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000600800>
- Wang, H., Qiu, C., Abbasi, A. M., Chen, G., You, L., Li, T., Fu, X., Wang, Y., Guo, X., & Liu, R. H. (2015). Effect of germination on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 50(12), 2545-2553.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.12922>

ANEXOS

Anexo 1. Curva de calibración para el L-ácido ascórbico o vitamina C

Conc. Vitamina C	L1	L2	Abs (Vit C.) (L1 - L2)
1 mg/ 100 ml	0,348	0,318	0,030
2 mg/100 ml	0,351	0,266	0,085
3 mg /100 ml	0,351	0,239	0,112
4 mg/ 100 ml	0,349	0,203	0,146
5 mg/ 100 ml	0,347	0,163	0,183
6 mg/ 100 ml	0,351	0,128	0,223
7 mg/ 100 ml	0,349	0,087	0,262

Nota: Datos de la absorbancia(L1-L2) de las diferentes diluciones de Ácido ascórbico.



En esta curva de calibración se resalta la ecuación lineal que se utilizó para el cálculo de la vitamina C en las diferentes muestras, también se evidencia el coeficiente de determinación o R^2 (0,9953) que es cercano a la unidad, por lo que indica un ajuste casi perfecto, por tanto, el procedimiento experimental y el modelo aplicado es fiable para la determinación de la vitamina C en diferentes tipos de muestras.

Anexo 2. Prueba de Normalidad y Homogeneidad de varianza

a). Prueba de homogeneidad de varianza σ^2 (Levene-test)

Donde:

- Hipótesis nula (H0) = Las varianzas son iguales.
- Hipótesis alterna (H1) = Las varianzas son diferentes

	Df	F-value	Pr(>F)
Group	19	0,545	0,9219
	40		

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

b). Prueba de Normalidad (Kolmogorov - smirlov) con nivel de confianza de 0.05

Donde:

- Hipótesis nula(H0) = Los residuales de cada factor tiene una distribución normal.
- Hipótesis alterna(H1) = Los residuales de cada factor no tienen una distribución normal

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

Data: RESIDUALES

D= 0,07427	p-value=0,5648
------------	----------------

Nota: Para la prueba de Normalidad se utilizó el test de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) debido a que los datos obtenidos son mayores a 50, (n=60).

Anexo 3. Análisis de varianza de dos factores con interacción con respecto al contenido de ácido ascórbico

- Información del factor**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo de germinación	Fijo	5	0-Horas,24-Horas,48-Horas,72-Horas,96-Horas.
Variedad	Fijo	4	Blanca Junín, INIA-420 Negra Collana, INIA-415 Pasankalla y INIA-441 Señor del Huerto.

- Análisis de Varianza**

Anova Table (Type II tests)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de germinación	4	25196,7	6299,17	12343,62	2.2e-16 ***
Variedad	3	1145,8	381,94	748,44	2.2e-16 ***
Tiempo de germinación***Variedad"	12	3828,0	319,00	625,11	2.2e-16 ***
Error	40	20,4	0,51		
Total	59	30191,0			

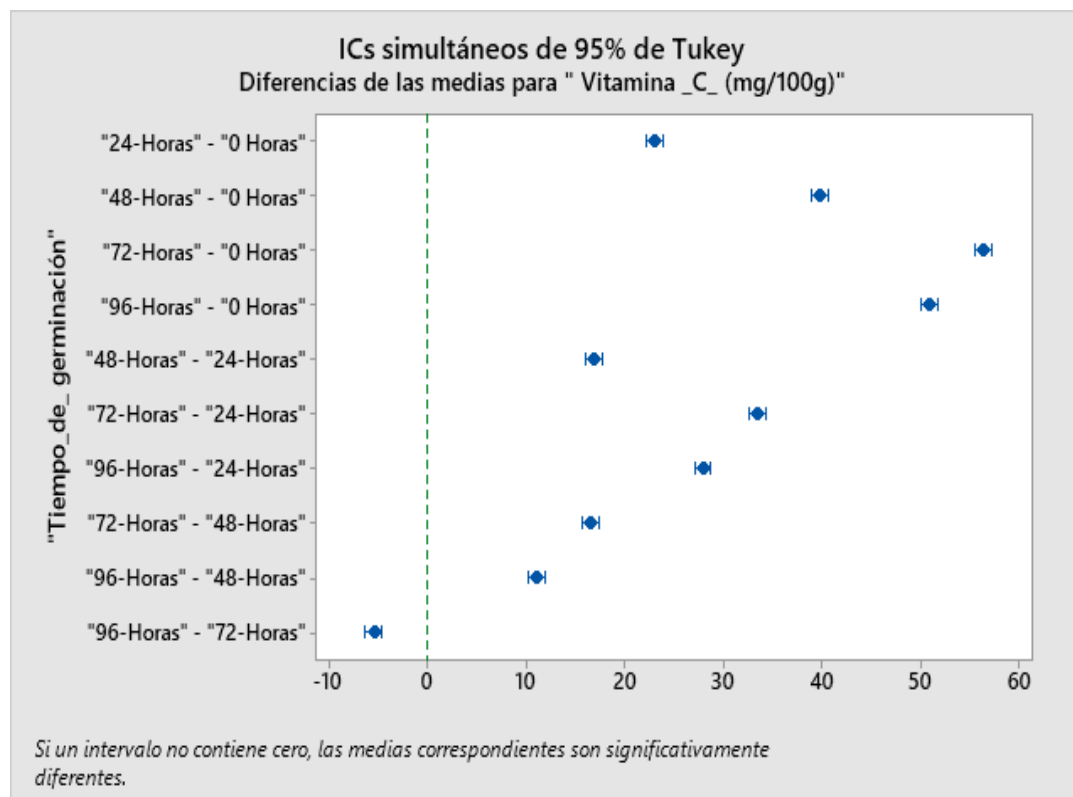
Significado de la codificación: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*'.

Nota. La interacción de la variedad y tiempo de germinación también causan efecto en el contenido de ácido ascórbico. Esta conclusión se determinó debido a que los valores de (Pr) de los factores y de la interacción son menores que 0,05.

Anexo 4. Comparación múltiple de Tukey del contenido de ácido ascórbico con respecto al tiempo de germinación

Tiempo de germinación	N	Media	Agrupación
72-Horas	12	58,6372	A
96-Horas	12	53,1412	B
48-Horas	12	42,0599	C
24-Horas"	12	25,2145	D
0 Horas	12	2,2252	E

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

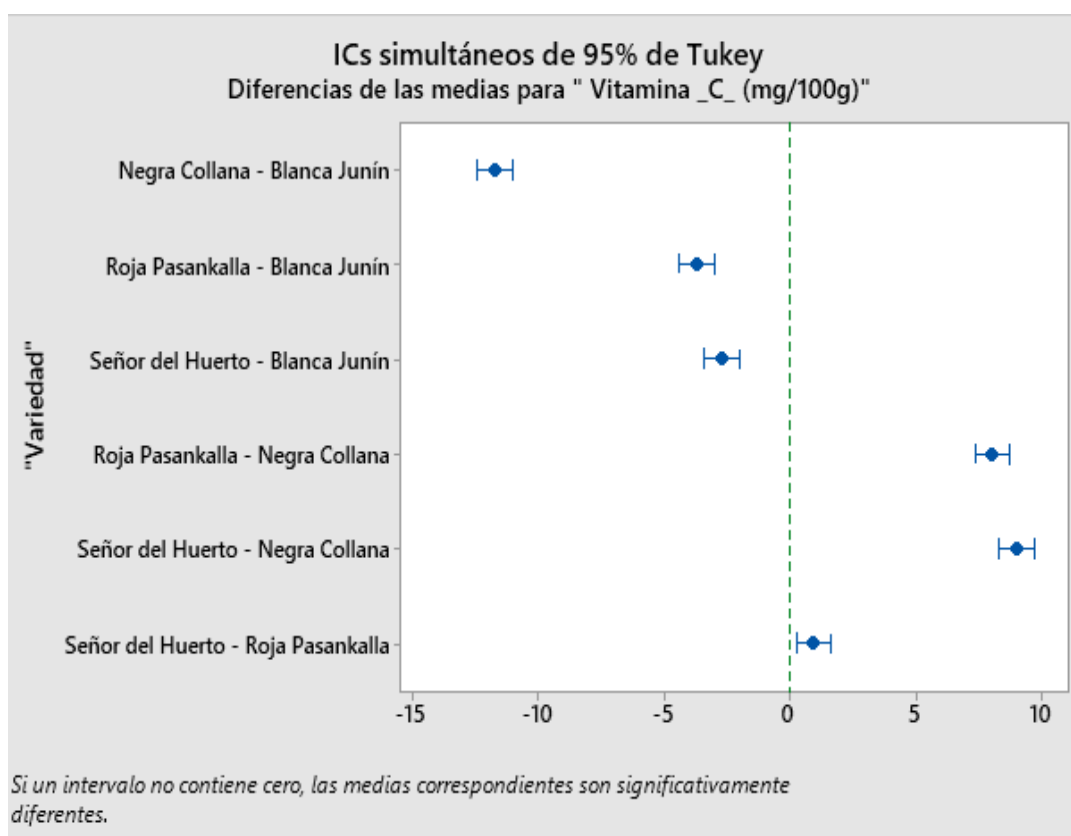


De acuerdo a la tabla y figura podemos afirmar estadísticamente, que el tiempo de germinación influye en el contenido de la vitamina C de manera progresiva y ascendente hasta las 72 horas y que a partir de las 96 horas de germinación se evidencia una ligera disminución en la concentración de la vitamina antes mencionada.

Anexo 5. Comparación múltiple de Tukey del contenido de ácido ascórbico en función a la variedad de *Chenopodium quinoa* Willd.

Variedad	N	Media	Agrupación
Blanca Junín	15	40,7775	A
Señor del Huerto	15	38,0786	B
Roja Pasankalla	15	37,1135	C
Negra Collana	15	29,0527	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Nota: Podemos afirmar estadísticamente que el contenido promedio de la Vitamina C es diferente en las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

Anexo 6. Comparación múltiple de Tukey del contenido de ácido ascórbico con respecto a la interacción que hay entre la variedad y el tiempo de germinación.

"Tiempo de germinación"***Variedad"	N	Media	Agrupación
"72-Horas" Roja Pasankalla	3	70.5004	A
"96-Horas" Roja Pasankalla	3	68.7131	A
"72-Horas" Blanca Junín	3	60.6702	B
"48-Horas" Blanca Junín	3	58.2574	C
"72-Horas" Señor del Huerto	3	55.4870	D
"96-Horas" Blanca Junín	3	52.8954	E
"48-Horas" Señor del Huerto	3	48.6953	F
"72-Horas" Negra Collana	3	47.8910	F G
"96-Horas" Negra Collana	3	46.4611	G H
"96-Horas" Señor del Huerto	3	44.4951	H
"24-Horas" Señor del Huerto	3	40.2949	I
"48-Horas" Negra Collana	3	32.4307	J
"24-Horas" Blanca Junín	3	30.0179	K
"48-Horas" Roja Pasankalla	3	28.8561	K
"24-Horas" Negra Collana	3	16.3450	L
"24-Horas" Roja Pasankalla	3	14.2002	L
"0 Horas" Roja Pasankalla	3	3.2976	M
"0 Horas" Negra Collana	3	2.1358	M
"0 Horas" Blanca Junín	3	2.0465	M
"0 Horas" Señor del Huerto	3	1.4209	M

NOTA: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Interpretación: De acuerdo a la información de la tabla podemos afirmar:

- Que la mayor concentración de Vitamina C se encuentra en la variedad Roja Pasankalla a las 72 y 96 horas del proceso germinativo, respectivamente.
- Que en el tiempo cero (0 horas) del proceso germinativo, el contenido promedio de la Vitamina C de las cuatro variedades en estudio son significativamente iguales al 95 % de confiabilidad.

Anexo 7. Análisis de varianza de dos factores con interacción con respecto al porcentaje de germinación.

- **Información del factor**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo de germinación	Fijo	5	0-Horas,24-Horas,48-Horas,72-Horas,96-Horas.
Variedad	Fijo	4	Blanca Junín, INIA-420 Negra Collana, INIA-415 Pasankalla y INIA-441 Señor del Huerto.

- **Análisis de Varianza**

Anova Table (Type II tests)

FV	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Repetición	96.49	2	48.25	22.68	<0.0001**
Variedad	594.97	3	198.32	93.21	<0.0001**
Tiempo de germinación	74363.82	4	18590.96	8737.9	<0.0001**
V x G	155.13	12	12.93	6.08	<0.0001**
Error	80.85	38	2.13		
Total	75291.26	59			

Interpretación: Según el análisis de varianza podemos afirmar estadísticamente que:

- Que la variedad de quinua con lo que se trabaja influye de manera significativa en el porcentaje de germinación.
- Que el tiempo de germinación influye en el porcentaje de germinación
- Que la relación de la variedad con el porcentaje de germinación depende del nivel del tiempo de germinación.

Anexo 8. Comparación múltiple de Duncan del porcentaje de germinación en función a la variedad de *Chenopodium quinoa* Willd y al tiempo de germinación

a) De acuerdo a la Variedad

Variedad	Promedio	Agrupación
Blanca de Junín	93,63 %	A
Señor del Huerto	89,45 %	B
Roja Pasankalla	86,11 %	C
Negra Collana	83.10 %	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Interpretación:

- Las cuatro variedades de quinua tienen distinta tasa de germinación
- La variedad Blanca Junín es quien tiene mayor porcentaje de germinación
- La variedad Negra Collana es quien tiene menor porcentaje de germinación

b) De acuerdo al tiempo de germinación

Tiempo de germinación	Promedio	Agrupación
96 horas	90.58 %	A
72 horas	89.58 %	A
48 horas	87.07 %	B
24 horas	84.67 %	C
0 horas	0	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Interpretación:

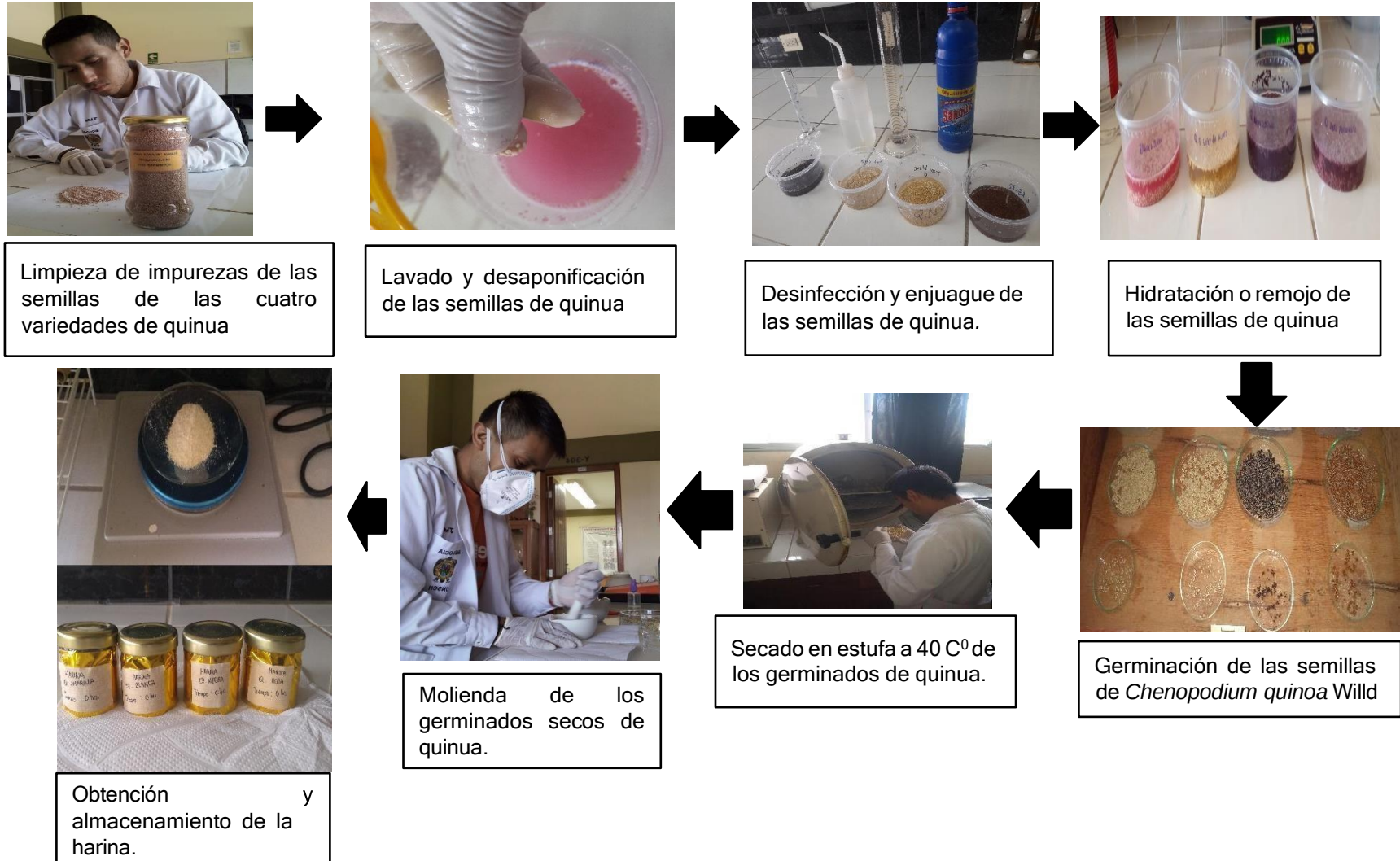
- A las 0 horas no hay germinación
- Existen las mismas tasas de germinación a las 72 y 96 horas de germinación, resaltando el mayor porcentaje de germinación.

Anexo 9. Contenido promedio de ácido ascórbico en (mg/100 g) de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, según al diseño factorial AXB.

Variedades de *Chenopodium quinoa* Willd
Factor B

Tiempo de germinación Factor (A)	Blanca Junín (b1)	INIA - 420 Negra Collana (b2)	INIA - 415 Pasankalla (b3)	INIA 441 - Señor del Huerto (b4)
0 Horas (a 1)	2,05 (a1 x b1)	2,14 (a1 x b2)	3,30 (a1 x b3)	1,42 (a1 x b4)
24 Horas (a 2)	30,02 (a2 x b1)	16,35 (a2 x b2)	14,20 (a2 x b3)	40,30 (a2 x b4)
48 Horas (a 3)	58,26 (a3 x b1)	32,43 (a3 x b2)	28,86 (a3 x b3)	48,70 (a3 x b4)
72 Horas (a 4)	60,40 (a4 x b 1)	47,89 (a4 x b2)	70,50 (a4 x b3)	55,49 (a4 x b4)
96 Horas (a 5)	52,90 (a5 x b1)	46,46 (a5 x b2)	68,71 (a5 x b3)	44,41 (a5 x b4)

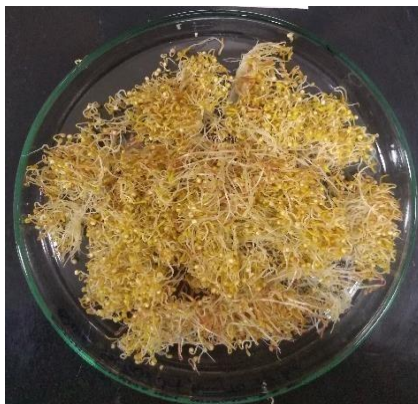
Anexo 10. Protocolo de la obtención de la harina de los germinados de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.



Anexo 11. Germinados de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, en los diferentes tiempos de germinación



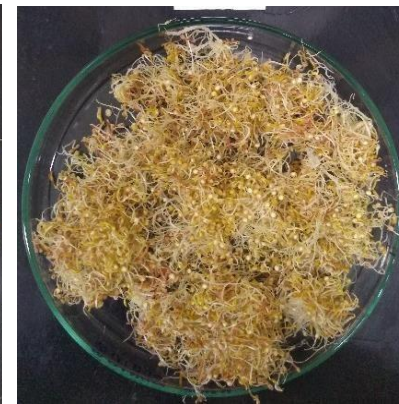
Quinoa INIA-420 Negra Collana
en 72 horas de germinación



Quinoa INIA-441 Señor del
Huerto en 72 horas de
germinación



Quinoa INIA-415 Pasankalla en
72 horas de germinación



Quinoa Blanca Junín en 72
horas de germinación



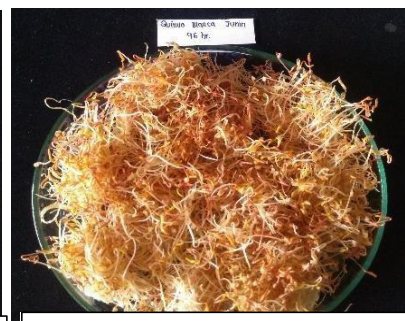
Quinoa INIA-420 Negra Collana
en 96 horas de germinación



Quinoa INIA-441 Señor del Huerto
en 96 horas de germinación



Quinoa INIA-415 Pasankalla
en 96 horas de germinación

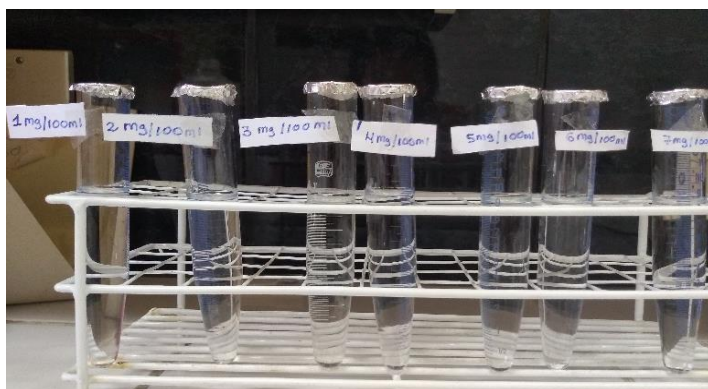


Quinoa Blanca Junín en 96
horas de germinación.

Anexo 12. Preparación de diluciones de ácido ascórbico para elaborar la curva de calibración.



Reactivos utilizados en la determinación de Ácido ascórbico



Diluciones de L-ácido ascórbico de 1 a 7 mg/100 ml



Reducción de colorante

Reducción del colorante (DCFI) por el L-Ácido Ascórbico de 1 a 7 mg/100 ml. A medida que incrementa la vitamina C más incoloro (reducción) se torna el colorante. La reducción del colorante es determinada mediante la absorbancia a 520 nm.

Anexo 13. Determinación de L-ácido ascórbico en las muestras germinadas de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.



Pesar 1 g de muestra de la harina del germinado.



Agregar 9 ml de ácido oxálico (0,4 %), luego mezclar por 5 min.



Colocar la solución filtrada en tubos Eppendorf.



Filtrar la muestra en tubos de ensayo.



Colocar los tubos Eppendorf, para centrifugar a 5000 RPM por 5 minutos.

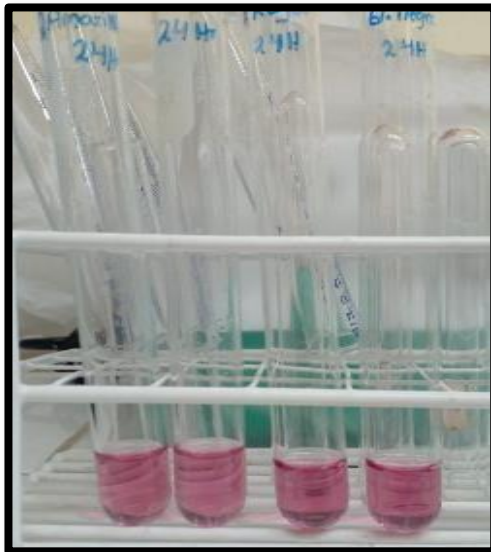


Añadir los reactivos necesarios en los diferentes tubos de prueba.

Realizar las lecturas de las absorbancias (L1 y L2) para determinar la concentración de la vitamina C.



Anexo 14. Reducción del colorante (DCFH) por el ácido ascórbico de los germinados.



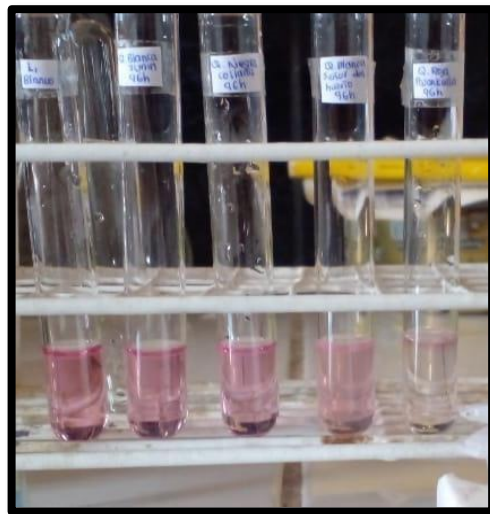
Reducción del colorante por la vitamina C en las 24 horas de germinación en las cuatro variedades.



Reducción del colorante por la vitamina C en las 48 horas de germinación en las cuatro variedades.

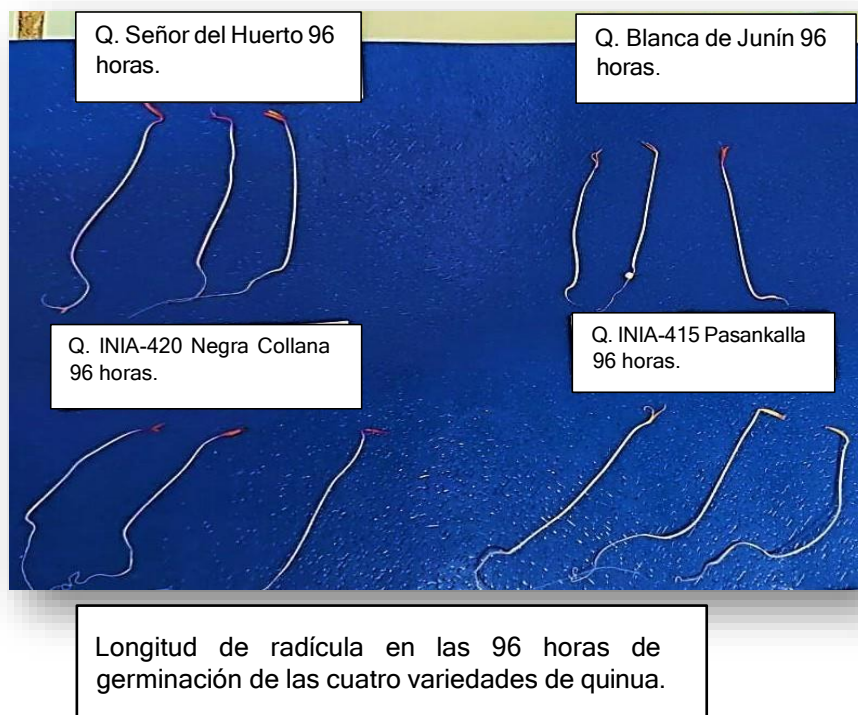
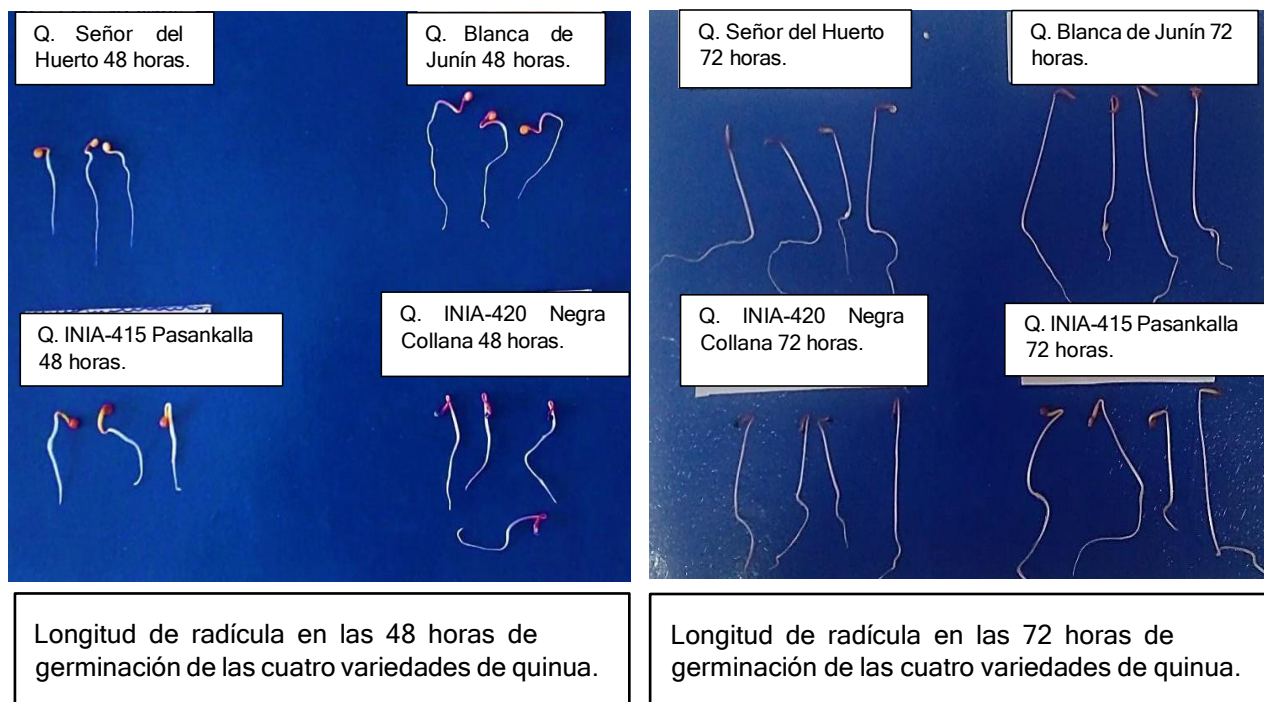


Reducción del colorante por la vitamina C en las 72 horas de germinación en las cuatro variedades de quinua.



Reducción del colorante por la vitamina C en las 96 horas de germinación en las cuatro variedades de quinua.

Anexo 15. Longitud de raíz de los germinados de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.



Anexo 16. Preparación de reactivos para la determinación de ácido ascórbico

ÁCIDO OXÁLICO 0,4 %	Se pesó 1 gramo de ácido oxálico, se diluyó y se enrasó con agua destilada en una fiola de 250 ml.
SOLUCIÓN COLOREADA DE 2,6 DICLOROFENOL INDOFENOL AL 0,0012 %	• Se pesó 12 mg del reactivo 2,6 Diclorofenol-Indofenol, seguidamente se colocó en agua destilada hirviendo diluyendo y enrasando en una fiola de 1000 ml con agua destilada fría. • Esta solución se filtró con papel filtro Whatman N°4. Seguidamente se almacenó en frasco oscuro y en refrigeración (Rosales Laguna y Arias Arroyo, 2015)
SOLUCIÓN PATRÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO 0,1 %	• Se pesó 0,1 gramo de ácido ascórbico, se disolvió y se enrasó con ácido oxálico al 0,4 % en una fiola de 100 ml de esta manera se obtuvo ácido ascórbico al 0,1 % o 1 mg/ml (solución madre). • De la solución madre se tomó alícuotas de 100, 200, 300, 400, 500, 600 y 700 µl, y se colocaron en tubos de ensayo enumerados del 1 al 7. Seguidamente se completaron a un volumen de 10 ml con ácido oxálico al 0,4 %. • Estas soluciones enumeradas del 1 al 7 contuvieron ácido ascórbico 1 mg/100 ml, 2 mg/100ml, 3 mg/100 ml, 4 mg/100 ml, 5 mg/100 ml, 6 mg/100 ml y 7 mg/100 ml respectivamente.

Anexo 17. Boleta de compra y venta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd



ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA-JUNIN
 KM. 8 FND. SANTA ANA
 JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO
 Telef.: 064241701 / 064246206 Email: santaana@inia.gob.pe

R.U.C. 20568503253

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA

B006-1425

Cliente : PEREZ BORDA JHON ROMARIO

D.N.I. : 70515135

Dirección : NERY GARCIA MZA F LOT 13

Moneda : SOLES

Fecha Emisión : 09/11/2023

Cant.	U/M	Descripción	Precio Unit.	Importe Total
1.00	KG.	QUINUA BLANCA DE JUNIN SEMILLA REGISTRADA	18.00	18.00
1.00	KG.	QUINUA INIA 415 PASANKALLA SEMILLA BASICA	20.00	20.00
1.00	KG.	QUINUA INIA 441 SEÑOR DEL HUERTO SEMILLA BASICA	20.00	20.00
1.00	KG.	QUINUA INIA 420 NEGRO COLLANA SEMILLA BASICA	20.00	20.00




SON: SETENTA Y OCHO Y 00/100 SOLES

Venta Exonerada	: S/	78.00
Total I.G.V. 18%	: S/	0.00
Total Precio de Venta	: S/	78.00

Información adicional

Información de pagos



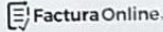
"GRACIAS POR SU PREFERENCIA"

Para visualizar el presente documento ingrese a: cpe.telemonvil.global o en <http://www.sunat.gob.pe> con su clave SOL

Representación impresa de la BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA

Autorizado mediante la Resolución: N° 034-030-0000103/SUNAT

www.facturaonline.pe



Anexo 18. Matriz de consistencia

Título: Efecto de la germinación en el contenido de ácido ascórbico de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, Ayacucho 2024.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿El tiempo de germinación en las semillas de cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, tendrá efecto en el contenido de L-ácido ascórbico?	Objetivo general • Evaluar el contenido de ácido ascórbico en germinados de cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. Objetivos específicos. • Determinar el contenido de L-ácido ascórbico en semillas no germinadas (0 horas) de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd • Comparar el contenido de L-ácido ascórbico de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, en función al tiempo de germinación. • Comparar el contenido de L-ácido ascórbico después de las 24, 48, 72 y 96 horas de germinación entre en las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd	Marco conceptual. • Germinación. • Espectrofotometría • Curva de calibración • Ácido ascórbico • Variedad • Oxidación	El contenido de ácido ascórbico en las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, difieren en función al tiempo de germinación y a la variedad de quinoa.	Variable dependiente. a. Contenido de ácido ascórbico. Indicador: • mg / 100 g. Variables independientes. a. Variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. Indicador. • INIA- 415 Pasankalla. • INIA -420 Negra Collana. • Blanca de Junin. • INIA-441 Señor del Huerto. b. Tiempo de germinación Indicador: • 0 Horas. • 24 Horas. • 48 Horas. • 72 Horas • 96 Horas	Tipo de investigación. Experimental Nivel de investigación. Básica. Población. Semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd de la INIA (Instituto de Innovación Agraria) Ayacucho del 2024. Muestra. • 01 kg de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, Variedad Blanca Junin. • 01 Kg de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, Variedad Roja Pasankalla. • 01 kg de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, Negra Collana. • 01 kg de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd, Variedad Señor del Huerto. Metodología. • Limpieza • Lavado • Germinación • Determinación de Ácido ascórbico Análisis estadístico. -Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) -Anova -Prueba de Tukey

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. Jhon Romario PEREZ BORDA****RESOLUCIÓN DECANAL N° 521-2024-UNSCH-FCB-D**

En la ciudad de Ayacucho, siendo las diez de la mañana del día lunes dos de diciembre del año dos mil veinticuatro; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente encargado el Dr. Jesús De La Cruz Arango con memorando N° 384-2024-UNSCH-FCB-D con fecha dos de diciembre del año dos mil veinticuatro (miembro – jurado), Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi (miembro – jurado), Ing. Walter Augusto Mateu Mateo (miembro – jurado). Dra. Roberta Brita Anaya González (miembro – asesor), actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel Moscoso García para presenciar la sustentación de tesis titulado: **Efecto de la germinación en el contenido de ácido ascórbico de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, Ayacucho 2024.** presentado por el **Bach. Jhon Romario PEREZ BORDA**; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Jesús De La Cruz Arango	16	16	16
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi	17	17	17
Ing. Walter Augusto Mateu Mateo	16	14	15
PROMEDIO			16

El sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las doce con cincuenta minutos; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

Dr. Jesús De La Cruz Arango
Presidente (e)

Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi
Miembro – Jurado

Dra. Roberta Brita Anaya González
Miembro- Asesor

Ing. Walter Augusto Mateu Mateo
Miembro - Jurado

Mg. Luis Uriel Moscoso García
secretario docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 003-2025-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Efecto de la germinación en el contenido de ácido ascórbico de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd., Ayacucho 2024.**, por JHON ROMARIO PEREZ BORDA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 13%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 03 de marzo de 2025.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología
Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Efecto de la germinación en el contenido de ácido ascórbico de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, Ayacucho 2024.

por JHON ROMARIO PEREZ BORDA

Fecha de entrega: 01-mar-2025 01:33a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2602057459

Nombre del archivo: PEREZ_BORDA-Jhon_Romario-pregrado-2024_TURNITIN.pdf (1.28M)

Total de palabras: 11230

Total de caracteres: 53314

Efecto de la germinación en el contenido de ácido ascórbico de cuatro variedades de Chenopodium quinoa Willd, Ayacucho 2024.

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	15%	2%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.infoagro.com	2%
	Fuente de Internet	
2	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	1%
	Trabajo del estudiante	
4	repositorio.unsch.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	tesis.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.upeu.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unfv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
8	qdoc.tips	1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.uncp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.utea.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
11	eprints.uanl.mx	<1%
	Fuente de Internet	
12	es.scribd.com	
	Fuente de Internet	

<1 %

13 www.scielo.org.pe
Fuente de Internet

<1 %

14 repositorio.unife.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

15 repositorio.undac.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

16 www.repositorio.usac.edu.gt
Fuente de Internet

<1 %

17 Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA
Trabajo del estudiante

<1 %

18 www.scielo.org.mx
Fuente de Internet

<1 %

19 Submitted to Universidad San Ignacio de
Loyola
Trabajo del estudiante

<1 %

20 worldwidescience.org
Fuente de Internet

<1 %

21 Submitted to Universidad de Monterrey
Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo