

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

Contenido de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd “accesión blanca” de la región de Ayacucho 2023

Para optar el título profesional de:
BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:
Bach. Mahli Esther PALOMINO JANAMPA

ASESORA:
Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ

COASESOR:
Blgo. Jhonatan Jorge ESPINOZA CARBAJAL

AYACUCHO - PERÚ

2025

A Dios por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y a mis padres por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Real y Pontificia Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme en sus aulas y haberme formado como una profesional competente con habilidades, destrezas y conocimientos amplios en el campo de las ciencias biológicas.

A la Facultad de Ciencias Biológicas y a los docentes de la Escuela Profesional de Biología por brindarme valiosos conocimientos, y ayudarme a forjar mis sueños estudiantiles.

A mi querida asesora, la Dra. Roberta Brita Anaya González por su paciencia y gran apoyo incondicional, que me motivó para lograr terminar con la presente tesis.

Al Blgo. Pedro Delgadillo Coronado y al Blgo. Jhonatan Espinoza Carbajal por el apoyo en el análisis y orientación de la parte estadística.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	6
2.3 Bases teóricas	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación del lugar de estudio	19
3.2. Población y muestra	20
3.3. Metodología	20
3.3.6. Determinación de grasa por el método Soxhlet (AOAC 920.039)	20
3.3.7. Determinación de proteína por el método micro Kjeldahl (AOAC 984.13)	21
3.3.8. Determinación de carbohidratos	23
3.3.9. Pruebas complementarias	23
3.3.10. Análisis estadístico de datos	24
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. REFERENCIAS	40
IX. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lugares de procedencia y altitud en msnm de cultivares de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., de la región de Ayacucho.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comparación mediante prueba de Duncan del porcentaje de grasas frente a los lugares de procedencia de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	25
Figura 2. Correlación de coeficiente de Pearson, entre el porcentaje de grasa (g%) de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., frente a las distintas altitudes (msnm).	26
Figura 3. Comparación mediante prueba de Duncan del porcentaje de proteínas frente a los lugares de procedencia de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	27
Figura 4. Correlación de coeficiente de Pearson, entre el porcentaje de proteína de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., frente a las distintas altitudes (msnm).	28
Figura 5. Comparación mediante prueba de Duncan del porcentaje de carbohidratos frente a los lugares de procedencia de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	29
Figura 6. Correlación de coeficiente de Pearson, entre el porcentaje de carbohidratos de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., frente a las distintas altitudes.	30

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Constancia de identificación de muestras vegetales de quinua	49
Anexo 2. Tabla de porcentaje de grasa de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., por lugar de procedencia.	50
Anexo 3. Tabla de porcentaje de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., por lugar de procedencia.	51
Anexo 4. Tabla de porcentaje de humedad de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., por lugar de procedencia.	52
Anexo 5. Tabla de porcentaje de cenizas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., por lugar de procedencia.	53
Anexo 6. Tabla de porcentaje de carbohidratos de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., por lugar de procedencia.	54
Anexo 7. Tabla comparativa del contenido en promedio de grasa, proteína y carbohidratos de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., procedentes de diez localidades de la región de Ayacucho.	54
Anexo 8. Semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “quinua” de diferentes provincias de la región de Ayacucho.	55
Anexo 9. Procedimiento para la determinación de grasa mediante el método de Soxhlet.	55
Anexo 10. Procedimiento para la determinación de proteínas mediante el método de micro Kjeldahl.	57
Anexo 11. Tabla de comparación del contenido de grasa, proteína y carbohidrato de la quinua con los cereales de mayor consumo.	59
Anexo 12. Matriz de consistencia.	60

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal andino con un elevado valor nutricional, es rica en proteínas, fibra, vitaminas, minerales y grasas saludables. En la presente investigación se evaluó el contenido de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., de diversas altitudes de la región de Ayacucho. Tipo de investigación: básica, descriptiva. Los objetivos planteados fueron cuantificar el contenido de grasa, proteína y carbohidrato en semillas de quinua, comparar los contenidos de grasa, proteína y carbohidrato según lugar de procedencia. La cuantificación de grasa fue por el método Soxhlet (AOAC 920.39 - 945.38), de proteína por el método micro-kjeldahl (AOAC 992.23) y los carbohidratos por diferencia. De manera complementaria se determinó el contenido de humedad y cenizas. Las semillas empleadas fueron cuidadosamente seleccionadas y de reciente cosecha, de diez distintas localidades de la región de Ayacucho. Los resultados obtenidos fueron: para grasa el mayor valor fue de 6,83 % proveniente de la comunidad de Ccollpapampa- Anchiuay ubicado a 4 476 msnm y el menor fue de 3,47 % procedente de la comunidad de Niño Jesús de Ñeque-Tambillo a 2 713 msnm, en tanto para el contenido proteico el mayor valor fue de 17,5 % procedente de INIA- Huamanga que está a una altitud de 2 750 msnm y el menor valor 13,46 % proveniente de la comunidad de Curipata-Huamanguilla a 3 631 msnm. El porcentaje de carbohidratos oscila entre 68,9 % a 73,4 % correspondiente a Ccollpapampa- Anchiuay ubicado a 4 476 msnm y Pampa Cangallo ubicado a 3 321 msnm respectivamente. En conclusión, el contenido de grasa y proteína son influenciados por la altitud.

Palabras clave: contenido proteico, contenido de grasa, contenido de carbohidratos, *Chenopodium quinoa* Willd., pisos altitudinales.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua, un pseudocereal originario de los Andes, ha sido estudiada por diversos investigadores debido a su alto contenido nutricional y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y de suelo. Salas et al. (2021) compararon las características fisicoquímicas de granos de quinua de Venezuela y Ecuador, encontrando similitudes significativas en su composición. Gupta et al. (2021) exploraron la incorporación de proteína aislada de quinua en pasta de trigo, destacando su potencial en la industria alimentaria. En el ámbito nacional, (Romaní-Morón y Valdez-Arana, 2019; Ponce de León y Valdez-Arana, 2021) realizaron evaluaciones sobre las variaciones nutricionales en accesiones de quinua cultivadas a distintas altitudes del Perú, destacando su elevado contenido proteico y su notable capacidad de adaptación a diversos ecosistemas. Asimismo, investigaciones centradas en los metabolitos primarios han confirmando que la quinua presenta una fuente significativa de carbohidratos, lípidos y proteínas de alta calidad, lo que refuerza su consideración como un alimento funcional con importantes beneficios para la salud.

La quinua es un cultivo altamente adaptable que puede desarrollarse en un amplio rango altitudinal, desde zonas a nivel del mar hasta regiones situadas a 4 000 msnm. Este grano se distingue por su elevado valor nutricional, lo que ha motivado su reconocimiento a nivel internacional, en este sentido, la Organización de las Naciones Unidas declaró el año 2013 como el “Año Internacional de la Quinua”, con el objetivo de promover tanto su consumo como su producción a escala global. De manera complementaria, la Organización Mundial de la Salud ha calificado a la quinua como un “alimento único” debido a que su perfil proteico es comparable al de fuentes de origen animal (MINAGRI, 2015).

Muchas investigaciones muestran que la determinación de metabolitos en quinua en diferentes altitudes varía en el contenido porcentual, así como se hallaron investigaciones sobre la cuantificación y extracción de grasa a diferentes altitudes como: Puno (3 827 msnm), Cusco (3 399 msnm), Junín (4 107 msnm) y Ayacucho (2 761 msnm), por lo expuesto se propuso la realización del presente trabajo de investigación.

Los objetivos planteados fueron:

Objetivo general

Evaluar el contenido de metabolitos primarios (grasa, proteína y carbohidratos), en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” provenientes de diez localidades de la región de Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Cuantificar el contenido de grasa, proteína y carbohidratos de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” provenientes de diez localidades de la región de Ayacucho.
2. Comparar los contenidos de metabolitos primarios (grasa, proteína y carbohidratos) en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” provenientes de diez localidades de la región de Ayacucho.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Salas et al., (2021), realizaron pruebas fisicoquímicas y estructurales en granos procedentes de Venezuela (sector Casupal- Estado Monagas con una altitud de 255 msnm) y Ecuador (Cusubamba-Quito ubicado a una altitud de 2 900 msnm). Los principales parámetros nutricionales fueron determinados mediante el uso de espectroscopía infrarroja transformada por Fourier (FTIR), difracción de rayos X (DRX) y microscopía de barrido electrónico (MBE). Los valores del contenido de humedad y ceniza fueron de 11,31 % y 2,28 % para la quinua venezolana y de 11,12 % y 3,26 % para la ecuatoriana respectivamente. Las quinuas procedentes de Venezuela y Ecuador mostraron amplias similitudes, lo cual evidencia que no existen diferencias significativas.

Gupta et al., (2021), llevaron a cabo un experimento con el fin de incorporar aislados de proteínas de quinua (QPI) a pasta de trigo duro. Lo que se observó fue que la suplementación con QPI de 0 a 12 g/100 g aumentó significativamente el contenido en proteína de la pasta de 11,73 a 21,52 g/100 g. Además, la adición de QPI incrementó el tiempo de cocinado óptimo, el índice de hinchazón, la absorción de agua, la firmeza, las pérdidas por cocinado y las pérdidas de proteína, pero disminuyó el índice de blancura y la viscosidad. Se advirtió que la pasta suplementada con 8,0 g de QPI/100 g mostraba mejores resultados que la muestra control en la evaluación sensorial. Los investigadores concluyeron que la suplementación con QPI era una técnica

prometedora para la industria alimentaria para producir pasta económica, de alta calidad y enriquecida en proteína.

Caballero et al., (2015), realizaron un estudio para determinar el contenido proteico de los diferentes órganos de la quinua, en cuatro fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol. Con suelos de textura franco arenosa, pH neutro, bajo contenido de materia orgánica (0,4 %) y nitrógeno (0,05 %). Los resultados muestran que existe mayor porcentaje de proteína en las hojas en la fase de hojas verdaderas, ramificación y panojamiento; sin embargo, en la fase de formación de grano pastoso el contenido proteico se concentra en los granos de la planta, lo que demuestra una translocación del nitrógeno. Por lo tanto, el tipo de suelo influye en el contenido de proteína de las semillas de quinua.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Romaní-Morón & Valdez-Arana, (2019), evaluaron el efecto del cambio de hábitat en algunas características nutricionales y funcionales de 16 accesiones de quinua con diferente contenido de saponinas, colectadas en la sierra de Cusco (3 237 msnm) y semillas cultivadas en la costa de Lima (235 msnm). Las semillas de la costa presentaron la cantidad de proteínas (18,21 %), cenizas (3,33 %) y fibra dietaria total (12,94 %), fueron significativamente mayores ($p < 0,05$), en comparación a las semillas originarias de la sierra (15,28 %; 2,40 % y 10,56 %, respectivamente). Mientras que la cantidad promedio de carbohidratos para las semillas originarias de la costa (69,74 %), fue significativamente menor respecto a las quinuas originarias de la sierra (72,19 %). Por otro lado, la humedad y grasa no mostraron cambios significativos.

Ponce de León & Valdez-Arana, (2021), evaluaron la composición nutricional de 17 accesiones de quinua provenientes de la sierra del Cusco y de Huancayo. Los resultados promedios de las accesiones de quinua de Huancayo fueron: grasa (6,76 %), proteína (17,27 %), carbohidratos (70,81 %), humedad (9,79 %) y cenizas (2,10 %). Del mismo modo las accesiones de quinua provenientes de Cusco presentaron los siguientes resultados: grasa (7,67 %), proteína (16,46 %), humedad (11,29 %), ceniza (1,97 %) y carbohidratos (71,38 %). Entre las accesiones de quinua de Huancayo y sus correspondientes originales del Cusco,

el contenido de proteínas, fibra cruda, carbohidratos y fibra dietaria total, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Valenzuela (2019), realizó un estudio de análisis proximal y obtención de extracto de proteína de *Chenopodium quinoa* Willd., por el método del punto isoeléctrico, con granos de quinua procedentes de la región Cusco, teniendo los siguientes resultados: humedad de 11,96 % a 12,9 %; grasa de 6,08 % a 6,1 %; ceniza de 2,44 % a 2,51 %; fibra de 5,90 % a 6,10 %; proteína de 11,50 % a 11,90 % y carbohidratos de 66,54 % a 68,02 %.

Pantoja-Tirado et al., (2020), realizaron una investigación sobre caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización, obteniendo resultados de la composición química proximal de la harina de quinua: grasa (2,53 %); proteína (9,05 %); humedad (10,48 %); cenizas (2,44 %); y carbohidratos (72,39 %).

2.1.3. Antecedentes locales

Gutiérrez (2024), estudió la variación del contenido lipídico en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., cultivadas a diferentes altitudes en la región de Ayacucho, para la extracción de lípido utilizó el método de Soxhlet. Obtuvo los siguientes valores: el valor más alto 6,93 % para la localidad de Ccollpapampa (4 476 msnm) - provincia de La Mar y el valor mínimo fue de 4,18 % del anexo de Niño Jesús de Ñeque (2 750 msnm)- provincia de Huamanga. Concluyendo que los resultados muestran variación del contenido de lipídico según la altitud.

Anaya et al., (2019), investigaron el contenido de metabolitos primarios de cuatro accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd., (Blanca, Amarilla, Roja y Negra) de tres distritos de la provincia de Huamanga: Tambillo (3 083 msnm), Acocro (3 254 msnm) y Chiara (3 261 msnm). Utilizando las siguientes metodologías: para proteínas método Kjeldahl, para carbohidratos por diferencia, las grasas por Soxhlet. Obteniendo los siguientes resultados en la quinua blanca, para grasas proveniente de Chiara (6,27 %), Tambillo (6,13 %) y Acocro (6,13 %); para proteína de Chiara (14,76 %), Tambillo (14,13 %) y Acocro (15,17 %) y carbohidratos de Chiara (62,94 %), Tambillo (62,46 %) y Acocro (63,81 %). En conclusión, se encontró mayor contenido de proteína y grasa en el cultivar blanco, asimismo los valores de grasas y carbohidratos no mostraron diferencia significativa entre las quinuas cultivadas en los tres distritos.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Quinua

Es una planta originaria de los Andes, cuya área de domesticación se localiza en algún valle de la región andina. La mayor diversidad de esta especie se encuentra en las cercanías del lago Titicaca y se sabe que se consume desde hace aproximadamente 5 000 años (Peralta, 1985).

2.2.2. Metabolitos primarios

Se trata de compuestos como carbohidratos, proteínas, ácidos grasos y ácidos nucleicos, que desempeñan funciones esenciales en procesos como la respiración, fotosíntesis, síntesis de hormonas y proteínas, es decir, participa directamente en el crecimiento y desarrollo de la planta. Estos metabolitos están presentes en todas las especies vegetales, distribuidos entre diversos grupos filogenéticos y se generan a través de rutas metabólicas similares (Hounscome, 2008, citado en García, 2016).

2.2.3. Carbohidratos en quinua

La quinua se caracteriza por su alto valor energético, atribuible a su considerable proporción de carbohidratos que alcanza los 74 gramos por cada 100 gramos de peso seco. De esta cantidad el 50 % a 60 % corresponde al almidón, el cual está constituido predominantemente por amilopectina (80 %) y en menor medida de amilosa (20 %) (González et al., 2018).

2.2.4. Grasa en quinua

Cabe destacar que la composición lipídica de la quinua ha sido objeto de escasa investigación. Sin embargo, estudios realizados en el Perú revelan que el ácido graso predominante es el omega 6 (ácido linoleico), representando un 50 % del total, este valor es comparable al observado en el aceite de germen de maíz, cuyo contenido de ácido linoleico varía entre el 45 % y el 65 % (PROINPA, 2013).

2.2.5. Proteína en quinua

La calidad nutricional de un alimento está determinada tanto por la cantidad como por la naturaleza de los nutrientes que lo componen. Al comparar la composición nutricional de la quinua (denominado en la literatura como “grano de oro”) con la de los cereales tradicionalmente considerados básicos como el trigo, el arroz y el

maíz, se evidencia que la quinua presenta valores promedio superiores en cuanto a contenido de proteína, grasa y minerales (Rojas, et al., 2010).

2.3 Bases teóricas

2.3.1 *Chenopodium quinoa* “quinua”

La quinua, cuyo nombre científico es *Chenopodium quinoa* Willd., es una planta perteneciente a la familia Chenopodiaceae y se clasifica como un pseudocereal, este término hace referencia a especies que sin ser cereales ni estar emparentadas con ellos, se cultivan por sus semillas ricas en almidón aptos para el consumo humano (Mejía & Bravo, 2022). Originaria de la región andina, específicamente de los alrededores del lago Titicaca (zona que abarca territorios de Perú y Bolivia), la quinua es una especie herbácea que históricamente ha sido cultivada en valles altos, a altitudes que oscilan entre los 3 000 a 4 000 msnm, donde las condiciones agroecológicas proporcionadas por la Cordillera de los Andes resultan favorables para su adaptación (Ku & Mejía, 2019).

La quinua ha sido reconocida a nivel mundial por su destacado valor nutricional, ya que es un alimento de origen vegetal con un elevado contenido proteico que varía entre 12 y 22 g/100 g de peso seco y presenta un perfil de aminoácidos esenciales altamente equilibrado, asimismo, es rica en grasa, fibra, vitaminas y minerales, lo que lo convierte en un alimento con potenciales beneficios para la salud (Campos et al., 2022). Su composición nutricional incluye también carbohidratos (77,6 %), lípidos (6,5 %) y fibra dietaria en un rango que va desde 1,1 % al 16,3 %. Adicionalmente, la quinua ha sido objeto de creciente interés como alimento funcional, debido a su contenido significativo de flavonoides (entre 36,2 y 144,3 mg/100 g) y otros compuestos fenólicos (de 16,8 a 59,7 mg/100 g), los cuales le otorgan una alta capacidad antioxidante (Romaní-Morón & Valdez-Arana, 2019).

En cuanto a su aporte mineral, las semillas de quinua contienen niveles superiores a los de muchos otros cereales, por ejemplo, su contenido de hierro asciende a 13,2 mg/100 g de peso seco, duplicando el del trigo, triplicando el del arroz y aproximándose al valor presente en el frijol, también presenta una cantidad notable de magnesio (246,5 mg /100 g de peso seco), superando ampliamente al arroz (120 mg), al trigo (118 mg) y excediendo en más del 20 % al contenido del frijol (200 mg), además, es fuente importante de minerales como el calcio, fósforo,

zinc, hierro. Las semillas de quinua también poseen vitaminas hidrosolubles tal es el caso de la vitamina B6 (0,20 mg/100 g), ácido pantoténico (0,61 mg/100 g) y biotina (7,1 mg/ 100 g), además presenta ácido fólico alcanzando los 78, 1 mg/ 100 g de peso seco (Campos et al., 2022).

2.3.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) (Cronquist, A, 1986).

División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Caryophyllidae
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	<i>Chenopodiaceae</i>
Género	:	<i>Chenopodium</i>
Especie	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow
Nombre vulgar:		“quinua o quinoa”

2.3.3 Descripción botánica y morfológica

Raíz: La quinua presenta un sistema radicular de tipo pivotante, caracterizado por una raíz principal de la que emergen numerosas raíces laterales con un alto grado de ramificación, la longitud de estas raíces varía entre 0,8 y 1.5 metros y su desarrollo está influenciado por diversos factores como la variedad cultivada, las características del suelo, el nivel de nutrientes disponibles y las condiciones de humedad (Azú, 2023).

Tallo: el tallo de la quinua es firme y compacto, compuesto por tejidos resistentes y lignificados, durante la etapa de floración su coloración básica puede variar entre verde, verde amarillento, naranja, rosado, rojo y púrpura. En determinadas variedades se puede observar estrías de color verde, amarillo, rosado y púrpura, la combinación de estos elementos cromáticos (color de tallo y de las estrías), puede utilizarse como criterio de identificación de la variedad. En cuanto a la altura, la planta puede medir desde 0,5 metros hasta más de 3 metros, considerando desde la base del tallo hasta el extremo superior de la

inflorescencia, esta dimensión está influenciado por factores como la variedad y las condiciones ambientales, en general las variedades pertenecientes a ecotipos de valle tienden a alcanzar una mayor altura en comparación a los del altiplano (FAO & UNALM, 2016).

Hoja: Las hojas de la quinua se componen de dos estructuras principales: el peciolo y la lámina, el peciolo es alargado y presenta una forma acanalada, su longitud varía según su punto de origen, siendo más extensos aquellos que emergen directamente del tallo y más corto los que se desarrollan de las ramas laterales. En cuanto a su coloración puede presentar tonalidades de verde, rosado, rojo o púrpura. La morfología del margen foliar también es variable, pudiendo ser entero, dentado o aserrado, además las hojas como las partes jóvenes de la planta suelen estar cubiertas por una pubescencia vesicular-granular de color blanco, rosado o púrpura, esta estructura contiene oxalato de calcio, compuesto que tiene la capacidad de absorber humedad del entorno, lo que contribuye a aumentar la humedad relativa en el microambiente que rodea a las hojas (FAO & UNALM, 2016).

La composición nutricional de las hojas verdes de quinua, utilizados como verdura aún no ha sido completamente estudiada y son muy escasos los trabajos científicos que destacan sus beneficios para la salud humana, no obstante investigaciones recientes han evidenciado que estas hojas presentan un contenido significativo de nutrientes y propiedades funcionales. Se ha determinado que contiene niveles elevados de proteína, incluyendo aminoácidos esenciales, así como una baja proporción de carbohidratos, asimismo destaca por su alto contenido de potasio, manganeso y cobre junto con cantidades moderadas de calcio, fósforo, sodio y zinc (Rodríguez & Menacho, 2022).

Inflorescencia: la inflorescencia de la quinua es una panoja cuya longitud varía entre 15 y 70 centímetros, está formada por un eje principal del que se derivan ejes secundarios y terciarios, según la forma y disposición de los glomérulos (conjunto de flores), las inflorescencias se clasifican en tres tipos: amarantiformes, glomeruladas e intermedias. En las amarantiformes los glomérulos presentan una forma casi rectangular, similar a dedos y se insertan directamente en el eje secundario. En las glomeruladas, los glomérulos se disponen sobre el eje terciario (se origina del eje secundario) y adopta una apariencia redondeada semejante a las cuentas de un rosario. En el tipo intermedio los glomérulos tienen una forma

indefinida, combinando características tanto rectangulares como redondeadas. La longitud de los ejes secundarios y terciarios influye en la estructura de la panoja, que puede clasificarse como laxa, intermedia o compacta, ésta última forma, está asociada al tamaño del grano (FAO & UNALM, 2016).

Flores: las flores de quinua pueden ser pediceladas o sésiles, los cuales se agrupan en glomérulos, la ubicación de estos glomérulos dentro de la inflorescencia, así como la disposición de las flores en su interior, influyen directamente en el tamaño y número de frutos o granos producidos. La quinua es una especie ginomonoica, ya que presenta dos tipos de flores en una misma planta: hermafroditas y pistiladas. Las flores hermafroditas, que se localizan en el ápice del glomérulo, son de mayor tamaño que las pistiladas, con un diámetro que oscila entre 3 y 5 mm, están formadas por cinco tépalos, cinco anteras y un ovario súpero con dos o tres estigmas ramificados. Por otro lado, las flores pistiladas se sitúan alrededor y por debajo de las hermafroditas; poseen cinco tépalos, un ovario supero y de dos a tres ramificaciones estigmáticas y su diámetro varía entre 2 y 3 mm. La proporción entre las flores hermafroditas y pistiladas puede ser muy variable, oscilando entre un 2 % y un 98 %, lo cual es un factor relevante cuando el cultivo se realiza en aislamiento, ya que afecta directamente la producción de frutos, cabe señalar que algunas variedades presentan esterilidad masculina, aunque la quinua es predominantemente autógama, se ha estimado que su tasa de cruzamiento alcanza aproximadamente el 17 % (FAO & UNALM, 2016).

Semilla: La semilla de la quinua está compuesta por tres estructuras principales: el endospermo, el embrión y el perispermo. El endospermo constituye una capa externa que recubre la semilla y permanece unida al pericarpio. El embrión, por su parte, está conformado por dos cotiledones y una radícula, representa aproximadamente el 30 % del volumen total de la semilla. Esta estructura rodea al perispermo en forma de anillo, presentando una curvatura cercana a los 320 grados. La radícula se caracteriza por su color marrón oscuro. El perispermo actúa como el principal tejido de reserva y está compuesto principalmente por almidón, tiene un tono blanquecino y constituye alrededor del 60 % del volumen de la semilla. El color que presenta los granos varía según la capa que se observe. Cuando el pericarpio es eliminado en el proceso de desaponificación, queda expuesta la capa epispermo la cual puede presentar colores como blanco, crema,

rojo, marrón o negro. Es importante señalar que en una misma semilla el color del pericarpio y del epispermo pueden diferir (FAO & UNALM, 2016).

2.3.4 Principales requisitos para el cultivo de la quinua

Requisitos climáticos

La quinua es una especie altamente adaptable a distintas condiciones climáticas, pudiendo desarrollarse en rangos de humedad relativa entre el 40 % y el 88 %, soporta temperaturas extremas que oscilan entre los -4 °C y los 38 °C. Se caracteriza por su eficiencia en uso del agua, así como por su resistencia y tolerancia a la escasez de humedad en el suelo. Las semillas de quinua presentan la capacidad de germinar a temperaturas cercanas a los 0 °C y en ciertos casos pueden resistir a exposiciones breves a heladas, además, las accesiones originarias de a regiones áridas y salinas tienden a manifestar una mayor tolerancia al estrés hídrico y a la salinidad, lo cual es consecuencia directa de su adaptación evolutiva a dichos entorno (Padrón et al., 2014).

Ecología y adaptación

La quinua se cultiva exitosamente en un Arango amplio altitudinal, que va desde los 2 000 hasta los 4 000 msnm, abarcando zonas agroecológicas como9 la región quechua (valles interandinos) y la puna baja (altiplano), no obstante, se ha evidenciado su capacidad de adaptación a altitudes inferiores y superiores, lo que permitió su introducción en áreas de ceja de selva y zonas bajas, un ejemplo de esta expansión es el cultivo de quinua en Huaral, en la sierra de Lima, a altitudes comprendidas entre los 400 y 500 msnm. Las regiones con mayor desarrollo del cultivo de quinua son las zonas quechua y puneña, destacándose los departamentos de Puno y Cusco, Puno es actualmente el principal productor de quinua del país, con cultivos establecidos entre los 3 800 y 3 900 msnm, mientras que en Cusco los cultivos se desarrollan en un rango más amplio, entre los 2 700 y 3 900 msnm. En cuanto a la precipitación, tolera un rango de entre 300 y 1 000 mm anuales y puede cultivarse desde el nivel del mar (como ocurre en Chile) hasta altitudes de 4 000 msnm. Es capaz de soportar temperaturas de entre -1 °C y 35 °C, aunque las heladas pueden afectar su desarrollo durante la fase de floración. Además, se adapta a suelos con pH entre 6 y 8,5, tolera moderada salinidad, suelos pobres en nutrientes y niveles bajos de saturación de bases (Mujica, 1997).

Suelo

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) muestra una notable capacidad de adaptación a condiciones adversas, especialmente en suelos que presentan deficiencias nutricionales y salinidad. Según Ccoyllar-Quintanilla et al. (2021), esta planta es capaz de prosperar en suelos que son típicamente pobres en nutrientes y tienen altos niveles de salinidad, lo que la convierte en un cultivo valioso para regiones con limitaciones edáficas.

Chito et al. (2017) ha documentado que la quinua presenta una destaca capacidad pata tolerar y adaptarse al incremento del estrés salino, condición que resulta altamente restrictiva para el desarrollo de muchas otras especies vegetales. Esta tolerancia está sustentada en una serie de mecanismos fisiológicos y bioquímicos que le permiten mitigar los efectos adversos asociados a la acumulación de sales en el suelo. Según Epstein, (1984), citado por Miranda et al., (2017) la capacidad de la quinua para adoptarse a condiciones salinas se explica, en gran medida, por su eficiente mecanismo de ajuste osmótico, proceso característico de las plantas halophytas, estas especies son capaces de absorber elevadas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) desde el suelo y acumularlo principalmente en sus hojas, lo que les permite equilibrar su potencial osmótico con el bajo potencial hídrico del entorno. Este ajuste osmótico se produce gracias a la acumulación controlada de iones, especialmente en las vacuolas de las células foliares, lo que permite mantener la concentración salina del citoplasma y de los orgánulos en niveles bajos, de esta manera se evita la alteración de procesos bioquímicos vitales, ya que no se compromete la actividad enzimática, el metabolismo celular ni la hidratación adecuada de las proteínas estructurales y funcionales.

Fertilización

La fertilización desempeña un papel fundamental en el cultivo de la quinua, dado que esta especie presenta una elevada demanda de nutrientes, aunque algunos elementos pueden encontrarse en concentraciones adecuadas en el suelo, otros pueden ser deficientes, por lo que es necesario realizar un análisis nutricional para garantizar un suministro equilibrado que favorezca altos rendimientos y buena calidad del grano. La quinua muestra una respuesta positiva a esquemas de fertilización intensiva, alcanzando rendimientos que pueden oscilar entre los 6 000 y 7 000 kg/h, sin embargo, en zonas altoandinas, los suelos suelen presentar baja

fertilidad como consecuencia de factores edáficos, climáticos y del uso agrícola continúa sin una reposición adecuada de nutrientes (FAO & UNALM, 2016).

Medrano & Bonifacio, (2018) afirman que el tamaño del grano de quinua está reduciéndose en los últimos años, siendo en la mayor parte de las variedades ausentes el tamaño extragrande, apreciaciones preliminares llevan a deducir sobre la influencia de la baja fertilidad del suelo en la calidad del grano. La materia orgánica aporta múltiples beneficios a la fertilidad del suelo y al desarrollo vegetal, no solo por su capacidad de aportar nutrientes esenciales, sino también por los efectos positivos que ejerce sobre diversas propiedades del suelo, como mejorar la estructura del suelo, favorece la retención de agua, incrementa la capacidad de intercambio catiónico y contribuye a una mayor estabilidad del pH, también mejora la fuente de nutrientes y energía para los microorganismos del suelo, promoviendo su actividad. En muchos casos la altitud está asociada a variaciones en las características edáficas, como el pH, la humedad, el contenido de macro y micronutrientes. Asimismo, la altitud presenta cambios en la precipitación y temperatura y el tipo de cobertura vegetal (Stevenson, 1982; citado en Sánchez et al., 2005).

El pH del suelo constituye un factor determinante en la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. En el caso de la quinua, el cultivo muestra un buen desarrollo dentro de un rango de pH que oscila entre 5,5 y 7,8. El pH del suelo constituye un factor determinante en la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. En el caso de la quinua, el cultivo muestra un buen desarrollo dentro de un rango de pH que oscila entre 5,5 y 7,8. Cuando el pH del suelo se encuentra fuera de este intervalo, la absorción de nutrientes puede verse considerablemente afectada, lo que repercute negativamente en el crecimiento y productividad del cultivo. En suelos excesivamente ácidos, es decir, con un pH inferior a 5,5, se recomienda la aplicación de cal agrícola con el fin de elevar gradualmente el pH. Esta enmienda debe incorporarse al suelo con algunos meses de anticipación al momento de la siembra, de manera que pueda integrarse adecuadamente en el perfil edáfico y ejercer su efecto en la zona de las raíces. En suelos ácidos, la cal debe aplicarse cada dos o tres campañas según sea necesario. En suelos con un pH superior a 7, que son alcalinos, puede haber una baja disponibilidad de manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y boro (B) (FAO & UNALM, 2016).

2.3.5 Metabolitos secundarios y primarios

Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos que, a diferencia de los metabolitos primarios, no resultan esenciales para los procesos vitales básicos de la planta. No obstante, cumplen funciones clave en la adaptación frente a condiciones de estrés ambiental, así como en los mecanismos de defensa frente a posibles depredadores y patógenos (Lustre, 2022). La síntesis y acumulación de metabolitos secundarios en plantas superiores se activa como respuesta a daños ocasionados por heridas o por la invasión de microorganismos patógenos, dentro de estos compuestos, algunos pertenecientes a la familia de los alcaloides, terpenoides y fenilpropanoides desempeñan un rol crucial en la defensa, ya sea eliminando al patógeno directamente o limitando su propagación dentro del tejido vegetal. Paralelamente otros metabolitos secundarios participan en la neutralización de especies reactivas de oxígeno (ROS), moléculas tóxicas para las células vegetales que se generan durante las primeras fases de la respuesta defensiva, en este contexto, los fenilpropanoides se integran a la pared celular vegetal, incrementando su rigidez y reduciendo su digestibilidad por parte de insectos y vertebrados herbívoros. De igual manera ciertos alcaloides actúan como agentes neurotóxicos contra estos organismos, en conjunto estos metabolitos constituyen componentes esenciales de los mecanismos de defensa frente a daños físicos y ataques de plagas (Jiménez & Sosa, 2003).

Metabolitos primarios

Los metabolitos primarios son compuestos indispensables para la vida, ya que participan de forma directa en los procesos biológicos esenciales, como la fotosíntesis, la respiración, la generación de energía y la formación de estructuras celulares. Estos incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares, ácidos grasos y ácidos orgánicos, entre otros. Son fundamentales para el mantenimiento de las funciones vitales y constituyen los precursores de macromoléculas clave como las proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN), los carbohidratos y las grasas (Pérez & Ávalos, 2009).

Grasa

Las grasas son compuestos orgánicos con una notable diversidad estructural y funcional dentro de los organismos vivos. Desempeñan múltiples roles, como el almacenamiento de energía, la conformación de membranas celulares y la participan en procesos metabólicos y en el mantenimiento de la homeostasis. A nivel molecular, están formadas principalmente por átomos de carbono, que establecen enlaces covalentes tanto entre sí como con los átomos de hidrógeno, lo que define sus propiedades químicas fundamentales. Estas moléculas se componen esencialmente de carbono, hidrógeno y en menor proporción contienen oxígeno; algunas variantes también incluyen elementos como fosforo, azufre y nitrógeno en su estructura química (Meza, 2023).

En las plantas, las grasas se sintetizan a través de un proceso denominado biosíntesis de lípidos, el cual tiene lugar principalmente en los cloroplastos y en el retículo endoplasmático de las células vegetales. Estos lípidos cumplen funciones fundamentales, tanto como reserva energética como en la formación estructural de las membranas celulares y suelen almacenarse en semillas y frutos. En el caso de los pseudocereales, la mayor parte del contenido lipídico se localiza en el embrión y se caracteriza por un elevado grado de insaturación, lo cual resulta beneficioso desde el punto de vista nutricional. En la quinua, el ácido graso más abundante es el ácido linoleico, además, su contenido graso es aproximadamente seis veces superior al del maíz (Mejía & Bravo, 2022). Entre los ácidos insaturados predominantes en esta especie se encuentran el omega-6, con valores entre 47 % y 56 %; el omega-3, con un contenido que oscila entre 4 % y 9% y el omega-9 presente en proporciones del 22 % al 29 % (Chito et al., 2017). Cabe destacar que tanto los factores genotípicos como las condiciones climáticas influyen significativamente en la concentración de lípidos presentes en las semillas, incluso dentro de un mismo cultivar (Pachari et al., 2019).

Proteína

Las proteínas son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, aunque también puede contener otros elementos como azufre y en algunos casos fósforo, hierro, magnesio o cobre. Estas macromoléculas están constituidas por cadenas de aminoácidos cuya longitud determina su denominación: si contiene menos de 10 aminoácidos se denomina oligopéptido;

entre 10 y 100, polipéptidos; y si supera los 100 aminoácidos se consideran proteínas propiamente dichas. Una característica esencial de las proteínas es su capacidad para plegarse y adoptar una estructura tridimensional específica, la cual es fundamental para el desempeño de sus múltiples funciones. La información genética de cada organismo determina la secuencia de aminoácidos de cada proteína y su síntesis se lleva a cabo en los ribosomas. Estas biomoléculas son esenciales para los seres vivos, ya que cumplen una amplia variedad de funciones, entre ellas estructurales, catalíticas (enzimáticas), de transporte y defensa (Guillen, 2009).

En las plantas y particularmente en la quinua, la mayor concentración de proteínas se localiza en el embrión, el cual está constituido por dos cotiledones y una radícula (Padrón et al., 2014). Los pseudocereales como la quinua, presentan una notable ventaja frente a los cereales tradicionales (trigo, arroz y maíz) tanto en cantidad y calidad proteica. Las proteínas predominantes en la quinua son la albúmina y la globulina, las cuales se caracterizan por ser un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales, comparable con el de la caseína, proteína característica de la leche. Además, estas proteínas presentan niveles elevados de lisina, metionina y treonina, aminoácidos que suelen encontrarse en concentraciones limitadas en los cereales convencionales como el trigo y el maíz (Mejía & Bravo, 2022). La calidad proteica de la semilla de quinua está determinada por su contenido de aminoácidos esenciales. Esta especie contiene proteínas de alto valor biológico, comparables con las presentes en alimentos como el huevo o la leche, lo que la convierte en un recurso nutricional eficaz para enriquecer el perfil proteico de diversas preparaciones alimenticias. Las proteínas de la quinua, especialmente la albúmina de origen vegetal, desempeñan funciones clave en el crecimiento y desarrollo del organismo, así como la regulación de la temperatura corporal y el suministro de energía. Su valor nutricional radica en la equilibrada composición de aminoácidos esenciales, lo que le otorga una calidad superior en comparación con cereales como el trigo, el arroz y el maíz, situándola a la par con productos de origen animal como la carne, el huevo y la leche. Además, al ser una fuente vegetal de proteína de fácil digestión, la quinua puede integrarse a una dieta balanceada y en combinación con otros alimentos, contribuir a reemplazar adecuadamente productos de origen animal (Véliz & Campos, 2019).

El contenido proteico de la quinua varía entre 2 y 22 gramos/100 gramos de peso seco. Su perfil de aminoácidos esenciales es notablemente equilibrado y supera al de muchas legumbres, con niveles particularmente altos en lisina (5,1 – 6,4 %) y metionina (0,4 – 1 %). En cuanto al contenido de metionina y cisteína, la quinua presenta valores comparables a los de la cebada y la soja, aunque algo inferiores a los del trigo; sin embargo, contiene una mayor cantidad de histidina en comparación con los cereales mencionados. Las proteínas de la quinua también presentan niveles adecuados de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina y la tirosina, así como de otros aminoácidos esenciales como la histidina, isoleucina, treonina y valina, en proporciones que satisfacen los requerimientos nutricionales humanos. Comparativamente al analizar 100 g de quinua frente a la misma cantidad de trigo, la quinua ofrece casi cinco veces más lisina y más del doble de isoleucina, metionina, fenilalanina, treonina y valina. También aporta una gama más amplia de aminoácidos no esenciales que no están presentes en el trigo, como la prolina, el ácido aspártico, el ácido glutámico, la cisteína, la serina y la tirosina (Campos et al., 2022).

Carbohidrato

Los carbohidratos se generan mediante el proceso de fotosíntesis, mecanismo esencial en las plantas mediante el cual la energía solar se transforma en energía química, principalmente en forma de glucosa, esta glucosa puede posteriormente asociarse para formar compuestos como almidón, sacarosa y celulosa. En el caso de los pseudocereales, los carbohidratos se almacenan predominantemente en el perispermo (Mejía & Bravo, 2022).

La quinua se considera un alimento con alta densidad energética debido a su elevado contenido de carbohidratos, que alcanza aproximadamente 74 g/100 g de peso seco, de este total, entre el 50 % y 60 % corresponde a almidón, compuesto principalmente por amilopectina (80 %) y en menor proporción por amilosa (20 %). Además, contiene azúcares libres en una concentración promedio de 6,2 g /100 g de peso seco (Campos et al., 2022).

El almidón constituye el principal polisacárido de reserva presente en la quinua. Investigaciones han revelado que los gránulos de almidón en esta especie presentan una forma poligonal y un tamaño considerablemente menor ($< 3,0 \mu\text{m}$) en comparación con los gránulos esféricos que se encuentran en otros cereales

como el trigo (hasta 40 μm) o el maíz (hasta 23 μm). Esta particularidad morfológica representa una ventaja funcional, ya que se relaciona con una mayor temperatura de gelatinización y una viscosidad superior en comparación con otros granos (Mejía & Bravo, 2022). Estas propiedades confieren a la quinua un alto potencial de aplicación en la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de películas biodegradables y como aditivo funcional en productos que requieran resistencia a la retro degradación durante el procesamiento o almacenamiento (Chito et al., 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de estudio

Las muestras de semillas de quinua se colectaron de las diferentes provincias de la región de Ayacucho: La Mar, Huamanga, Cangallo, Vilcashuamán, Huanta, Huancasancos y Puquio.

Tabla 1. Lugares de procedencia y altitud en msnm de cultivares *Chenopodium quinoa* Willd., de la región de Ayacucho.

N°	Provincia	Lugar de procedencia	Altitud (msnm)
1	Huamanga	INIA – Huamanga	2 750
2	La Mar	Totora - Anchiuay	4 072
3	Huamanga	Chontaca - Acocro	3 499
4	Huancasancos	Pallcca - Sacsamarca	3 470
5	Lucanas	Puquio – Lucanas	3 975
6	Cangallo	Pampa Cangallo	3 321
7	Huamanga	Niño Jesús de Ñeque - Tambillo	2 713
8	Huanta	Curipata - Huamanguilla	3 631
9	Vilcashuamán	Churiacucho – Huambalpa	3 685
10	La Mar	Ccollpapampa – Anchiuay	3 476

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca”, de las diferentes provincias de la región de Ayacucho; Vilcashuamán, Huanta, Huamanga, Cangallo, La Mar, Huancasancos y Lucanas.

3.2.2. Muestras

El muestreo se realizó por conveniencia puesto que se necesitó semillas de buena calidad, la cantidad de semillas de quinua de la variedad blanca recolectadas, para las 3 repeticiones fue de 300 g de cada localidad de la región de Ayacucho; Vilcashuamán (Churiacucho), Huanta (Curipata), Huamanga (Jesús Nazareno de Chontaca, Niño Jesús de Ñeque e INIA), Cangallo (Pampa Cangallo), La Mar (Totor y Ccollpapampa), Huancasancos (Pallcca) y Lucanas (Puquio).

3.3. Metodología

3.3.1. Obtención de la muestra. Las muestras de quinua fueron recolectadas en bolsas herméticas de 1 000 g en la misma localidad (*in situ*) siendo cosechas con una antigüedad máxima de 1 año.

3.3.2. Traslado. Las muestras fueron trasladadas en un cooler hermético y limpio del lugar de colecta al laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.3.3. Limpieza de la quinua. Se realizó de manera manual para eliminar las impurezas presentes, tales como, piedrecillas, restos vegetales de la quinua, semillas defectuosas y otras semillas.

3.3.4. Molienda. Las semillas pesadas se sometieron a una molienda en un mortero de porcelana. Se usó aproximadamente 200 g de quinua precedentes de las diferentes zonas altitudinales de la región Ayacucho.

3.3.5. Determinación de grasa por el método Soxhlet (AOAC 920.39 - 945.38)

- Se pesó los balones y anotó los pesos con un marcador indeleble.

- Luego se pesó 5 g de semillas de quinua molida y se introdujo en un cartucho Soxhlet, asegurando con una torunda de algodón.
- Se colocó el cartucho conteniendo la muestra en el extractor del equipo de Soxhlet.
- Posteriormente se agregó 100 mL de N-Hexano en el balón y se empalmó al extractor o cuerpo.
- A continuación, se abrió el grifo para ciclar agua fría por el condensador y se conectó en el tomacorriente la cocinilla eléctrica.
- El solvente al llegar a su punto de ebullición 69 °C, empieza a evaporar y este al subir al condensador se enfría y gotea sobre la muestra. Una vez que se llene la cámara de extracción, el solvente se sifona de vuelta al balón por el brazo de recirculación de solvente, este proceso se repite muchas veces, hasta que el solvente cambie a un color amarillo.
- El proceso de extracción duró 2 horas, después del cual, se desconectó la cocinilla de modo que la mayor parte del solvente quede en el cuerpo del equipo.
- A continuación, se procede a la recuperación del solvente.
- En seguida el balón conteniendo la solución con grasa se secó en la estufa a 80 °C por 1 hora.
- Una vez frío se pesó el balón y anotó el peso para los cálculos correspondientes.

Cálculos de Grasa

$$\% \text{ Grasas} = \frac{B2 - B1}{p} * 100$$

Donde:

B1= peso del balón vacío

B2= peso del balón con grasa

p= peso de la muestra

3.3.6. Determinación de proteína por el método micro Kjeldahl (AOAC 992.15)

Digestión:

- Se pesó 0,1 g de quinua molida por triplicado, con ayuda de un embudo de papel, se colocó en el matraz de Kjeldahl.

- Posteriormente se agregó 4 mL de la solución digestora para mezclar con ligero giro.
- Luego se llevó los balones a la cámara de digestión. La temperatura debe oscilar entre 360 °C – 410 °C.
- Se observó que de inmediato la muestra se carbonizó y hubo desprendimiento de gases blancos de CO₂.
- Después de 3 horas se dio por terminada la digestión cuando la muestra estaba incoloro. Luego se retiró los balones de la fuente calorífica para llevar a temperatura ambiente.

Destilación por arrastre de vapor:

- Se calentó el destilador BUCHI K-350, hasta que el agua hierva por unos minutos en el condensador y salga vapor de agua.
- Simultáneamente se distribuyó 20 mL de solución de ácido bórico al 2% con el indicador Tashiro en matraces Erlenmeyer de 250 mL para posteriormente colocar en el extremo del tubo de salida del destilador.
- A continuación, se agregó H₂O destilada al balón de Kjeldahl conteniendo la muestra digestada, con el objetivo de arrastrar los restos de la digestión que quedaron en las paredes del balón.
- Luego se trasvasó la muestra al tubo del destilador, inmediatamente se añadió 20 mL de NaOH al 40%, observando cambio de color (terroso).
- En seguida se colocó el tubo de muestra en el destilador.
- La destilación culminó cuando hubo cambio de color de violeta a verde.

Titulación:

- El destilado se tituló con H₂SO₄ 0,025 N valorado hasta que la solución viró de un color verde a un color violeta.
- Se anotó el gasto de H₂SO₄ 0,025 N, para los cálculos.

Cálculos de proteínas

$$\%N = \frac{\text{mLH}_2\text{SO}_4 * N * 14 * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

$$\% \text{ Proteínas} = \% \text{ nitrógeno} * 6.26$$

Donde:

mL H₂SO₄ = volumen gastado

N = Normalidad del H₂SO₄

14 = peso atómico del nitrógeno

100= porcentaje por c/100g

3.3.7. Determinación de carbohidratos

El carbohidrato total en g/100 g de peso seco se determinó por diferencia. La proteína, grasa y ceniza también está en g/100 g de peso seco (Mejía & Bravo, 2022).

$$\begin{aligned} \text{Carbohidrato total } \left(\frac{g}{100g} \right) \\ = 100 - (\% \text{proteína} + \% \text{grasa} + \% \text{ceniza} + \% \text{humedad}) \end{aligned}$$

3.3.8. Pruebas complementarias

Determinación de humedad por método gravimétrico por desecación (AOAC 945.15)

- Se pesó y posteriormente se rotuló el peso de la luna de reloj en el borde del mismo.
- Se pesó 5 g de semillas de quinua molida.
- Se llevó a estufa a 105 °C durante 4 horas para la desecación.
- Después de las 4 horas se pesó para los cálculos.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{pérdida de peso (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} \times 100$$

Determinación de cenizas por método de incineración (AOAC 945.38)

- Se pesó 3 g de quinua molida
- Se transfirió la muestra a los crisoles previamente pesados y rotulados.
- En una cocina eléctrica se carbonizó las muestras contenidas en el crisol, con la ayuda de una pinza.

- Posterior a la carbonización se llevó a la mufla a 600 °C por 4 horas.
- En seguida se retiró los crisoles al desecador en el que permaneció por 10 min.
- Luego se pesó con precisión.

$$\% \text{ de cenizas totales} = \frac{\textit{gramos de ceniza}}{\textit{gramos de muestra}} \times 100$$

3.3.9. Análisis de datos

Los resultados de los ensayos se determinaron promediando las tres repeticiones y se expresó en porcentajes. Los datos se procesaron con el análisis de varianza (ANOVA) en el software R, habiendo diferencias significativas entre las variables independientes, seguidamente se procedió a determinar las diferencias con la prueba DUNCAN.

IV. RESULTADOS

Grupos homogéneos – prueba de Duncan

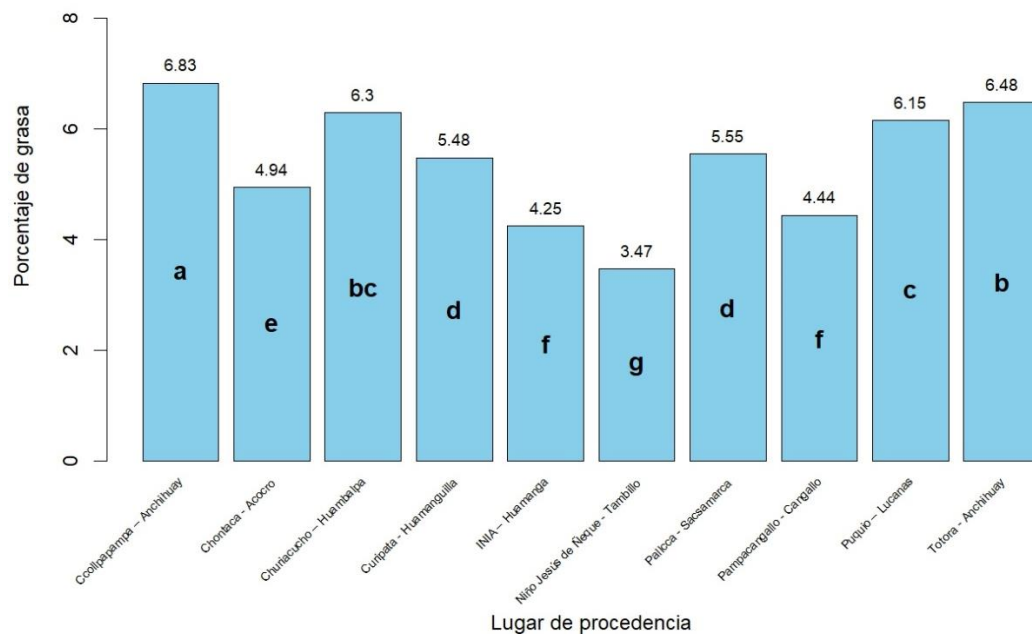


Figura 1. Comparación estadística mediante prueba de Duncan del porcentaje de grasa frente a los lugares de procedencia y las distintas altitudes (msnm) de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., donde las letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$).

Relación entre altitud y porcentaje de grasa

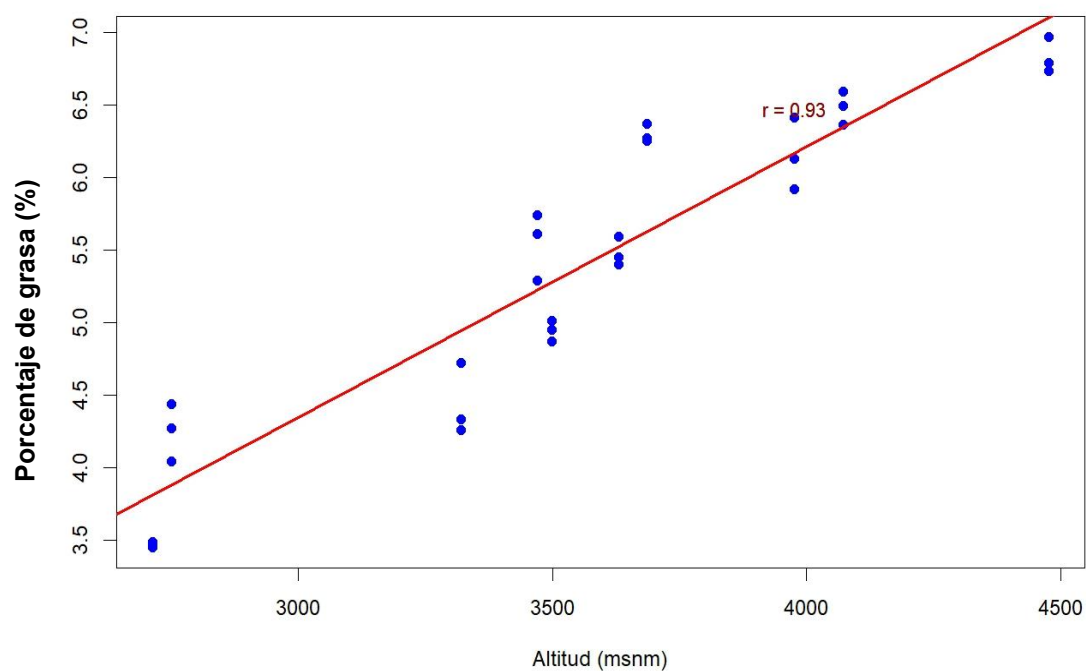


Figura 2. Correlación de coeficiente de Pearson con un valor de 0,93, relación positiva y fuerte entre el porcentaje de grasa (%) en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., y la altitud (msnm).

Grupos homogéneos- prueba de Duncan

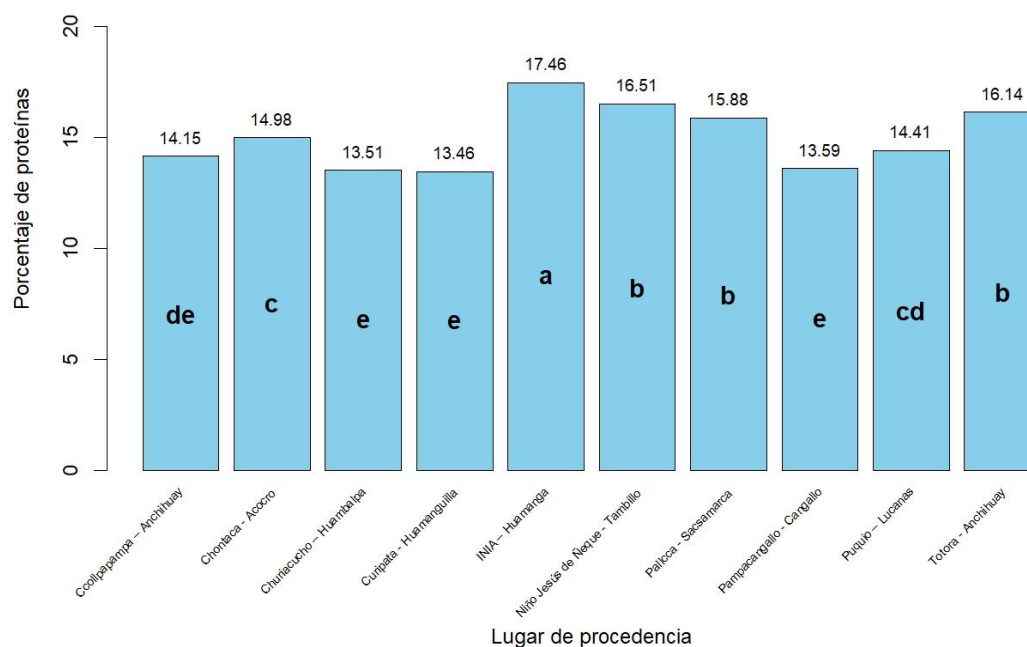


Figura 3. Comparación estadística mediante prueba de Duncan del porcentaje de proteínas frente a los lugares de procedencia de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., donde las letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$).

Relación entre altitud y porcentaje de proteínas

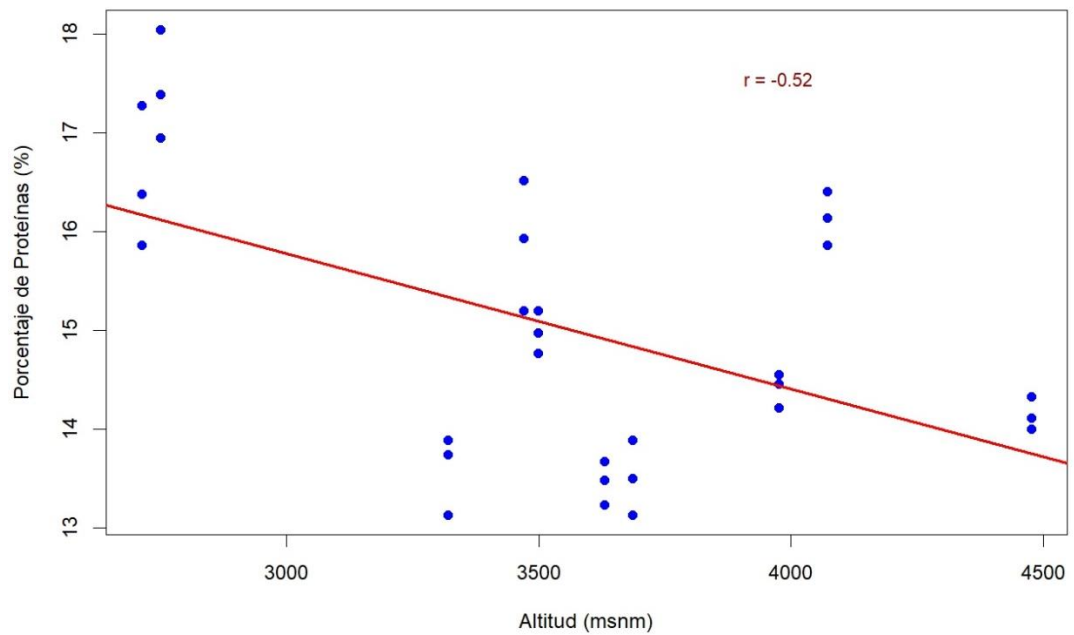


Figura 4. Correlación de coeficiente de Pearson con un valor de -0,52, relación negativa y débil entre el porcentaje de proteína (g%) de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., y la altitud (msnm).

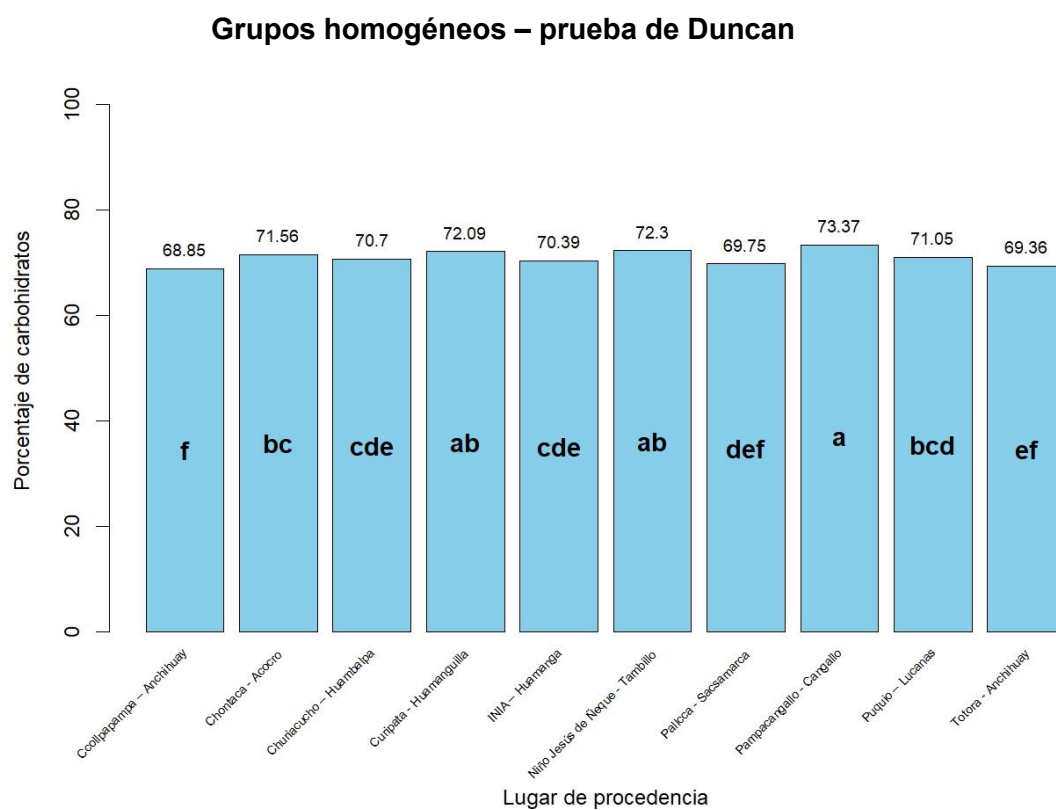


Figura 5. Comparación estadística mediante prueba de Duncan del porcentaje de carbohidratos frente a los lugares de procedencia de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., donde las letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$).

Relación entre altitud y porcentaje de carbohidratos

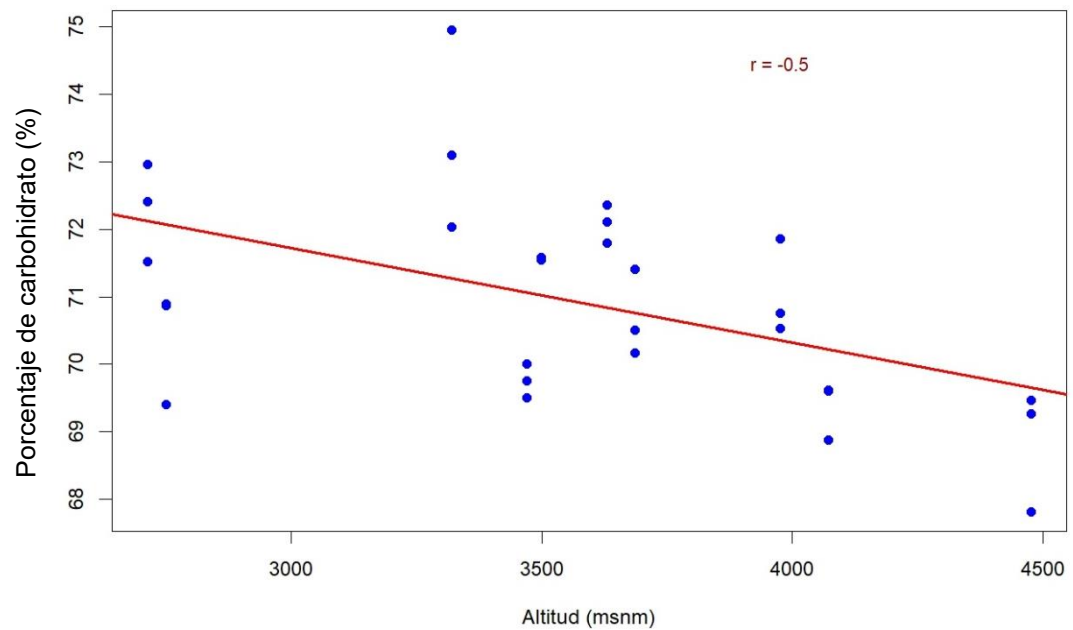


Figura 6. Correlación de coeficiente de Pearson con un valor de - 0,50, relación negativa y débil del porcentaje de carbohidratos (%) de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., frente a las distintas altitudes (msnm).

V. DISCUSIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), ha ganado reconocimiento mundial por su alto valor nutricional y su capacidad de adaptación a condiciones agroecológicas extremas. Entre sus características más destacadas se encuentra su contenido balanceado de proteínas, carbohidratos y lípidos. Diversos estudios han mostrado que factores ambientales como la altitud influyen significativamente en la biosíntesis y acumulación de metabolitos en las plantas. A pesar del creciente interés por la quinua, aún existe poca información de cómo la altitud afecta directamente la composición química de las semillas, este estudio busca evaluar el contenido de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., recolectadas a distintas altitudes con el fin de entender mejor su adaptabilidad.

Contenido de grasa en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal que incluye un contenido significativo de grasas saludables. Este estudio se centra en el análisis del porcentaje de grasa en diferentes variedades de quinua cultivadas en diversas localidades, utilizando un análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los grupos. El análisis realizado en RStudio mostró un valor de p de 5,79 en el ANOVA, indicando diferencias altamente significativas en el porcentaje de grasa de la quinua cultivada en diversas localidades de la Región de Ayacucho. Este resultado sugiere que la procedencia geográfica tiene un impacto considerable en la calidad nutricional de la quinua, específicamente en su contenido de grasa. Los resultados muestran que Ccollpapampa – Anchiuay presenta el mayor porcentaje de grasa (6,83%), mientras que Niño Jesús de Ñeque - Tambillo tiene el más bajo (3,47 %). Estos resultados sugieren que las muestras de quinua provenientes de Ccollpapampa y Totorá tienen los niveles

más altos de grasa, mientras que las muestras de Niño Jesús de Ñeque presentan el contenido más bajo, así como se muestra en el anexo 2.

Varios estudios han documentado la variabilidad en el contenido graso de la quinua, destacando que este puede variar significativamente según factores como la altitud, el tipo de suelo y las prácticas agrícolas empleadas (Alandia et al., 2020; Hinojosa et al., 2021). Por ejemplo, Alandia et al. (2020) observaron que la variabilidad morfoagronómica en la quinua está relacionada con su adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas, lo que puede influir en su composición nutricional. Además, investigaciones previas han demostrado que el contenido graso total en la quinua puede oscilar entre el 4 % y el 8 %, dependiendo del tipo y la variedad cultivada (Pathan & Siddiqui, 2022). Esto resalta la importancia de realizar estudios específicos sobre cada variedad y su entorno de cultivo para entender mejor sus características nutricionales.

El contenido graso en la quinua es predominantemente insaturado, lo que incluye ácidos grasos esenciales como omega-3 y omega-6, contribuyendo así a su perfil saludable (Stanschewski et al., 2021). La inclusión de quinua en la dieta puede ofrecer beneficios significativos para la salud cardiovascular y general, lo que la convierte en un alimento funcional atractivo.

En la figura 1 se muestra una comparación estadística proporcional por histogramas mediante prueba de Duncan del porcentaje de grasa en diferentes zonas geográficas altitudinales del cultivo de la quinua, se ha revelado diferencias significativas que pueden influir en su valor nutricional y funcionalidad como alimento. Estos hallazgos subrayan la necesidad de continuar investigando las variaciones en el contenido graso bajo diversas condiciones agrícolas y geográficas. Las letras asignadas en la columna "*groups*" indican grupos homogéneos. Si dos localidades tienen la misma letra o letras que se superponen, esto significa que no presentan diferencias significativas en su porcentaje de grasa. Por ejemplo: Ccollpapampa – Anchiuay (6,83 %) pertenece al *grupo a*, lo que indica que tiene el mayor porcentaje de grasa y es significativamente diferente de todos los demás lugares. Totorá - Anchiuay (6,48 %) pertenece al *grupo b*, lo que significa que es diferente del *grupo a*, pero puede solaparse con grupos más bajos. Churiacucho – Huambalpa (6,30 %) está en el grupo *bc*, indicando que no difiere significativamente de Totorá - Anchiuay (*b*) ni de Puquio – Lucanas (*c*), pero sí es diferente de localidades en los *grupos a* o *d*. Niño Jesús de Ñeque -

Tambillo (3,47 %) pertenece al *grupo g*, indicando que tiene el porcentaje de grasa más bajo y es significativamente diferente de los demás lugares.

. La variabilidad observada sugiere la necesidad de realizar estudios adicionales que analicen factores como el tipo de suelo, clima y prácticas agrícolas en relación con la composición nutricional (Alandia et al., 2020; Hinojosa et al., 2021). Esto podría ayudar a maximizar el potencial nutricional de la quinua cultivada en distintas regiones.

El coeficiente de correlación de Pearson de 0,93 presente en la figura 2 indica una correlación positiva muy fuerte entre la altitud y el porcentaje de grasa en las muestras de quinua analizadas. Este hallazgo sugiere que la altitud es un factor importante relacionado con el contenido de grasa en la quinua, lo que puede tener implicaciones significativas tanto para la agricultura como para la nutrición. Una correlación positiva tan alta implica que a medida que aumenta la altitud, también lo hace el porcentaje de grasa en las muestras de quinua. Este fenómeno puede explicarse por varios factores ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas en altitudes elevadas. Por ejemplo, la red de respuesta al estrés por frío en plantas empieza con la percepción de la señal, donde el estrés abiótico es “percibido” al modificarse las propiedades físicas de la membrana, mediante la composición de lípidos, principalmente de ácidos grasos (Correa, 2018). La tolerancia a heladas requiere de la regulación coordinada de varios genes, estos genes son conocidos como regulados por frío (*COR*), es activada por la disminución en la fluidez de la membrana celular, lo cual aumenta la síntesis de ácidos grasos insaturados en la membrana celular (Fernández, 2017), esto explicaría que, a mayor altitud, el contenido de grasa se incrementa.

La relación entre la altitud y el contenido graso en cultivos ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones. Por ejemplo, San Miguel (2011) destaca que los cultivos a gran altitud tienden a desarrollar características adaptativas que pueden incluir un aumento en el contenido de grasa como respuesta a las condiciones ambientales adversas.

Estos resultados tienen importantes implicaciones para los agricultores y productores de quinua. Comprender cómo la altitud afecta el contenido graso puede ayudar a optimizar las prácticas agrícolas y seleccionar variedades adecuadas para diferentes condiciones ambientales. Además, dado el creciente interés por alimentos ricos en grasas saludables, como los ácidos grasos omega-

3 y omega-6 presentes en la quinua, este conocimiento puede ser valioso para desarrollar productos alimenticios más nutritivos (Stanschewski et al., 2021).

Contenido de proteína en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd.

La quinua es considerada una excelente fuente de proteínas, con un contenido que varía entre 8 % y 22 % dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo (Escudero et al., 2014; FAO, 2013). En este estudio, los resultados muestran que las muestras analizadas presentan los siguientes porcentajes de proteínas: INIA – Huamanga 17,46 % y Niño Jesús de Ñeque – Tambillo 16,50 % son los que tienen mayor porcentaje y menor porcentaje el Curipata – Huamanguilla 13,46 %. Los valores obtenidos en este análisis son consistentes con estudios previos que han documentado el contenido proteico de la quinua. Por ejemplo, Nowak et al. (2016) reportaron un rango de proteínas entre 9,1 % a 15,7 %, mientras que Valdez-Arana et al. (2019) encontraron valores entre 17,42 % y 19,59 %. Estas variaciones pueden atribuirse a factores como la genética de las variedades, las condiciones climáticas y prácticas agrícolas (Miranda et al., 2011; Kuscu et al., 2014). Además, se ha demostrado que la calidad proteica de la quinua es superior a la de otros granos, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una opción ideal para dietas vegetarianas y veganas (Carrasco & Soto, 2010; FAO, 2011).

La alta calidad y el contenido proteico de la quinua tienen importantes implicaciones para la salud pública, especialmente en regiones donde las deficiencias nutricionales son comunes. La inclusión de quinua en la dieta puede ayudar a mejorar el estado nutricional general y contribuir a una alimentación más equilibrada (Stanschewski et al., 2021). Además, su perfil nutricional hace que sea un alimento funcional que puede ser utilizado en diversas aplicaciones alimentarias.

En la figura 3 se observa el análisis de varianza (ANOVA) realizado donde se muestra un valor de $p = 3,77$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de proteínas entre las muestras de quinua de diferentes localidades. Para identificar estas diferencias, se utilizó la prueba de Duncan, que permite clasificar las medias en grupos homogéneos.

Los resultados obtenidos se interpretan de la siguiente manera: INIA – Huamanga (17,46 %): Esta localidad tiene la media más alta y pertenece al *grupo a*, lo que indica que es significativamente diferente de todas las demás localidades. Este

hallazgo sugiere que INIA – Huamanga presenta condiciones óptimas para el cultivo de quinua, posiblemente debido a factores como la calidad del suelo y las prácticas agrícolas (Escudero et al., 2014).

Las localidades de Niño Jesús de Ñeque - Tambillo (16,51 %), Totorá - Anchohuay (16,14 %), y Pallca - Sacsamarca (15,88 %) están en el *grupo b*, que son significativamente similares entre sí, pero sí lo son respecto a INIA – Huamanga (*grupo a*) y las localidades en los *grupos c, d, y e*. Chontaca - Acocro (14,98 %): Pertenece al *grupo c*, lo que significa que su media es significativamente diferente de las localidades en los *grupos a y b*, pero no de los *grupos cd o de*. Esto sugiere que Chontaca - Acocro presenta un contenido proteico intermedio, lo que puede ser influenciado por variaciones en el clima o prácticas agrícolas específicas.

La localidad de Puquio – Lucanas presenta un valor de 14,41 % que forma parte del *grupo cd*, indicando que comparte similitudes con las localidades en los *grupos c y d*, pero es significativamente diferente de los *grupos extremos (a, b, y e)*. Este resultado resalta la importancia del contexto agroecológico en el rendimiento proteico.

Pampa Cangallo – Cangallo es una localidad que presenta un porcentaje porcentual de proteína de 13,59 %, Churiacucho – Huambalpa con un valor de 13,51 % y Curipata - Huamanguilla con un valor de 13,46 %: Estas localidades forman parte del *grupo e*, indicando que no son significativamente diferentes entre sí, pero sí lo son respecto a todos los demás grupos. Esto sugiere que estas áreas presentan un contenido proteico más bajo, posiblemente debido a condiciones menos favorables para el cultivo.

El análisis realizado ha revelado un coeficiente de correlación de Pearson de -0,51 mostrados en la figura 4, lo que indica una correlación negativa débil entre la altitud y el porcentaje de proteínas en las muestras de quinua. Este hallazgo sugiere que a medida que aumenta la altitud, el porcentaje de proteínas tiende a disminuir, es decir, a mayor altitud, menor es el contenido proteico en las muestras analizadas. A lo largo de los gradientes altitudinales, los niveles de nutrientes del suelo tienden a disminuir conforme aumenta la altitud. En altitudes superiores a los 3 000 msnm, se observa una reducción en el contenido de nitrógeno disponible, atribuida a una menor tasa de mineralización. Este fenómeno se debe principalmente a las bajas temperaturas y al incremento de la humedad del suelo, condiciones que limitan la actividad microbiana responsable de la transformación del nitrógeno en formas asimilables (nitrato y amonio) para las plantas (Murga- Orrillo et al., 2021). En este

contexto, la descomposición de los restos orgánicos de origen animal y vegetal en el suelo constituye un proceso predominantemente biológico, durante este proceso, el carbono es retornado a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, mientras que el nitrógeno es convertido en compuestos como nitrato y amonio. Asimismo, otros elementos esenciales como el fósforo, azufre y diversos micronutrientes son liberados en formas disponibles para su absorción por las plantas (Stevenson, 1982; citado en Sánchez et al., 2005).

Contenido de carbohidrato en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd.

El análisis realizado mediante ANOVA ha mostrado un valor de p de 5,81 lo que indica diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de carbohidratos entre las muestras de quinua provenientes de diferentes localidades. La prueba de Duncan permite clasificar estas medias en grupos homogéneos, facilitando la interpretación de los resultados como se muestra en la figura 5.

Los resultados obtenidos muestran que: Pampa Cangallo - Cangallo (73,37 %): Esta localidad tiene la media más alta y pertenece al *grupo a*, indicando que es significativamente diferente de todas las demás localidades. Este hallazgo sugiere que las condiciones agroecológicas en Pampa Cangallo son óptimas para la producción de quinua con alto contenido de carbohidratos, posiblemente debido a factores como la calidad del suelo y las prácticas agrícolas (Escudero et al., 2014). Niño Jesús de Ñeque - Tambillo (72,30 %) y Curipata - Huamanguilla (72,09 %): Ambas localidades están en el *grupo ab*. No son significativamente diferentes entre sí, pero sí lo son respecto a Pampa Cangallo (*grupo a*) y a las localidades en los *grupos bc* y *cde*. Chontaca - Acocro (71,56 %): Pertenece al *grupo bc*, lo que significa que su media es significativamente diferente de las localidades en los *grupos a* y *ab*, pero no necesariamente de los *grupos cd* o *de*. Esta variabilidad puede estar relacionada con diferencias en las condiciones climáticas o prácticas agrícolas específicas en Chontaca. Puquio – Lucanas (71,05 %): Forma parte del *grupo bcd*, indicando que comparte similitudes con las localidades en los *grupos bc* y *cd*, pero es significativamente diferente de los *grupos extremos (a, ab, y e)*. Este resultado resalta la importancia del contexto agroecológico en el rendimiento de carbohidratos. Ccollpapampa – Anchiuay (68,85 %): Pertenece al *grupo f*, lo que implica que no es significativamente diferente de los grupos cercanos (*de* o *e*) pero sí de los *grupos superiores (a, ab, y bc)*. Este resultado sugiere que Ccollpapampa podría beneficiarse de mejoras en las prácticas agrícolas para aumentar su rendimiento en carbohidratos.

Los valores obtenidos en este estudio son coincidentes con investigaciones anteriores que han documentado el contenido de carbohidratos en la quinua. Según Collazos (2019), el contenido promedio de carbohidratos en la quinua oscila entre 64 % y 74 %, lo cual se alinea con los resultados obtenidos aquí, donde se observan porcentajes similares. Además, Arzapalo et al. (2019) reportaron que las variedades negras y rojas presentaron mayores contenidos de carbohidratos, lo que sugiere una variabilidad significativa según la variedad cultivada.

La quinua es considerada un superalimento debido a su balance nutricional, aportando no solo carbohidratos sino también proteínas y grasas saludables (Gómez & Aguilar, 2016). Su alto contenido energético la convierte en una opción ideal para dietas activas y saludables. Además, su perfil aminoacídico completo complementa su valor nutricional, haciéndola especialmente valiosa para dietas veganas (FAO, 2011).

El análisis realizado ha revelado un coeficiente de correlación de Pearson de -0,50 indicando una correlación negativa débil entre la altitud y el porcentaje de carbohidratos en las muestras de quinua. Esto sugiere que a medida que aumenta la altitud, el porcentaje de carbohidratos tiende a disminuir. Una correlación negativa implica que existe una relación inversa entre la altitud y el contenido de carbohidratos en la quinua. Este fenómeno puede explicarse por varios factores relacionados con las condiciones ambientales en altitudes elevadas. La actividad fotosintética puede verse comprometida por la exposición a bajas temperaturas, especialmente cuando se presenta simultáneamente una alta intensidad lumínica (Restrepo et al, 2013).

Investigaciones anteriores han documentado variaciones significativas en el contenido de carbohidratos en diferentes accesiones de quinua cultivadas a distintas altitudes. Por ejemplo, se ha encontrado que las accesiones cultivadas a menor altitud presentan un mayor contenido de carbohidratos debido a condiciones más favorables para el crecimiento (Valdez-Arana et al., 2019). En contraste, las accesiones cultivadas a altitudes superiores tienden a mostrar una reducción en los niveles de carbohidratos, lo que es consistente con los resultados obtenidos en este análisis.

VI. CONCLUSIONES

1. El contenido promedio de grasa, proteínas y carbohidratos en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” de diez localidades de la región de Ayacucho, fueron de 5,39 %, 15,01 % y 70,94 % respectivamente.
2. El contenido de grasa en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” osciló en un rango de 3,47 a 6,83 %, proteínas de 13,46 a 17,46 % y carbohidratos de 68,85 a 73,37 %.
3. Al comparar los contenidos de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” de diez localidades de la región de Ayacucho, se demuestra que a más altitud el contenido de lípidos es mayor, mientras que el porcentaje de proteína y carbohidrato disminuye mínimamente.

VII. RECOMENDACIONES

1. En futuras investigaciones se recomienda realizar el perfil proteico, de grasa y de carbohidratos de las semillas de quinua de diferentes variedades, considerando los factores de altitud, el tipo de suelo, tipo de abono, entre otros factores.
2. Ampliar el estudio de más metabolitos frente a diferentes condiciones ambientales y geográficas, por ser un producto de gran valor nutricional en la región andina.
3. Trabajar con semillas de quinua cruda y cocida en la determinación de grasa, proteína y carbohidrato para ver si difiere o no.

VIII. REFERENCIAS

- Abellán, M. S., Barnuevo, M. D., García, C., Contreras, C. F., Aldeguer, M., Soto, F., Guillén, I., Luque, A. J., Quinde, F. J., Martínez, A., & López, F. J. (2017). Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutrición Hospitalaria*, 34(5).
- Agarwal, D., Kim, E. H. J., Feng, L., Wade, C., Moggré, G. J., Morgenstern, M. P., & Hedderley, D. I. (2023). Microstructure, rheological and water mobility behaviour of plant-based protein isolates (pea and quinoa) and locust bean gum mixtures. *Food Research International*, 164, 112311.
- Alandia, U., Hinojosa, L., & Stanschewski, M. (2020). Variabilidad morfoagronómica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en tierras altas andinas: Implicaciones para la seguridad alimentaria. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 12(3), 45-60.
- Anaya, R. B., Mamani, R. A., & Cóndor, R. (2019). Metabolitos primarios en cuatro accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd., en tres distritos de Ayacucho-Perú. *Revista Boliviana de Química*, 36(1). 17-25
- Antezana, R., & Quispe, J. A. (2017). *Rendimiento de siete cultivares de quinua grano blanco (Chenopodium quinoa Willd.)*. EEA Canaán-INIA, 2735 msnm. Ayacucho. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3353>
- Arzapalo, I., Lizarazo, J., & Salazar-Cirujano, R. (2019). Evaluación del contenido nutricional y funcional de accesiones nativas de quinua cultivadas en diferentes regiones del Perú. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 12(3), 45-60.
- Association of Official Analytical Chemists. (1984). Official Methods of Analysis. 18th ed. Gaithersburg, MD. (Estados Unidos). AOAC International.
- Azú Chong, L. L. (2023). *Análisis del rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willdenow) en el Ecuador* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023).

- Caballero, A., Maceda, W., Miranda, R., & Bosque, H. (2015). Rendimiento y contenido de proteína de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en cinco fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2(1), 68–75.
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinua (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.
- Carrasco, J., & Soto, C. (2010). Nutritional composition and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Science and Technology International*, 16(5), 421-426.
- Correa, M. C. (2018). *Búsqueda de genes asociados a la tolerancia de heladas a partir del análisis de genotecas de ADNc obtenidas por hibridación sustractiva por supresión (SSH) de la papa nativa Solanum juzepczuckii* (tesis de maestría). Universidad Peruana Cayetano Heredia. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/4342/Busqueda_a_CorreaGuerrero_Monica.pdf?sequence=1
- Ccoyllar-Quintanilla, K. P., Zaravia-Povis, A. F., Lozano-Povis, A. A., & Cornejo-Tueros, J. V. (2021). Vulnerabilidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ante eventos de estrés ambiental en las regiones altoandinas del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 589–597.
- Chito, D. M., Ortega, R. A., Ahumada, A. F., & Rosero, B. (2017). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) versus soja (*Glycine max*) en la nutrición humana: Revisión sobre las características agroecológicas, de composición y tecnológicas. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(2), 184–198.
- Collazos, A. (2019). Metabolitos primarios en cuatro accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd., *Revista Boliviana de Química*, 36(1), 1-10. <https://doi.org/10.15381/rbq.v36i1.16695>
- Cronquist, A. (1986). Botánica Básica. Ed. Cecsa, México. 1986 CUTLER, D.F. Applied plant anatomy. Longmans. Londres & New York. 1978.

- Cruz, J. A., Salazar, M., & Alvarado-Morales, M. A. (2021). Evaluación nutricional y funcional de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en la zona andina del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 28(1), 15-25.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Escudero, N., Gonzáles, A., Wells, M., Fischer, S., & Hernández, J. (2014). Evaluación nutricional y funcional de accesiones de quinua provenientes de la sierra del Cuzco. *Revista Peruana de Biología*, 21(1), 15-24.
- Espinoza, E. A., & Espinoza, F. (2016). *Adaptación al cambio climático del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en los Andes del Perú* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/8722>
- Espinoza, L. R. (2017). *Análisis transcriptómico de la respuesta a heladas en papas nativas*. (tesis de maestría) Universidad Peruana Cayetano Heredia. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/1037/Analisis_EspinozaKou_Mey-Ling.pdf?sequence=3
- Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. (2013). La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Documento presentado por el Estado Plurinacional de Bolivia en la 37ª Conferencia de la FAO para proponer la declaración del “Año Internacional de la Quinua”. FAO.
- Franco-Aguilar, A., Arias-Giraldo, S., Anaya-García, S. L., & Muñoz-Quintero, D. (2021). Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*): un pseudocereal andino funcional. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 27(3).
- García, D. H. (2016). *Caracterización de algunos metabolitos primarios y secundarios en dos variedades comerciales de lúcuma (Pouteria lucuma)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gómez, J., & Aguilar, J. A. (2016). Nutritional composition and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Science and Technology International*, 16(5), 421-426.
- González Quiroga, C. A. (2019). Cambios de altitud modifican la producción de proteínas. Agencia UNAL. Recuperado de <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/cambios-de-altitud-modifican-la-produccion-de-proteinas>
- González-García, S., Esteve-Llorens, X., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of The Total Environment*, 644, 77-94.
- Guillén, M. V. L. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. *Obtenido de http://www.uv.es: http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf*. 34p.09
- Gupta, A., Sharma, S., & Reddy-Surasani, V. K. (2021). Quinoa protein isolate supplemented pasta: Nutritional, physical, textural and morphological characterization. *LWT – Food Science and Technology*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110045>
- Gutierrez, L. (2024). *Contenido lipídico de semillas de Chenopodium quinoa* Willd., *de diferentes altitudes de la región de Ayacucho 2022* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6527>.
- Hernández, J. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 26(3), 304–312.
- Hernández, J. (2019). Composición química proximal y propiedades funcionales del grano de quinua: Una revisión crítica. *Journal of Food Composition and Analysis*, 80, 43-50.
- Hernández, J., Alvarado-Morales, M. A., & Valdez-Arana, J. (2020). Nutritional quality of quinoa: A review of its protein content and amino acid profile. *Journal of Food Science*, 85(1), 123-130.

- Hinojosa, L., Alandia, U., & Pathan, S. (2021). Caracterización morfológica y agronómica de accesiones nativas de quinua en Ecuador. *Journal of Agricultural Science*, 13(2), 123-134.
- Jiménez, G. S., Ducoing, H. P., & Sosa, M. R. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*, 21(3), 355-363.
- Ku, P., & Mejía, G. (2019). *Análisis de las tendencias del consumo de la quinua y exportación al mercado de los Estados Unidos* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11823/Ku_s_p.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kuscu, H., Turhan, K., Ozmen, N., Aydinol, M., & Demir, Y. (2014). Effect of nitrogen fertilization on the yield and quality of quinoa seeds in different locations of Turkey. *Journal of Agricultural Science*, 6(2), 225-233.
- Llopis Pérez, J. (2013). Test de Duncan. Recuperado de <https://jllopisperez.com/2013/01/28/test-de-duncan/>
- Lustre Sánchez, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista digital universitaria*, 23(2), 3-6.
- Martínez, J. (2013). Nutritional aspects of quinoa: A review of its nutritional composition and health benefits. *Nutrients*, 5(11), 4740-4752.
- Mejía, G. T., & Bravo, M. M. (2022). *Determinación del poder calorífico superior correlacionado con el contenido de proteína, grasa y carbohidrato de tres pseudocereales andinos: quinua (Chenopodium quinoa Willd.), cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen.) y kiwicha (Amaranthus caudatus L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18144>
- Meuleman, B., & Heiser, W. J. (2004). A comparison of multiple comparison tests for the analysis of variance in the presence of unequal variances and sample sizes. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 74(2), 115-130.

- Meza, R. E. (2023). Lípidos: más que Grasa en el Cuerpo. *Revista Institucional Tiempos Nuevos*, 28(30), 30-41.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). La quinua: producción y comercio del Perú. Boletín Perfil Técnico N°2, 1–8. <http://quinua.pe/la-quinua-produccion-y-comercio-del-peru/>
- Miramontes, M. M., & Maña, I. (2016). La vida en altura como factor de riesgo que predispone la elección de la alimentación rica en carbohidratos: Efectos en la DM II. *Revista Nutrición*, 33(2), 1-10.
- Miranda, M., Aravena, C., & Lillo, J. (2011). Evaluación del contenido proteico en quinuas cultivadas en diferentes zonas agroclimáticas del sur de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 38(2), 120-125.
- Miranda, R., Caballero, A., Cadena, F., & Bosque, H. (2017). Salinidad y el cultivo de la quinua-una breve revisión bibliográfica. *Apthapi*, 3, 87.
- Mujica, A. (1997). Cultivo de quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima-Perú. Serie Manual RI N° 11.
- Murga-Orrillo, H., Coronado-Jorge, M. F., Abanto-Rodríguez, C., & Almeida-Lobo, F. D. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y bosques*, 27(3).
- Nowak, V., Du, B., & Charrondiére, U.R. (2016). Food composition data: A key tool for food security and nutrition policies in the context of the Sustainable Development Goals (SDGs). *Food Security*, 8(3), 439-453.
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura & Universidad Nacional Agraria La Molina. (2016). (L. Gómez & E. Aguilar (eds.); 2da edición). Programa de investigación y proyección social de Cereales y Granos Nativos. Facultad de Agronomía. www.fao.org/publications/es
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Valor nutricional: Quinoa - Año Internacional de la Quinoa. Recuperado de https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1

- Pachari, E., Alca, J. J., Rondón, G., Callejas, N., & Jachmanián, I. (2019). Comparison of the lipid profile and tocopherol content of four Peruvian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars ('Amarilla de Marangani', 'Blanca de Juli', INIA 415 'Roja Pasankalla', INIA 420 'Negra Collana') during germination. *Journal of Cereal Science*, 88(2019), 132–137.
- Padrón, C. A., Oropeza, R. A., & Montes, A. I. (2014). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2), 166–218.
- Pantoja-Tirado, L., Prieto-Rosales, G., & Aguirre, E. (2020). Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización. *Tayacaja*, 3(1), 76–83.
- Pathan, S., & Siddiqui, M. Y. (2022). Nutritional composition and health benefits of quinoa: A review. *Food Science and Nutrition*, 10(4), 1258-1270.
- Petkus, D. L., et al. (2017). The impact of altitude on iron metabolism and erythropoiesis in athletes: Implications for performance at high altitude training camps. *Journal of Sports Medicine*, 47(2), 123-130.
- Peralta, E. (1985). La quinua. Un gran alimento y su utilización. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Divulgativo N°175. Estación Experimental "Santa Catalina". Ecuador.
- Pérez-Urria Carril, E., & Ávalos García, A. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Fisiología vegetal*, 2(3), 119-145.
- Ponce de León, P., & Valdez-Arana, J. (2021). Evaluación nutricional y funcional de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en la zona andina del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 12(1).
- Poma, A. C. M. M., & Flores, A. B. (2018). Evaluación del comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con aplicación localizada con diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto: Ana Cinthia Monica Medrano Poma, Alejandro Bonifacio Flores. *Apthapi*, 4(2), 1139-1153.

- Repo-Carrasco-Valencia, R., et al. (2003). Nutritional composition of quinoa seeds and its potential use in food products: A review of recent findings. *Journal of Food Science*, 68(2), 123-130.
- Restrepo, H., Gómez, M. I., Garzón, A., Manrique, L., Alzate, F., López, J., & Rodríguez, A. (2013). Respuesta bioquímica de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes condiciones de temperaturas nocturnas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 252-262.
- Rivas, V. (2022). *Interacción genotipo x ambiente en la calidad de semillas en quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/64256>
- Rodriguez, Y. C., Coral, K. A., & Menacho, L. M. P. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.
- Romaní-Morón, M. J., & Valdez-Arana, J. (2019). Effect of habitat change on the nutritional and functional characteristics of 16 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.,) accessions cultivated in the Peruvian Coast. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 293–302.
- Salas, J., Torres, B., Linares, Y., & Pérez, M. (2021). Comparative Study of the Physicochemical and Structural Characteristics of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.,) from Different Origins. *Ciencia En Revolución*, 7(22), 113–120.
- San Miguel, J. (2011). Estudio sobre el crecimiento a gran altitud: Implicaciones para la salud pública y nutrición. En *Actas del Simposio Internacional sobre Salud Pública* (pp. 55-67). Organización Panamericana de la Salud.
- Sánchez, B., Ruiz, M., & Ríos, M. M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agronomía tropical*, 55(4), 507-534.
- Stanschewski, M., Hinojosa, L., & Alandia, U. (2021). Impact of agricultural practices on the nutritional quality of quinoa: A review of recent findings. *Nutrients*, 13(5), 1523-1540.

- Valdez-Arana, J., Salazar-Cirujano, R., & Alvarado-Morales, M.A. (2019). Nutritional evaluation of quinoa grain grown in different altitudes in Peru: Implications for food security and nutrition policies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 80, 43-50.
- Valenzuela, C. J. (2019). *Obtención de extractos proteicos por el punto isoeléctrico y composición de aminoácidos de dos variedades de Chenopodium quinoa Willd., CICA 17 y CICA 18* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4344>
- Véliz, D. V., & Campos, K. R. (2019). *Efecto del nitrógeno en el contenido de proteína y saponina en quinua (Chenopodium quinoa Willd.), adaptada en la zona norte de la provincia de Los Ríos*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3820>

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Constancia de identificación de muestras vegetales de quinua.

CONSTANCIA

LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:

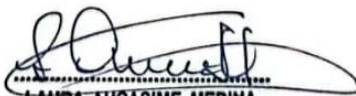
Que la Bachiller en ciencias biológicas, Srta. Mahli Esther, PALOMINO JANAMPA, ha solicitado la identificación de muestras vegetales para trabajo de tesis.

Dichas muestras han sido determinadas según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988. Siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	CARYOPHYLLIDAE
ORDEN	:	CARYOPHYLLALES
FAMILIA	:	CHENOPODIACEAE
GENERO	:	Chenopodium
ESPECIE	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd
N.V.	:	"quinua"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 28 de junio del 2023


LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

ANEXO 2. Porcentaje de grasa de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., por lugar de procedencia.

Lugar de procedencia	muestra 1 (% grasas)	muestra 2 (% grasas)	muestra 3 (% grasas)	prome dio (%)
INIA – Huamanga	4,04	4,27	4,44	4,25
Totora - Anchohuay	6,49	6,59	6,36	6,48
Chontaca - Acocro	4,87	5,01	4,95	4,94
Pallcca- Sacsamarca	5,29	5,61	5,74	5,55
Puquio – Lucanas	6,13	5,92	6,41	6,15
Pampa Cangallo - Cangallo	4,33	4,26	4,72	4,44
Niño Jesús de Ñeque	3,46	3,49	3,45	3,47
Curipata - Huamanguilla	5,59	5,4	5,45	5,48
Churiacucho – Huambalpa	6,27	6,25	6,37	6,30
Ccollpapampa – Anchohuay	6,79	6,73	6,97	6,83
Promedio general				5,39

ANEXO 3. Porcentaje de proteínas de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., por lugar de procedencia.

Lugar de procedencia	muestra 1 (% de proteína)	muestra 2 (% de proteína)	muestra 3 (% de proteína)	prome dio (%)
INIA – Huamanga	16,95	17,39	18,05	17,46
Totora - Anchohuay	15,86	16,41	16,14	16,14
Chontaca - Acocro	15,20	14,98	14,77	14,98
Pallcca- Sacsamarca	16,52	15,20	15,93	15,88
Puquio – Lucanas	14,55	14,22	14,46	14,41
Pampa Cangallo - Cangallo	13,89	13,13	13,74	13,58
Niño Jesús de Ñeque	17,28	15,86	16,38	16,51
Curipata - Huamanguilla	13,23	13,67	13,48	13,46
Churiacucho – Huambalpa	13,89	13,13	13,50	13,50
Ccollpapampa – Anchohuay	14,33	14,00	14,11	14,15
Promedio general				15,01

ANEXO 4. Porcentaje de humedad de *Chenopodium quinoa* Willd., por lugar de procedencia.

Lugar de procedencia	muestra 1	muestra 2	muestra 3	promedio
	(% humedad)	(% humedad)	(% humedad)	(%)
INIA – Huamanga	5,49	4,93	5,56	5,33
Totora - Anchohuay	5,84	6,19	5,84	5,96
Chontaca - Acocro	5,67	5,80	5,99	5,82
Pallcca- Sacsamarca	5,73	5,80	5,23	5,59
Puquio – Lucanas	6,45	5,90	6,48	6,28
Pampa Cangallo - Cangallo	5,88	5,84	5,86	5,86
Niño Jesús de Ñeque	5,30	5,29	5,30	5,30
Curipata - Huamanguilla	5,51	5,62	5,55	5,56
Churiacucho – Huambalpa	6,81	6,42	6,81	6,68
Ccollpapampa – Anchohuay	7,05	7,05	7,57	7,22
promedio general				5,96

ANEXO 5. Porcentaje de cenizas de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., por lugar de procedencia.

Lugar de procedencia	muestra 1	muestra 2	muestra 3	promedio
	(% cenizas)	(% cenizas)	(% cenizas)	(%)
INIA – Huamanga	2,65	2,51	2,55	2,57
Totora - Anchohuay	2,21	1,94	2,05	2,07
Chontaca - Acocro	2,68	2,66	2,75	2,69
Pallcca- Sacsamarca	2,96	3,64	3,09	3,23
Puquio – Lucanas	2,11	2,10	2,12	2,11
Pampa Cangallo - Cangallo	2,94	3,67	3,64	3,41
Niño Jesús de Ñeque	2,44	2,40	2,46	2,43
Curipata - Huamanguilla	3,88	3,20	3,16	3,41
Churiacucho – Huambalpa	2,86	2,79	2,81	2,82
Ccollpapampa – Anchohuay	2,56	2,75	3,54	2,95
Promedio general				2,77

ANEXO 6. Porcentaje de carbohidratos de *Chenopodium quinoa* Willd., por lugar de procedencia.

Lugar de procedencia	muestra 1 (% carbohidra tos)	muestra 2 (% carbohidra tos)	muestra 3 (% carbohidra tos)	prome dio (%)
INIA – Huamanga	70,87	70,90	69,40	70,39
Totora - Anchiuay	69,60	68,87	69,61	69,36
Chontaca - Acocro	71,58	71,55	71,54	71,56
Pallcca- Sacsamarca	69,50	69,75	70,01	69,75
Puquio – Lucanas	70,76	71,86	70,53	71,05
Pampa Cangallo - Cangallo	74,96	73,10	72,04	73,37
Niño Jesús de Ñeque - Tambillo	71,52	72,96	72,41	72,30
Curipata - Huamanguilla	71,79	72,11	72,36	72,09
Churiacucho – Huambalpa	70,17	71,41	70,51	70,70
Collpapampa - Anchiuay	69,27	69,47	67,81	68,85
Promedio general				70,94

ANEXO 7. Contenido promedio de grasa, proteína, carbohidrato, humedad y ceniza de *Chenopodium quinoa* Willd., procedentes de diez localidades de la región de Ayacucho.

	grasa (%)	proteína (%)	carbohidratos (%)	humedad (%)	cenizas (%)
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	5,39	15,01	70,94	5,96	2,67

ANEXO 8. Semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “quinua” de diferentes localidades de la región de Ayacucho.



Tesista en cosecha de *Chenopodium quinoa* Willd., en Pampacangallo.



Semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., de diferentes localidades de la región de Ayacucho.



Tesista escogiendo las impurezas de las semillas.



Semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., seleccionadas.

ANEXO 9. Procedimiento para la determinación de grasa (método de Soxhlet).



Peso de los balones vacíos antes de empezar con la extracción de grasa.



Se pesó 5 g de quinua molida y se vació al cartucho Soxhlet



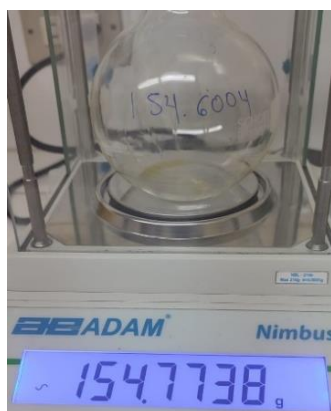
Se vertió 100 mL de N-hexano a la cámara de extracción del equipo Soxhlet



Secado de los balones en la estufa a 80 °C por 1 hora.



Sifonamiento del solvente N- hexano.



Se pesó los balones con grasa.

ANEXO 10. Procedimiento para la determinación de proteína (método de micro Kjeldahl).



Pesar 0,1 g de quinua molida y colocar en el balón de Kjeldahl.



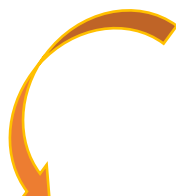
Agregar 4 mL de solución digestora.



Después de 3 horas concluyó la digestión.



Llevar los balones a la cámara de digestión por 3 horas a 410°C.



Se añadió agua destilada a la muestra digestada.



Se trasvasó la muestra al tubo del destilador y se adicionó 20 mL de NaOH al 40 %.





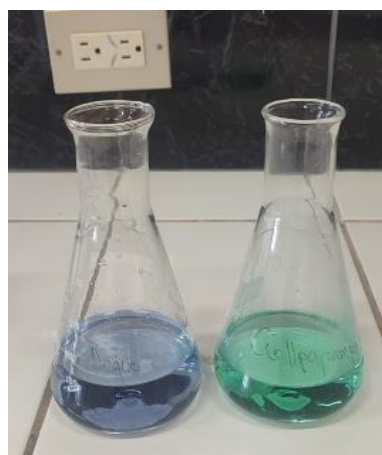
La destilación culminó al observar cambio de color de violeta a verde.



Se destiló utilizando la solución de ácido bórico al 2% como absorbente.



Titulación con H_2SO_4 al 0,025 N.



La titulación culmina con el cambio de color verde a violeta.

ANEXO 11. Cuadro comparativo del porcentaje del contenido de grasa, proteína y carbohidrato de la quinua con los cereales de mayor consumo en la dieta diaria (FAO, 2013).

Cereales convencionales	Lípidos /100 g de peso seco	Proteínas /100 g de peso seco	Carbohidratos / 100 g de peso seco
	(%)	(%)	(%)
Arroz	2,8	7,5	72
Avena	6,9	13	56
Maíz	4,7	9,5	70
Trigo	1,7	12	63
Quinua	5,8	16	68

ANEXO 12. Matriz de consistencia

Contenido de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., “accesión blanca” de la región de Ayacucho 2023

Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
¿Existirá variación en el contenido de metabolitos primarios en semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “accesión blanca” de diez localidades de la región de Ayacucho?	O. GENERAL Evaluar el contenido de metabolitos primarios (grasa, proteína y carbohidratos), en semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “accesión blanca” de diez localidades de la región de Ayacucho.	Antecedentes • Internacional • Nacional • Locales		V. PRINCIPAL Semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Población muestral Semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “accesión blanca” de la región de Ayacucho 2023.
	O. ESPECÍFICO • Cuantificar el contenido de grasa, proteína, carbohidratos de las semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “accesión blanca” de diez localidades de la región de Ayacucho. • Comparar el contenido de metabolitos primarios en semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “accesión blanca” de diez localidades de la región de Ayacucho.	Marco conceptual • La quinua • Metabolitos primarios Bases teóricas • La quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) • Aspectos generales de la especie <i>Chenopodium quinoa</i>. – Clasificación taxonómica. – Descripción botánica y morfológica. – Distribución geográfica – Requisitos climáticos – Requisitos nutricionales del suelo • Metabolitos primarios – Grasa en quinua – Proteína en quinua – Carbohidratos en quinua.	Existe variación en el contenido de metabolitos primarios en semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., “accesión blanca” provenientes de diez localidades de la región de Ayacucho.	Indicadores • Centro poblado Curipata • Centro poblado Churiacucho • Centro poblado Niño Jesús de Ñeque • Centro poblado Jesús Nazareno de Chontaca. • Centro poblado Totorá • Centro poblado Ccollpapampa • Comunidad campesina Pallcca • Distrito Pampa-Cangallo • Distrito Puquio • Instituto Nacional de Investigación Agraria. V. SECUNDARIA Metabolitos primarios de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Tipo y diseño de investigación Descriptiva- básica Metodología • Obtención de muestra. • Traslado de muestra. • Limpieza de impurezas de la muestra. • Preparación de la muestra. • Molienda de la muestra. • Determinación de grasa (AOAC 920.039). • Determinación de proteína (AOAC 948.13) • Determinación de cenizas (AOAC 942.05). • Determinación de humedad (AOAC 930.15). • Determinación de carbohidratos por diferencia. Análisis de datos Los datos se procesarán con el análisis de varianza (ANOVA) en el software R, seguidamente se determina las diferencias con la prueba DUNCAN.

**UNSCH****FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

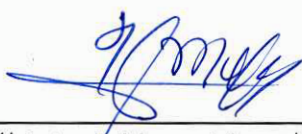
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Mahli Esther PALOMINO JANAMPA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 189-2025-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día viernes veinte de junio del año dos mil veinticinco; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio del Centro Cultural de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente encargado el Dr. Jesús De La Cruz Arango N° 121-2025-UNSCH-FCB con diecinueve de junio del año dos mil veinticinco, el Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi (miembro - jurado), el Dr. Edwin Carlos Enciso Roca (miembro - jurado), la Dra. Roberta Brita Anaya González (miembro - asesor), actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel Moscoso García; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **Contenido de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd "accesión blanca" de la región de Ayacucho 2023**, presentado por la **Bach. Mahli Esther PALOMINO JANAMPA**; 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 a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en 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 a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio del Centro Cultural 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
Dr. Edwin Carlos Enciso Roca	17	17	17
PROMEDIO			17

La sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público al Auditorio del Centro Cultural 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 seis con veinte minutos; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Jesús De La Cruz Arango
Presidente
Miembro - jurado


Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi
Miembro - jurado


Dr. Edwin Carlos Enciso Roca
Miembro - jurado


Dra. Roberta Brita Anaya González
Miembro - asesor


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 036-2025-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: **Contenido de metabolitos primarios en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd "accesión blanca" de la región de Ayacucho 2023**, por MAHLI ESTHER PALOMINO JANAMPA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 18%, 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 Nº 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, 23 de julio de 2025.


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

Contenido de metabolitos primarios en semillas de Chenopodium quinoa Willd “accesión blanca” de la región de Ayacucho 2023

por MAHLI ESTHER PALOMINO JANAMPA

Fecha de entrega: 22-jul-2025 04:15p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2719150048

Nombre del archivo: PALOMINO_JANAMPA-_Mahli-_pregrado-2025_TURNITIN.pdf (780.35K)

Total de palabras: 10332

Total de caracteres: 55612

Contenido de metabolitos primarios en semillas de Chenopodium quinoa Willd "accesión blanca" de la región de Ayacucho 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	1%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uaaam.mx Fuente de Internet	1%
7	www.bolivianchemistryjournal.org Fuente de Internet	1%
8	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	doaj.org Fuente de Internet	1%

11	Fuente de Internet	1 %
12	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
13	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
14	ojs.agro.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
15	www.sciencegate.app Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
17	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
18	riiarn.agro.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
19	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo