

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Bioquímica y Farmacia

Análisis de la composición de la quinua cruda, cocida y tostada

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Bioquímico
Farmacéutico


Autores:

Liliana Elizabeth Mejía Quizhpi

Cristina Raquel Pillajo Pérez

Director:

Silvia Johana Ortiz Ulloa

ORCID:  0000-0002-7171-7135

Cuenca, Ecuador

2025-09-03

Resumen

La quinua es un pseudocereal considerado un superalimento por su alto contenido nutricional y compuestos bioactivos. El objetivo de este trabajo de titulación fue evaluar la composición nutricional de la quinua expendida en la ciudad de Cuenca cruda, cocida y tostada. Se recolectaron muestras de quinua cruda de diferentes lugares de expendio siguiendo un muestreo aleatorio. Se preparó una muestra compuesta y, a partir de ésta, se tomó una parte para someterla a cocción en agua y otra parte para someterla a un proceso de tostado, ambos a nivel de laboratorio. En los tres tipos de muestras de quinua se determinó la composición proximal (carbohidratos totales, lípidos totales, proteínas totales, humedad y cenizas) por triplicado. Además, se determinó la composición de los minerales por Plasma Inductivo Acoplado a Plasma (ICP-OES). Los resultados obtenidos evidenciaron que la quinua cocida presentó los valores más bajos en el contenido de cenizas (0,5%), grasas (1,9%) y proteínas (4,7%), mientras que la humedad se incrementó de 12,0 a 78,6% por absorción del agua de cocción produciendo pérdida de minerales por lixiviación. En la quinua tostada aumentó el contenido de minerales, siendo el Ca el que presentó el mayor incremento (1.3 veces). En conclusión, la composición de la quinua puede verse afectada por el proceso de cocción, mientras que en el tostado presenta un ligero incremento de proteínas, carbohidratos, y minerales por el secado del grano, por lo que esta presentación es la más recomendada para la dieta diaria.

Palabras clave del autor: composición nutricional, quinua, minerales, macronutrientes



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Quinoa is a pseudocereal considered a superfood due to its high nutritional content and bioactive compounds. The objective of this undergraduate thesis was to evaluate the nutritional composition of quinoa sold in the city of Cuenca in its raw, cooked, and toasted forms. Samples of raw quinoa were collected from different points of sale following a random sampling method. A composite sample was prepared, and from this, a portion was taken to be subjected to cooking in water and another to a toasting process, both at a laboratory level. In the three types of quinoa samples, the proximate composition (total carbohydrates, total lipids, total proteins, moisture, and ash) was determined in triplicate. Additionally, the mineral composition was determined by Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The results obtained showed that cooked quinoa presented the lowest values in ash content (0.5%), fats (1.9%), and proteins (4.7%), while moisture increased from 12.0 to 78.6% due to the absorption of cooking water, causing a loss of minerals by leaching. In toasted quinoa, the mineral content increased, with Ca showing the highest increment (1.3 times). In conclusion, the composition of quinoa can be affected by the cooking process, while in the toasted form it presents a slight increase in proteins, carbohydrates, and minerals due to the drying of the grain, which is why this preparation is the most recommended for a daily diet.

Author Keywords: nutritional composition, quinoa, minerals, macronutrients



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Introducción	10
I. Marco Teórico.....	11
1.1. Generalidades de la quinua	11
1.2. Composición nutricional de la quinua.....	11
1.2.1. Composición proteica	12
1.2.2. Composición de carbohidratos.....	13
1.2.3. Fibra.....	13
1.2.4. Lípidos.....	13
1.2.5. Minerales.....	14
1.2.6. Vitaminas.....	14
1.2.7. Compuestos bioactivos	15
1.2.8. Factores antinutricionales.....	15
1.3. Variedades de quinua en Ecuador.....	16
1.4. Consumo.....	17
1.5. Factores de ganancia y/o pérdida de nutrientes	18
1.5.1. Factor de rendimiento (YF)	18
1.5.2. Factor de retención de nutrientes (RF).....	19
II. Metodología	21
2.1. Tipo de diseño de investigación	21
2.2. Plan de muestreo	21
2.3. Pretratamiento de la muestra	21
2.4. Métodos de análisis	21
2.4.1. Determinación de Humedad y Materia Seca (LAN, 2010)	21
Fundamento	22
Procedimiento	22
Cálculos	22
2.4.2. Determinación de Cenizas (LAN, 2010).....	22
Fundamento	23
Procedimiento	23
2.4.3. Determinación de Proteínas totales (LAN, 2010).....	23
2.4.4. Determinación de Grasas totales (LAN, 2010).....	26
Fundamento	26
2.4.5. Determinación del contenido de Carbohidratos totales por diferencia (LAN, 2010)	27
2.4.6. Contenido mineral.....	27
2.5. Análisis de datos	28
III. Resultados Y Discusión	29
3.1. Composición proximal de la quinua cruda, cocida y tostada.....	29

3.2. Composición de minerales de la quinua cruda, cocida y tostada.....	30
3.2. Factores de retención y pérdida de nutrientes en quinua cruda, cocida y tostada	32
IV. Conclusiones Y Recomendaciones	34
4.1. Conclusiones	34
4.2. Recomendaciones.....	34
Referencias.....	35
Anexos	40
Anexo A. Descripción de los lugares de muestreo de quinua	40
Anexo B. Ubicación de los lugares de muestreo de quinua en la ciudad de Cuenca. 41	41
Anexo C. Formación de muestras compuestas de quinua y método de cuarteo	41
Anexo D. Estandarización de método de cocción	42
Anexo E. Determinación de humedad.....	43
Anexo F. Determinación de cenizas.....	43
Anexo G. Determinación de Grasas.....	44
Anexo H. Determinación de proteínas.....	46
Anexo I. Datos de análisis con réplicas de humedad, cenizas, proteínas, lípidos, carbohidratos por diferencia	46
Anexo J. Resultados de los 23 metales analizados por ICP-OES en muestras de quinua cruda, cocinada y tostada	47
Anexo K. Cálculo de los factores de retención de los nutrientes de la quinua cocida y tostada	47

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de aminoácidos de la quinoa mg/g proteína.....	12
Tabla 2. Composición de lípidos en granos de quinoa.....	13
Tabla 3. Composición de minerales en granos de quinoa	13
Tabla 4. Composición de vitaminas en granos de quinoa.....	14
Tabla 5. Contenido nutricional entre las variedades de quinoa que prevalecen en Ecuador.....	16
Tabla 6. Resultados de la composición proximal de quinoa cruda, cocida y tostada	28
Tabla 8. Factores de retención y pérdida de nutrientes de la quinoa cocida y tostada.....	31

Agradecimientos

A Dios por brindarnos salud, sabiduría, fuerzas lo que ha permitido alcanzar esta meta. Él es nuestro pilar fundamental en la vida y este logro solo es un paso más del camino que él nos tiene preparado para nosotras; con fe lograremos cumplir plenamente nuestros objetivos.

A nuestra tutora de tesis la Dra. Johana Ortiz y al BQF. Jorge Saquicela por su valioso apoyo brindado en este trabajo de titulación. Sus conocimientos y enseñanzas han sido de gran ayuda para enriquecer nuestra formación académica tanto práctica como teórica en el área de alimentos.

A la Universidad de Cuenca por permitirnos haber vivido esta experiencia tan gratificante, los buenos amigos que hemos hecho a lo largo de estos años y la maravillosa educación que nos han inculcado.

Dedicatoria

A mis padres quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios hicieron posible cada paso de este camino. Principalmente, a mi madre quien ha sido el pilar fundamental en mi vida, ya que, mediante sus consejos, apoyo, paciencia, motivación, risas y uno que otro regaño me ha ayudado a forjar mi carácter, me ha dado fuerzas para afrontar los desafíos de la vida, y sobre todo es la persona que no me ha dejado sola pese a los errores que he cometido. Es un ejemplo de mujer y madre, gracias a ella y su fe en mí he logrado alcanzar esta meta.

A mi amado hijo Liam Aaron quien es la razón principal de mi esfuerzo y dedicación. Él es mi inspiración más grande y la fuerza que me anima a superar cualquier obstáculo. Llegaste a mi vida en el momento exacto y me has impulsado a crecer para poder ofrecerte un futuro lleno de oportunidades. Gracias a ti soy una persona más paciente y valiente, te amo con todo el corazón y siempre estaré para ti.

A mi pareja y mejor amigo Marco Antonio por su paciencia infinita y comprensión, puesto que conoce mi estado más estresante, deprimido, agobiado y sin embargo ha estado acompañándome desde hace 7 años. Te agradezco por ser la luz que me guía en mis momentos más oscuros, la tranquilidad que esta tormenta necesitaba y por el tiempo que hemos convivido. Cada día ha sido lleno de risas, amor y felicidad, y me has hecho sentir especial e inteligente, especialmente te agradezco por haber creído en mí, incluso más que yo misma.

Cristina Raquel Pillajo Pérez

Dedicatoria

Este trabajo no solo es el resultado de mi esfuerzo, sino también del apoyo y fe de todos los que me han rodeado.

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos/as quienes me han brindado su apoyo incondicional durante todo este proceso. Su amor y dedicación han sido mi mayor inspiración.

En especial a mi madre, quien ha estado presente en cada etapa de mi vida, ha sido mi guía y fortaleza en los momentos más difíciles, con quien he compartido las victorias y fracasos, quien me brindó palabras de aliento y me impulsó a alcanzar mis metas.

A mis amigos, quienes, con su aliento y comprensión, me dieron la fortaleza para seguir adelante.

A Dios, por permitirme culminar esta etapa y por las oportunidades que se presentan ante mí.

Liliana Elizabeth Mejía Quizhpi

Introducción

La quinua es un pseudocereal que sobresale por su alto contenido nutricional que abarca lípidos, proteínas, fibra, minerales, vitaminas liposolubles e hidrosolubles, ácidos grasos insaturados, polifenoles, flavonoides y fitoesteroles. Sin embargo, su principal particularidad es su contenido de proteínas, con predominio de lisina en una cantidad superior a la de otros granos e inclusive al que se halla en la leche entera (Hernández Rodríguez, 2015).

Entre los años 2012-2023, el consumo de quinua tuvo un notable incremento, principalmente en países norteamericanos como Estados Unidos y Canadá, seguido de países europeos como Alemania. No obstante, en países sudamericanos productores de este grano, como Ecuador no existen registros de un consumo considerable de dicho alimento (Avalos Horna et al., 2023), principalmente relacionado al desconocimiento de su alto valor nutricional y formas de preparación.

En Ecuador, la información sobre las formas de preparación de la quinua y su valor nutricional tras el respectivo proceso culinario es limitada. Por tal motivo, este trabajo de titulación tiene la finalidad de evaluar la composición nutricional de la quinua cruda, cocida y tostada y así contribuir con los datos de composición de alimentos locales de la ciudad de Cuenca. Además, se tiene como propósito registrar los factores de pérdida o ganancia de nutrientes relacionados a cada proceso de preparación, que constituye un criterio adicional para la selección de la forma de ingerir este alimento.

Objetivos

Objetivo general: Evaluar la composición nutricional de la quinua cruda frente a la quinua cocida y tostada que se consume a nivel local.

Objetivos específicos:

- Comparar la composición nutricional (macronutrientes, humedad, minerales) de la quinua cruda frente a la quinua preparada por cocción y tostada.
- Documentar los factores de pérdida o ganancia por cocción de la quinua.

I. Marco Teórico

1.1. Generalidades de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) es un pseudocereal que pertenece a la familia Amaranthaceae. Sus granos son planos, esféricos con un diámetro de 2 mm aproximadamente, y pueden ser de tonos: blanco, verde, amarillo, rojo, negro y morado (Campos-Rodriguez et al., 2022).

Este cereal, originario de la zona andina de América del Sur, se cultiva principalmente en Ecuador, Perú y Bolivia, que son sus mayores productores. También se cultiva en Argentina, Chile y Colombia. Debido a sus propiedades nutricionales y fácil adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas se ha expandido alrededor del mundo en países como China, Estados Unidos, Italia, India, Canadá y de manera experimental en Finlandia y Reino Unido (Pathan & Siddiqui, 2022).

El cultivo de quinua se caracteriza por ser muy resistente al estrés hídrico, al frío, salinidad, cambios de temperatura y suelos carentes de nutrientes (Pathan & Siddiqui, 2022). El estrés hídrico puede ser tolerado gracias a la capacidad de la quinua de extender su sistema radicular en búsqueda de agua subterránea, reducción de la pérdida de agua por transpiración en consecuencia al cierre de los estomas y por último por entrar en estado de latencia en periodos de sequía prolongados (Belguet et al., 2024). La temperatura ideal para el cultivo de quinua oscila entre 18 a 25 °C. Sin embargo, el cultivo también puede resistir a climas cálidos y fríos. Por ejemplo, se ha determinado que este pseudocereal resiste a temperaturas de -8 °C y en estado de latencia puede soportar heladas de -16 °C, condiciones climáticas típicas de los Andes a 4000 msnm. Aunque las condiciones a nivel del mar también propician el crecimiento de la quinua, las elevadas temperaturas pueden ocasionar la pérdida de la flor. Además, la quinua puede desarrollarse en condiciones de salinidad similares a la del agua del mar, convirtiéndolo en el cultivo más resistente a este factor ambiental (Belguet et al., 2024).

1.2. Composición nutricional de la quinua

El alto valor nutricional de la quinua ha sido reconocido a nivel mundial por su contenido en proteínas, fibra, lípidos, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como flavonoides, fenoles y saponinas que la convierten en un alimento funcional. Por la combinación de estos nutrientes y los beneficios funcionales que ofrece, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), proclamó al año 2013 como el “Año Internacional

de la quinua”. Lo cual generó que el consumo de este cereal ya aumentado a nivel mundial (Belguet et al., 2024; Pathan & Siddiqui, 2022).

1.2.1. Composición proteica

El contenido de proteínas en la quinua oscila entre el 12 al 23 %. De la composición de aminoácidos este granos se caracterizan por presentar los nueve aminoácidos esenciales, que como se conoce no pueden ser sintetizados por células humanas y por ende deben ser suministrados desde una dieta exógena, siendo la lisina y treonina las de mayor predominio entre los aminoácidos esenciales, sin embargo, esta cantidad puede variar en función de la especie de quinua (Tabla 1) (López et al.,2024).

El requerimiento diario de aminoácidos esenciales para mayores de 18 años se establece en: histidina 10 mg/kg/día, isoleucina 20 mg/kg/día, leucina 39 mg/kg/día, lisina 30 mg/kg/día, metionina 10 mg/kg/día, fenilalanina 25 mg/kg/día, treonina 15 mg/kg/día, triptófano 4 mg/kg/día y valina 26 mg/kg/día. El contenido de aminoácidos de la quinua satisface los requerimientos diarios de consumo para adultos (WHO/FAO/UNU,2007; FAO,2013; Millward, 2012).

Tabla 1. Composición de aminoácidos de la quinoa mg/g proteína

Aminoácidos	mg/g proteína
Arginina	77,3
Ácido Aspártico	80,3
Cistina	14,4
Glicina	49,2
Ácido Glutámico	132,1
*Histidina	28,8
*Isoleucina	35,7
*Leucina	59,5
*Lisina	54,2
*Metionina	21,8
*Fenilalanina	42
Serina	40,2
*Treonina	29,8
*Triptófano	11,8
Tirosina	18,9
*Valina	42,1

Alanina

41,6

*Aminoácidos esenciales

Fuente: (Belguet et al., 2024).

1.2.2. Composición de carbohidratos

En la quinua, los carbohidratos constituyen entre el 48 y 59 %, de los cuales el 52 al 69 % corresponde a almidón, D-xilosa y maltosa, junto a una pequeña cantidad de fructosa. Esta composición le confiere un índice glicémico bajo, que la convierte en una excelente alternativa de consumo para los diabéticos (Pathan & Siddiqui, 2022).

1.2.3. Fibra

El porcentaje estimado de fibra en los granos de quinua se encuentra en un rango entre 7 y 9,7 %, distribuida entre insoluble (78%) y soluble (22%) (Pathan & Siddiqui, 2022).

1.2.4. Lípidos

Los lípidos totales alcanzan valores de alrededor de 6 %, compuestos predominantemente por ácidos grasos monoinsaturados con un total de 25 al 28 % siendo el más notable el ácido oleico (Tabla 2). Los ácidos grasos poliinsaturados se destacan por la presencia de ácido linoleico en un 58,3 %. También se encuentran los ácidos grasos saturados que varían entre 12,3 y 19 % siendo el ácido palmítico el más significativo. En general, la cantidad de ácidos grasos varía en función de la variedad de quinua (Pathan & Siddiqui, 2022; FAO, 2025).

Tabla 2. Composición de lípidos en granos de quinua

Ácidos grasos	%
SATURADOS	
Ácido Mirístico C14:0	0,1 - 2,4
Ácido Palmítico C16:0	9,6 - 10,0
Ácido Esteárico C18:0	0,84 - 0,94
MONOINSATURADOS	
Ácido Miristoleico C14:1	0,1 - 2,4
Ácido Palmitoleico C16:1	9,2 - 11,1
Ácido Oleico C18:1	23,1 - 29,2
POLIINSATURADOS	
Ácido Linoleico C18:2 (N-6)	46,7 - 58,1

Acido Linolénico C18:3 (N-8)

6,1 - 8,4

Fuente: Belguet et al., 2024; Pathan & Siddiqui, 2022).

1.2.5. Minerales

La quinua contiene una gran cantidad de minerales (Tabla 3). Entre los más comunes se encuentran calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc; mientras que el sodio, cobre y manganeso son menos frecuentes. (Belguet et al., 2024).

Tabla 3. Composición de minerales en granos de quinua

Minerales	mg/100 g en peso seco
Potasio	926,7
Fósforo	383,7
Magnesio	249,6
Calcio	148,7
Hierro	13,2
Sodio	7,31
Zinc	4,4
Manganeso	3,41
Cobre	1,55

Fuente: (Angeli et al., 2020; Belguet et al., 2024; Campos-Rodriguez et al., 2022).

1.2.6. Vitaminas

Entre las vitaminas que aporta la quinua prevalece el ácido ascórbico (C), seguida de ácido fólico (B9), riboflavina (B2) y tiamina (B1). En menor cantidad vitamina B6 y niacina (B3). A diferencia de otros granos altamente consumidos, como el trigo, la quinua contribuye a alcanzar los niveles recomendados para estas vitaminas (Angeli et al., 2020, Belguet et al., 2024).

La vitamina E se encuentra en los granos de quinua en un rango entre 2,40 mg/100 g. Esta vitamina se compone en su mayoría de α -tocoferol con un valor de 2,4 -5,3 mg/100 g y un 2,6 mg/ 100 g de γ -tocoferol (Paucarchuco Soto & Vilchez De la Cruz, 2024; Campos-Rodriguez et al., 2022; Choudhary et al., 2020; Bhargava et al., 2006).

Los carotenoides que se encuentran en la semilla de quinua son: luteína y zeaxantina, su contenido puede cambiar según la variedad y genética de la semilla de quinua. De manera general se estima un valor alrededor de 11,9 mg/100 g de quinua (Tang et al., 2015).

Tabla 4. Composición de vitaminas en granos de quinua

Vitaminas	mg/100 mg
Tiamina (B1)	0,2 - 0,4
Riboflavina (B2)	0,2 - 0,3
Niacina (B3)	0,5-0,7
Piridoxina (B6)	0,49
Ácido Fólico (B9)	0,078 - 0,08
Ácido ascórbico C	4 -16,4
Vitamina E	2,40 - 37,49
α-tocoferol E	2,4 - 5,3
γ-tocoferol	2,6

Fuente: (Angeli et al., 2020; Belguet et al., 2024; Campos-Rodriguez et al., 2022; Bhargava et al., 2006).

1.2.7. Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos que se han detectado en la quinua son los flavonoides, terpenoides, ácidos fenólicos y esteroides. Aunque el contenido de estos compuestos es inferior en las hojas en comparación al grano, se han descrito por lo menos 193 metabolitos secundarios en el grano de la quinua, los cuales manifiestan varias propiedades favorables para las funciones fisiológicas del ser humano, tales como, antioxidantes, antidiabéticas, antiinflamatorias y citotóxicas (Campos-Rodriguez et al., 2022).

Los fenoles se concentran en la periferia de los granos de quinua y le confieren propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Su contenido total se encuentra entre 399 y 782 mg/100 g, siendo los más abundantes: el ácido vanílico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico, ácido salicílico, ácido benzoico y ácido verátrico. Entre los principales flavonoides se encuentran la quercetina, rutina, kemferol, naringina y miricetina. Además, se han descrito betalaínas, incluyendo betanina e isobetanina (Campos-Rodriguez et al., 2022; Pathan & Siddiqui, 2022; Paucarchuco Soto & Vilchez De la Cruz, 2024).

1.2.8. Factores antinutricionales

Algunos de los compuestos sintetizados por la planta pueden interferir en la absorción de los nutrientes. En la quinua se destacan el ácido fítico, oxalatos y saponinas.

Los granos de quinua contienen una cantidad de 200 y 880 mg/100 g de ácido fítico. El ácido fítico actúa como un quelante de minerales bivalentes como el hierro, calcio,

magnesio y zinc. Además, puede formar complejos con las proteínas disminuyendo su biodisponibilidad. Por el sabor amargo del ácido fítico, es común emplear diferentes técnicas para su eliminación, tales como el remojo, calentamiento o germinación (Pathan & Siddiqui, 2022; Mohamed Ahmed et al., 2021).

La concentración de oxalatos en los granos de quinua es aproximadamente de 4,3 mg/100 g. Los oxalatos presentes en la quinua pueden impedir la absorción de los iones esenciales calcio, magnesio y hierro (Pathan & Siddiqui, 2022; Villacrés et al., 2022).

Las saponinas son el principal compuesto antinutricional en los granos de quinua, contribuyendo con un sabor amargo y picante que limita su consumo. La variedad “dulce” contiene menor cantidad de saponinas en comparación con la variedad “amarga”. Químicamente, las saponinas son triterpenoides formados por una aglicona hidrófoba unido a un azúcar, con alta solubilidad en agua. Esta propiedad facilita su eliminación mediante lavados o remojo en agua fría previa cocción de la quinua. La cantidad de saponinas presente en la quinua oscila entre 0,22 -15,04 mg/100 g, variando según la especie y las condiciones de crecimiento como la temperatura, el estrés hídrico, salinidad o sequía (Paucarchuco Soto & Vilchez De la Cruz, 2024).

Adicionalmente, se encuentran los derivados de ácido oleanólico (hederagenina, ácido serjánico y ácido fitolacagénico), compuestos que han demostrado propiedades anticancerígenas, antiobesidad, antioxidantes y reductoras del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Villacrés et al., 2022)

También, la quinua contiene inhibidores de la tripsina que limitan la digestibilidad y absorción de las proteínas al unirse a las enzimas digestivas e inactivarlas (Pathan & Siddiqui, 2022). Asimismo, la quinua contiene taninos que se unen a los macronutrientes, formando complejos indigeribles (Pathan & Siddiqui, 2022).

1.3. Variedades de quinua en Ecuador

En Ecuador predominan dos variedades de quinua desarrolladas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), la variedad INIAP Tunkahuan y la variedad INIAP Pata de venado. Estas surgieron de un programa de germinación del INIAP con la finalidad de mejorar genéticamente las variedades de quinua nacionales y fueron liberadas como variedades mejoradas en el año 2005. La variedad INIAP Tunkahuan se caracteriza por su grano “dulce” debido a la menor cantidad de saponinas (Villacrés et al., 2022; Peralta et al., 2013); mientras que la variedad INIAP Pata de venado se caracteriza por su buen rendimiento y bajo contenido en saponinas (Peralta et al., 2013).

Además, en el año 2023 se ha revelado una nueva variedad de quinua denominada INIAP-Excelencia, la cual se ha obtenido por hibridación de las dos variedades antes mencionadas. Esta se caracteriza por un bajo contenido de saponinas, resistencia al mildiu y un tiempo de cosecha menor (Murillo et al., 2023).

En la Tabla 5 se presenta la comparación del contenido nutricional entre las variedades de quinua en Ecuador.

Tabla 5. Contenido nutricional entre las variedades de quinua que predominan en Ecuador

Contenido	INIAP tunkahuan	INIAP pata de venado	INIAP-excelencia
Proteína (%)	15,7	16,3	17,9
Grasa (%)	6,1	-	6,4
Carbohidratos (%)	69,4	-	66,9
Fibra Bruta (%)	6,2	5,5	6,5
Saponinas (%)	0,06	0,00	0,06
Ca (mg/100g)	70	-	70
P (mg/100g)	350	-	480
Mg (mg/100g)	190	-	220
K (mg/100g)	660	-	730
Cu (ppm)	8	-	6
Fe (ppm)	95	120	47
Mn (ppm)	22	-	10,5
Zn (ppm)	75	48	24,0

Fuente: (Murillo et al., 2023; Peralta et al., 2013; Villacrés et al., 2022)

1.4. Consumo

Perú y Bolivia son los principales productores y exportadores de quinua, y su consumo se promueve constantemente en estos países, de tal manera que se observa la quinua en diversas preparaciones como jugos, galletas, sopas, mazamorras, buñuelos, entre otros. Incluso en Bolivia se elaboran cereales a base de este alimento para integrarlo en los desayunos de los niños, y de esta manera fomentar una alimentación sana y nutritiva. (Avalos Horna et al., 2023; PROINPA, 2011).

Ecuador también es productor de quinua, siendo las provincias de Chimborazo, Imbabura, Cotopaxi, Carchi y Pichincha las de mayor producción. Sin embargo, el consumo local en la ciudad de Cuenca es bajo y solo se ha observado un ligero incremento de demanda en los

estratos sociales altos. Esto se atribuye a la influencia de tendencias extranjeras, donde se tiene un mejor conocimiento de las características nutricionales que posee este alimento y existe un mayor interés por la seguridad alimentaria, generando su popularización en la dieta diaria. Además, es una excelente opción para la gastronomía vegetariana (Avalos Horna et al., 2023; Murillo et al., 2023; Páez-Acuario, 2019).

La forma de preparación más común de la quinua es cocinarla como si fuera arroz, sin embargo, los granos también suelen ser tostados. Otra forma de prepararla es macerar las semillas y posteriormente transformarlas en harina la cual puede ser incluida en la elaboración de otros productos. Además existen formas más novedosas de consumir la quinua, como la quinua inflada, que se utiliza principalmente en cereales semielaborados. Así mismo, se dispone de quinua texturizada que posee forma de hojuelas, lo que permite diversificar las presentaciones y usos de este grano andino (Hernández Rodríguez, 2015).

Antiguamente, la quinua requería de un lavado extenuante para eliminar el sabor amargo que posee debido al contenido de saponinas. En la actualidad, este paso ya no es necesario con las variedades de quinua que hay en el mercado. No obstante, ante el desconocimiento de esto, la quinua resulta ser un alimento menos atractivo para el consumidor (Villaruel-Pérez et al., 2020). Por ejemplo, en un estudio realizado en la ciudad de Riobamba (Centeno Parra et al., 2022). Se registró que aproximadamente el 70 % de la población no conoce las variedades de quinua que se comercializan, y casi el 46 % no conoce las propiedades nutricionales que posee la quinua, ni de las diversas formas de preparación que podrían realizarse.

1.5. Factores de ganancia y/o pérdida de nutrientes

Estos factores engloban a los de rendimiento (YF, por sus siglas en inglés) y retención (RF por sus siglas en inglés).

1.5.1. Factor de rendimiento (YF)

El factor de rendimiento indica la variación de peso en un alimento después de ser sometido a diferentes procesos de tratamiento, procesamiento o preparación para su consumo. El resultado del cambio de peso en los alimentos representa el valor de pérdida o ganancia de humedad o ganancia de compuestos sólidos como las grasas (Bell et al., 2006).

En algunos alimentos puede incluirse la parte no comestible denominada como residuos. El factor de rendimiento incluido los residuos (YFcr) se calcula con la siguiente fórmula:

$$YFcr = \frac{WPPIR}{CTILC}$$

Donde,

WPPIR = Peso del alimento preparado incluido desechos expresados en gramos (peso del alimento cocido).

TILC = Cantidad total del alimento antes de ser cocido expresado en gramos (peso del alimento antes de ser cocido)

Por su parte, el factor de rendimiento de la parte comestible (YFed) se calcula con la siguiente fórmula.

$$YFed = \frac{EDDP}{CTILPC}$$

Donde,

EDPP = Parte comestible del alimento preparado en gramos (peso del alimento cocido). CTILPC = Cantidad total del alimento antes de ser cocido (peso del alimento crudo antes de la cocción)

Tanto en el cálculo de YFcr como para el YFed, el agua añadida durante el proceso de cocción no es incluida en los cálculos.

1.5.2. Factor de retención de nutrientes (RF)

El factor de retención indica el porcentaje de nutrientes que se conservan en el alimento luego de ser sometido a cocción. Los nutrientes más afectados durante los procesos de almacenamiento, preparación, elaboración y cocción son las vitaminas y minerales debido a que se producen lixiviación o degradación de estos componentes. Otros factores también influyen en la retención de estos componentes entre ellos destaca el medio, tiempo y temperatura de cocción del alimento (Bell et al., 2006). El RF se calcula en base de 100 g con la siguiente fórmula:

$$RF = \frac{CNED \times YFed}{CNILCed}$$

Donde,

RF = Factor de retención de nutrientes por 100 g de alimento

CN ED= Contenido de nutrientes por 100 g de plato, parte comestible (contenido de nutrientes del alimento cocinado).

CN IL Ced= Contenido de nutrientes por 100 g de alimentos listo para cocinar, parte comestible (contenido de nutrientes del alimento crudo).

Y Fed= Factor de rendimiento, parte comestible.

II. Metodología

2.1. Tipo de diseño de investigación

Estudio analítico observacional, descriptivo, de corte transversal.

2.2. Plan de muestreo

El muestreo utilizado fue de tipo estratificado, siendo los estratos los supermercados, mercados y distribuidoras de alimentos de la zona urbana de la ciudad de Cuenca. A partir del listado de estos lugares (Anexo A y Anexo B), se seleccionaron aleatoriamente los 15 lugares de muestreo, omitiendo los supermercados con la misma razón social ubicados en diferentes zonas de la ciudad.

En cada lugar de muestreo, se tomó una muestra primaria de aproximadamente 500 g de quinua de variedad blanca, dulce.

2.3. Pretratamiento de la muestra

Cada muestra se homogeneizó en el laboratorio y se tomaron 3 submuestras de 100 g, lo cual se basó en el método de cuarteo para formar muestras compuestas. El peso aproximado de cada muestra compuesta fue de 1500 g.

- Muestra compuesta 1: No se realizó ningún tratamiento adicional, solo se tomaron las respectivas muestras de laboratorio para el análisis proximal como de quinua cruda.
- Muestra compuesta 2: La muestra fue sometida a un proceso de lavado y cocción en medio acuoso. Específicamente, se tomó una muestra de laboratorio de 150 g a la que se le realizaron 7 lavados en los que se emplearon 300 ml de agua destilada por cada uno, después permaneció en remojo por 10 min, posterior se llevó a cocción en 750 ml de agua destilada, que se cocinó a una temperatura entre 86-87 °C por 22 min.
- Muestra compuesta 3: La muestra fue expuesta a un proceso de tostado controlado en el laboratorio, en la estufa a una temperatura de 180 °C por 10 min.

2.4. Métodos de análisis

2.4.1. Determinación de Humedad y Materia Seca (LAN, 2010)

Equipos:

- Balanza analítica (Boeco, Bbl 42, Alemania)
- Estufa (Mettler ,INB200, Alemania)

Materiales y reactivos:

- Cápsula de porcelana
- Desecador

Fundamento

La humedad y materia seca se determinan por el método de desecación, que consiste en aplicar una temperatura de 105 °C dentro una estufa a peso determinado de muestra, lo que produce una variación de peso por la pérdida de humedad. El contenido de materia seca se determina por gravimetría, y por diferencia, se determina la humedad (LAN, 2010).

Procedimiento

1. Desecar las cápsulas en la estufa a 105 °C por 1-2 horas.
2. Poner las cápsulas en el desecador por 20 min.
3. Pesar las cápsulas.
4. Pesar 5 g de muestra.
5. Llevarlas a la estufa por 1 hora, después colocarlas durante 20 min en el desecador.
6. Pesar hasta llegar a un peso constante.

Cálculos

$$\%Materia\ seca = \frac{P2 \times 100}{P1}$$

Donde,

P1: Peso (g) de muestra fresca

P2: Peso (g) de muestra después de secar y llegar a peso constante

%Humedad = 100 - %Materia seca

2.4.2. Determinación de Cenizas (LAN, 2010)**Equipos:**

- Balanza analítica (Boeco, Bbl 42, Alemania)
- Horno de calcinación (Thermo scientific, F6020C-33, USA)

Materiales y reactivos:

- Crisol de porcelana
- Desecador

Fundamento

Las cenizas se determinan por el método de calcinación, en el que gravimétricamente se determina el residuo tras calcinar al alimento a 500 °C. Este residuo es el contenido de material inorgánico, tras eliminar los compuestos orgánicos a elevada temperatura (LAN, 2010).

Procedimiento

1. Desecar el crisol a 500 °C en la mufla durante 1 hora.
2. Colocar el crisol en el desecador por 30 minutos y pesarlo.
3. Pesar 5 gramos de muestra en el crisol.
4. Calcinar la muestra en la mufla a 500 °C por 3 horas.
5. Colocar el crisol en el desecador por 30 minutos.
6. Pesar el crisol con el residuo de la calcinación.

Cálculos

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{P_c \times 100}{P_1}$$

Donde,

P1: Peso (g) de muestra fresca

Pc: peso de la muestra calcinada

2.4.3. Determinación de Proteínas totales (LAN, 2010)

Equipos:

- Balanza analítica (Boeco, Bbl 42, Alemania)
- Equipo digestor (VELP Scientifica, DK 6 Heating digester, Italia)
- Equipo de destilación automática Kjeldahl (Gerhardt, Vapodest 20s, Italia)
- Estufa (Memmert, INB200, Alemania)
- Scrubber (VELP Scientifica, Scrubber SMS, Italia)

Materiales y reactivos:

- Ácido clorhídrico 0,05 N
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio NaOH 20% p/v
- Hidróxido de sodio NaOH 55% P/V

- Indicador de Tashiro (rojo de metilo al 0,1% y azul de metileno al 0,1 % relación 2:1)
- Sulfato de cobre (Cu_2SO_4)
- Sulfato de potasio (K_2SO_4)
- Balón de Kjeldahl
- Matraz 250 ml
- Perlas de vidrio
- Probeta de 10 ml
- Balón Kjeldahl
- Vasos de precipitación 250 ml

Fundamento

La determinación de proteínas totales se realiza por el método de Kjeldahl, que se fundamenta en la determinación indirecta de nitrógeno orgánico. El método de Kjeldahl consta de tres fases: digestión, destilación y valoración. En la digestión tiene lugar una hidrólisis ácida mediante la cual se reduce el nitrógeno inorgánico a ion amonio, presente como sulfato de amonio. En la destilación, la muestra digerida se trata con una solución alcali de NaOH en exceso, haciendo que el sulfato de amonio se descomponga en amoníaco, que se destila por arrastre de vapor. El amoníaco destilado se recoge en una solución de ácido bórico 2% con el indicador. En la valoración, la solución receptora se titula con ácido clorhídrico, equivalente al contenido de nitrógeno en la muestra. Para calcular el contenido de proteínas se multiplica el contenido de nitrógeno por el respectivo factor de conversión del alimento (Fon Fay Vásquez & Zumbado Fernández, 2019).

- 1. Digestión:** Esta etapa requiere de ácido sulfúrico concentrado, calor y de catalizadores como sulfato de cobre, oxidan el nitrógeno orgánico e imínico de las proteínas en ion amonio, dióxido de carbono y agua.
- 2. Destilación:** El sulfato de amonio reacciona con una solución alcali NaOH 45% en exceso obtenido por destilación de amoníaco. El destilado se recepta en una solución con ácido bórico y como indicador una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno (indicador de Tashiro).
- 3. Titulación:** El borato de amonio se valora mediante volumetría ácido-base con una solución de ácido clorhídrico valorado y como indicador solución de Tashiro. El volumen de ácido clorhídrico consumido en la reacción corresponde a los equivalentes de amoníaco destilados.

Procedimiento

Digestión

La digestión se realizó en un digestor automático, bajo un programa de rampas de temperatura: 150 °C por 30 minutos, 300 ° C por 30 minutos, y 400 °C por 90 minutos (Duración: 2 horas y 30 minutos).

1. Antes de usar el digestor, precalentar por 5 min hasta llegar a 150 °C.
2. Pesar 0,5 gramos de muestra y colocar en un tubo Kjeldahl.
3. Agregar 5 g de CuSO₄, 5 g de K₂SO₄, 10 ml de HCL y 2 perlas de ebullición en el tubo con la muestra.
4. Colocar el tubo en el calefactor del digestor y activar el programa de temperatura. Al final de la reacción, el color de la muestra cambia a azul claro.
5. Dejar enfriar la muestra, añadir 10 ml de agua destilada al tubo Kjeldahl y luego aforar a 50 ml.

Destilación

1. La destilación se realizó en un destilador automático con refrigerante.
2. Colocar el tubo Kjeldahl para destilación con 25 ml de muestra (del aforo a 50 ml).
3. El destilador añadirá agua destilada y NaOH 45% automáticamente al inicio del proceso de destilación.
4. Accionar la destilación automática (Duración: 10 minutos)
5. Colocar un matraz con solución receptora de la destilación (20 ml de ácido bórico + 3 gotas de indicador de Tashiroy) a la salida del refrigerante, sumergiendo el extremo de la manguera en la superficie del líquido.
6. Una vez terminado realizar un enjuague del equipo con agua destilada

Titulación

1. Titular el destilado con HCl 0,005 N hasta el cambio de coloración de verde a fucsia como el punto final de la reacción.
2. Registrar los volúmenes de HCl 0,005 N empleados en la titulación.

Cálculos

$$\% \text{ Proteína} = \frac{V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times \left(\frac{14}{1000}\right) \times F \times 100 \times 5}{\text{peso muestra (g)}}$$

Donde:

V_{HCl}: Volumen de HCl consumido en la titulación

N_{HCl}: Normalidad del ácido clorhídrico

F: Factor de conversión de proteínas

2.4.4. Determinación de Grasas totales (LAN, 2010)

Equipos:

- Balanza analítica (Boeco, Bbl 42, Alemania)
- Estufa (Mettler, INB200, Alemania)
- Extractor Soxhlet
- Plancha de calentamiento eléctrico
- Rotavapor (Heidolph, Laborota, 4000 efficient, Alemania)

Materiales y reactivos:

- Ácido clorhídrico (HCl) 25%
- Agua destilada caliente
- Éter de petróleo p.a.
- Embudos
- Luna de reloj
- Matraz 1000 ml
- Papel filtro
- Probeta 50 ml
- Tiras de pH

Fundamento

El contenido de grasas totales se determina por el método de Soxhlet, que consiste en una extracción líquido-sólido en la que la muestra está en contacto discontinuo con el solvente de extracción (éter de petróleo). Por medio de los ciclos de ebullición y condensación continuos el éter arrastra la grasa y se deposita en el balón. Finalmente, para la cuantificación del contenido de grasa se debe evaporar el solvente y la fracción de residuo extraído en el balón se determina por gravimetría (Fon Fay Vásquez & Zumbado Fernández, 2019).

Procedimiento

1. Desechar la muestra y pesar analíticamente 5 gramos.
2. Colocar la muestra en un cartucho de celulosa y ubicarlo en la camisa del Soxhlet.
3. Colocar en el balón del extractor Soxhlet con 200 ml de éter de petróleo.
4. Calentar el equipo Soxhlet durante 4 horas 30 min.
5. Evaporar el solvente del balón en un rotavapor por alrededor de 15 min hasta que solo quede la grasa en el balón.
6. Secar en la estufa el balón por 1 hora y pasar al desecador por 30 min.
7. Pesar hasta llegar a un peso constante.

Cálculos

$$\% \text{ grasa} = \frac{P_1 - P_0}{P_M} \times 100$$

Donde:

P₀=Peso del balón receptor + perlas de ebullición

P₁=Peso del balón receptor después de la extracción de grasas y secado

P_M=Peso de la muestra

2.4.5. Determinación del contenido de Carbohidratos totales por diferencia (LAN, 2010)

Para la determinación del contenido total de carbohidratos se requiere de los valores de los otros componentes del análisis proximal. El cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ CHO totales} = 100\% - (\% \text{ Proteínas} + \% \text{ Grasas} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Humedad})$$

2.4.6. Contenido mineral

El análisis de contenido mineral fue realizado en un laboratorio externo de investigación y vinculación de la Universidad de las Américas (UDLA), mediante la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica por Plasma Inductivo Acoplado a Lectura (ICP-OES) que permite la lectura simultánea de 23 minerales plata (Ag), aluminio (Al), boro (B), berilio (Be), calcio (Ca), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), galio (Ga), indio (In), potasio (K), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na), níquel (Ni), plomo (Pb), estroncio (Sr), talio (tl) y zinc (Zn).

Entre ellos sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) de interés nutricional. Este método se basa en emplear plasma, para lograr que los átomos excitados emitan radiación electromagnética a una determinada longitud de onda que es específica para cada metal. La solución de la muestra se introduce en el núcleo de plasma con Argón a temperaturas de 10000 °C, que producen disolución, vaporización y disociación a nivel de los átomos, que al recibir energía del plasma sus electrones que se encuentran en el orbital más externo pasan de niveles de menor energía o fundamentales a niveles de mayor energía o excitados que al regresar a su estado elemental emiten energía que son detectados como espectros de línea (Jiménez et al., 2020; Cámara & Moreno, 2016; Wittig et al., 2008).

La intensidad con la que la energía es emitida es proporcional a la concentración del elemento, la misma que se puede determinar comparándose con un estándar (Jiménez et al., 2020; Wittig et al., 2008).

Para este análisis se emplearon muestras de quinua cruda que fueron recolectadas el 10 de marzo de 2025 y las muestras de quinua cocida y tostada fueron procesadas 5 días antes del envío, 09 de mayo de 2025, periodo en el que se mantuvieron en congelación. El 10 de mayo de 2025 se enviaron alrededor de 100 g por cada muestra de quinua cruda, cocida y tostada en tubos falcon de 50 ml bajo cadena de frío. Las muestras fueron receptadas y procesadas luego de 2 días del envío. Para los tres tipos de muestras (cruda, cocida, tostada) se realizó un análisis de los 23 minerales siendo los resultados expresados en mg/kg de alimento.

2.5. Análisis de datos

Los resultados se presentan siguiendo estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, mínimos y máximos, coeficientes de variación). Además, a partir de los resultados de la quinua cruda y cocida, se calcularon los factores de pérdida y ganancia por cocción siguiendo las fórmulas descritas en la sección 1.5 del marco teórico.

III. Resultados Y Discusión

3.1. Composición proximal de la quinua cruda, cocida y tostada

La composición proximal promedio de quinua cruda y sus formas de expendio en la ciudad de Cuenca se presentan en la Tabla 6. Además, en el Anexo G se presentan los resultados obtenidos para cada réplica.

Tabla 6. Resultados de la composición proximal de quinua cruda, cocida y tostada

	Quinua cruda*	Quinua cocida*	Quinua tostada*
Humedad %	12,0 ± 0,16	78,6 ± 0,15	11,0 ± 0,14
Cenizas %	2,8 ± 0,04	0,5 ± 0,01	3,2 ± 0,6
Grasas %	7,1 ± 0,3	2,0 ± 0,02	6,4 ± 0,2
Proteínas %	12,9 ± 0,1	4,7 ± 0,2	13,5 ± 0,2
Carbohidratos %	65,2 ± 0,2	14,3 ± 0,3	65,8 ± 1,0

* Número de muestras (n) =3

La composición nutricional de la quinua cruda fue diferente a sus formas usuales de consumo. En la quinua cocida, el contenido de humedad presentó un aumento considerable en comparación con la quinua cruda y tostada, lo cual se debe a que en esta forma de preparación la quinua absorbe más del 50 % de agua. Por otro lado, el contenido de macronutrientes entre la quinua tostada y cocinada presenta una gran diferencia, siendo la forma tostada la que presenta valores menos distantes al contenido de la quinua cruda.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana, los requisitos bromatológicos para la quinua cruda son: humedad 13,5 %, proteínas 10,0 %, cenizas 3,5 %, grasa 4,0 %, carbohidratos 65,0 %. (Norma Técnica Ecuatoriana 1673:2013). Los resultados del análisis de quinua cruda fueron diferentes a los requeridos por la norma, con excepción de los carbohidratos (65,2 ± 0,2%). Esto podría deberse a la variabilidad de cultivares, la estación en la que fue cultivada y recolectada y al grado de madurez del alimento. En otros estudios se ha reportado un contenido nutricional parecido a lo observado en este trabajo para la quinua cruda, con valores de proteína entre 14,2 % - 14,7 %, grasas entre 6 % - 6,4%, humedad de 10,8%, cenizas de 2,8% y carbohidratos entre 61,6 % - 68 %, siendo el valor más bajo de carbohidratos el reportado en quinua amarilla (Guo et al., 2025; Pathan et al., 2024; Manzanilla-Valdez et al, 2024).

La quinua cocida presentó un $78,6 \pm 0,15$ % de humedad, que refleja la absorción de agua durante el periodo de cocción del alimento. Este valor es mayor que lo reportado en otros estudios ($66,6 \pm 0,18$ %) que también han evaluado el efecto de la cocción en los macronutrientes de los granos de quinua. Esto sugiere variaciones que radican en las diferencias propias de la variedad de quinua analizada o del grado de cocción (Marmouzi et al, 2015; Mota et al, 2016). Además, en estos estudios se reportan valores de macronutrientes notablemente diferentes a los reportados en el presente trabajo, en un rango para proteínas $14,5 \pm 0,31$ %, ceniza $2,9 \pm 0,06$ %, carbohidratos $32,4 \pm 1,03$ %. Solamente, lo reportado para grasa total ($2,2 \pm 0,24$ %) fue similar a lo determinado en este trabajo para la quinua cocida. Estos datos demuestran cómo las diferencias entre los procesos tecnológicos y/o culinarios a los que se someten los cereales para su consumo, podrían generar pérdida o retención de macronutrientes (Marmouzi et al, 2015; Mota et al, 2016).

Durante la cocción se da una ganancia importante en el contenido de humedad, lo que provoca un efecto de dilución de los nutrientes que se conservan en el alimento, mientras que los componentes más solubles pueden lixiviar con el agua de cocción y perderse durante el escurrimiento de la quinua (Ortiz et al., 2019). Este patrón se observó en los macronutrientes y, también, en los minerales (*sección 3.2.*).

Con respecto a la quinua tostada, la composición obtenida en el presente trabajo fue diferente a lo reportado en la literatura. En el estudio de Chaudhary (2024) se analizó la influencia del tostado a dos temperaturas (190 °C vs 145 °C). Los valores de humedad reportados fueron menores a los del presente trabajo, siendo $5,4 \pm 0,35$ % y $8,2 \pm 0,22$ % en quinua tostada a una temperatura de 190 °C y 145 °C, respectivamente. Esto sugiere una influencia importante de la temperatura sobre el contenido de humedad y, por ende, en la concentración de los nutrientes. Asimismo, en este estudio se reporta un contenido menor de cenizas ($1,6\%$ y $1,9\%$, a 190 °C y 145 °C, respectivamente); mientras que los valores de grasas ($7,6$ % y $9,6$ %), proteínas ($13,7$ % y $14,8$ %) y carbohidratos ($65,6$ % y $69,9$ %) fueron similares a lo reportado en este trabajo (Chaudhary et al., 2024).

3.2. Composición de minerales de la quinua cruda, cocida y tostada

Mediante la técnica ICP-OES se obtuvo la composición de 23 minerales en los tres tipos de muestras analizadas en este estudio (anexo J), de los cuales ocho fueron minerales de interés desde el punto de vista nutricional (Tabla 7) y que son los propuestos por la FAO para los granos de quinua (Marmouzi et al, 2015; Mota et al, 2016; Campos et al, 2022).

Tabla 7. Resultados de la composición de minerales de interés nutricional en quinua cruda, cocida y tostada

	Quinua Cruda	Quinua cocida	Quinua tostada
	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Calcio	52,4	31,1	65,5
Hierro	3,0	0,9	3,2
Magnesio	107,1	38,7	118,3
Potasio	140,6	86,7	152,1
Sodio	70,5	22,2	72,7
Zinc	1,6	0,5	1,8
Cobre	0,5	0,2	0,5
Manganeso	1,2	0,4	1,4

Los minerales más abundantes en los granos de quinua cruda fueron calcio (52,4 mg/100 g), magnesio (107,1 mg/100g), potasio (140,6 mg/100g) y sodio (70,5 mg/100g). La composición mineral es similar a lo reportado en varios estudios de composición nutricional de granos de quinua, con excepción del calcio cuyos valores oscilan entre 27,5 a 148,7 mg/100g (Campos et al, 2022; Pathan et al, 2022).

Por otro lado, en este trabajo se analizaron otros metales sin connotación nutricional que se detallan en el Anexo J. En la normativa Codex Alimentarius indica que los valores de cadmio para quinua son 0,01 mg/kg - 0,1 mg/kg, para el plomo el límite máximo es de 0,2 mg/kg. Los datos obtenidos para quinua cruda y tostada se encuentran en 0,1 mg/kg de cadmio encontrándose en el nivel máximo permitido para este metal. El plomo, en la quinua cruda y tostada presenta valores de 0,4 mg/kg, siendo superior al permitido, por el contrario en la quinua cocida se mantiene en el límite máximo permitido de 0,2 mg/kg, algunos factores como la calidad del suelo y los cultivares pueden influir en la concentración de metales pesados en los granos ya que, algunos granos pueden absorber mayor cantidad de metales pesados (Códex Alimentarius,2021)

El contenido de minerales en la quinua cocida y tostada presentó cambios luego de ser expuestas a procesos de cocción y tostado respectivamente. En la quinua cocida, el contenido mineral disminuyó notablemente en comparación con la quinua cruda. Esta pérdida por lixiviación en el agua de cocción varió entre 1.6 a 3.4 veces, siendo el Fe, Na, Zn y Mn los más afectados por dicho proceso por su alta hidrosolubilidad (Fellows, 2017; Latham, 2002; Greenfield & Southgate, 2006). Al contrario, en la quinua tostada, el proceso de tostado elimina agua presente en la matriz alimentaria, lo que concentra ligeramente la cantidad de minerales, y en general de los nutrientes (Greenfield & Southgate, 2006). Esta concentración osciló entre 1.03 y 1.3 veces, siendo el Ca en el que se observó un mayor efecto de concentración, mientras que en el sodio este efecto fue despreciable.

3.2. Factores de retención y pérdida de nutrientes en quinua cruda, cocida y tostada

Los factores de retención y pérdida de nutrientes son valores estimados o aproximaciones de pérdida o ganancia que incide en el peso del alimento según las condiciones de preparación donde intervienen factores como tiempo y temperatura. Los principales cambios que puede experimentar la quinua en su composición sería la pérdida de micronutrientes hidrosolubles y termolábiles por el método de cocción, así como la concentración de componentes por el método de tostado (Greenfield & Southgate, 2006).

A continuación, en la Tabla 8 se reflejan los factores de retención de nutrientes de las muestras analizadas.

Tabla 8. Factores de retención y pérdida de nutrientes de la quinua cocida y tostada

	Quinua cocida	Quinua tostada
Factor de rendimiento (YFed) ^a	3,7	0,9
Factor de retención ^b		
Humedad	23,89	0,80
Cenizas	0,65	1,00
Grasas	1,03	0,79
Proteínas	1,33	0,91
Ca	2,17	1,09
Fe	1,09	0,93
Mg	1,32	0,96
K	2,25	0,95
Na	1,15	0,90
Zn	1,18	0,98
Cu	1,47	1,00
Mn	1,13	1,00

^a YFed: Variación de peso del alimento después de ser sometido a diferentes procesos de tratamiento, procesamiento o preparación para su consumo.

^b Porcentaje de nutrientes que se conservan en el alimento luego de ser sometido a cocción

Los factores de rendimiento hacen referencia al cambio del peso del alimento luego de haber sido sometido al proceso de cocción. Estos factores fueron 3,7 para la quinua cocida por la ganancia de peso en humedad, y 0,9 para la quinua tostada por la pérdida de peso por secado. Los factores de retención son valores relativos al rendimiento, por lo tanto, el valor máximo a obtener en los factores de retención en la quinua cocida sería 3,7 y en la quinua tostada 0,9.

En la quinua cocida, el mayor factor de retención fue para la humedad (23,9), seguidos de Ca (2,20) y K (2,28). En cambio, los nutrientes con menor retención fueron cenizas (0,66), grasa (1,04), Fe (1,11) y Na (1,17). Cabe indicar que estos nutrientes no necesariamente se pierden por lixiviación, lo cual no sería el caso para la grasa por no ser hidrosoluble (Fellows, 2017). Esta reducción en contenido puede ser un reflejo del aumento del contenido de humedad, resultando en un efecto de dilución. Para poder explicar este fenómeno con mayor precisión sería necesario analizar el agua de cocción resultante.

En cuanto a la quinua tostada, se destacan los factores de retención que denotan ganancia o concentración de nutrientes ajustados a la pérdida de peso del alimento por secado (> 0,9). Esto se observó especialmente en el contenido mineral general o cenizas (1,03), Ca (1,13) y Mn (1,05). Por otro lado, el factor de retención de humedad y grasa denotaron pérdida (0,8 y 0,81, respectivamente). Esto corrobora la pérdida de humedad por el secado y la liberación de grasa desde el grano durante el tostado, lo que facilita alcanzar relativamente temperaturas superiores sin la necesidad de adición de grasa o aceite en el proceso (Ng et al., 2007).

IV. Conclusiones Y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

El objetivo de este trabajo de titulación fue evaluar la composición nutricional de la quinua cruda y sus formas de consumo local. El proceso de tostado resultó ser más favorable para la conservación de macronutrientes y minerales. Es así que al comparar los resultados de la quinua tostada con la quinua cruda se observa un ligero incremento en la concentración de minerales de importancia nutricional como K, Na, Ca, Zn, Fe, Mg, Mn y Cu, y los valores de macronutrientes como carbohidratos y proteínas, además que en el contenido de grasas no existe una pérdida grande, por lo que en base a estos resultados se puede resaltar la calidad nutricional de este pseudocereal y se considera que dicha forma de preparación serán de mayor aprovechamiento.

El cálculo de los factores de rendimiento y retención de nutrientes, permite obtener aproximaciones del valor nutritivo de la quinua después de los procesos culinarios que se le dan a este alimento, es así que en este trabajo se ha evidenciado que la quinua cocida sufre mayores pérdidas en su contenido nutricional tanto a nivel de macronutrientes como de minerales, lo cual se debe a la ganancia de agua por cocción y/o lixiviación que ocurre durante su cocción. En contraste, los valores de quinua tostada sufren ligeros incrementos, especialmente en el contenido de cenizas y minerales, mientras que el contenido de grasas y humedad por la pérdida de agua durante el proceso.

4.2. Recomendaciones

Desde el punto de vista nutricional, se recomienda promover el consumo de quinua tostada como una alternativa de consumo con mayor contenido de macronutrientes y minerales. También se considera que sería de gran importancia investigar métodos de cocción alternativos que minimicen la pérdida de nutrientes en la quinua, ya sea con tiempos de cocción más cortos o técnicas que reduzcan la lixiviación de compuestos. Finalmente, se recomienda el análisis a futuro de compuestos bioactivos presentes en la quinua ya que estos tienen importantes implicaciones para la salud.

Referencias

- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönninger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*, 9(2), 216. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- Avalos Horna, S. K., Vasquez Reategui, A., & Quiñones, H. M. Q. (2023). Organic Quinoa in International Markets and its Consumption Trend. Systematic Review 2012-2023. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.320>
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>
- Belguet, A., Bouchareb, R., Djoudi, M., & Guendouz, A. (2024). Agro-nutritionnel Characterisation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.). *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management (JATEM)*, 7(1), 1043–1053. <https://doi.org/10.55817/YTVL5757>
- Bell, S., Becker, W., Vásquez-Caicedo, A. L., Hartmann, B. M., Moller, A., & Buttriss, J. (2006). Report on Nutrient Losses and Gains Factors used in European food composition databases. *European food information resource network*.
- Cámara-Martos, F., & Moreno-Rojas, R. (2016). Zinc: Properties and Determination. *En Encyclopedia of Food and Health* (pp. 638–644). Elsevier.
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Carchipulla Garnica, J. L., & Torres Loja, E. A. (2017). “Evaluación de los factores de ganancia y/o pérdida de nutrientes por cocción en los alimentos preparados de la base de composición de alimentos locales de la ciudad de Cuenca” [Tesis]. Universidad de Cuenca.
- Chaudhary, M., Singh, R., Chauhan, E. S., & Panwar, B. (2024). Evaluating proximate, antinutrient, and antioxidant activity of raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour and developing food products by incorporating them. *Journal of nutrition and food security*. <https://doi.org/10.18502/jnfs.v9i3.16162>

Choudhary,S., Birla,D., Pramanick,B & Choudhary,M. (2020). Quinoa: A Potential Crop For Nutritional Security. Just Agriculture, 1.

https://www.researchgate.net/profile/Devilal-Birla/publication/344464610_Quinoa_A_Potential_Crop_For_Nutritional_Security/links/5f79c867458515b7cf6556aa/Quinoa-A-Potential-Crop-For-Nutritional-Security.pdf

Codex Alimentarius, C. (2021). *Documento Debate sobre el Cadmio y el Plomo en la Quinoa*. Fao.org. factor

Food and Agricultural Organization. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Rome: 2013

FAO. (2025). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Alimento nutritivo | Plataforma de información de la quinua | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/alimento-nutritivo/es/>

Fon Fay Vásquez, F. M., & Zumbado Fernández, H. (2019). *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales* (Colloquium, Ed.; Primera edición).

Franco-Aguilar, A., Arias-Giraldo, S., Elena Anaya-García, S., & Muñoz-Quintero, D. (2020). Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*): un pseudocereal andino funcional. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 27(3), 229–235. https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_3_art_12.pdf

Fellows, P.J. (2017). *Food processing technology* (Woodhead Publishing; 4. ed). ISBN 987-0-08-101907-8.

Greenfield, H., & Southgate, D. A. T. (2006). *Datos de composición de alimentos: Obtención, gestión y utilización* (B. A. Burlingame & U. R. Charrondiere, Eds.; 2. ed). FAO.

Guo, S., Zhao, C., Zhou, J., Zhang, Z., Wang, W., Zhu, Y., Dong, C., & Ren, G. (2025). Influence of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) on the sensory quality of cooked quinoa. *Foods (Basel, Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/foods14060988>

Hernández-Ledesma, B. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as source of bioactive compounds: A review. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2(3), 27. <https://doi.org/10.31989/bchd.v2i3.556>

Hernández Rodríguez, J. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus Quinoa, an option for feeding of the diabetes mellitus patient. En *Revista Cubana de Endocrinología*, 26(3). <http://scielo.sld.cu>

Jiménez, M., Grijalva, A., & Solórzano, H. (2020). Plasma acoplado inductivamente en espectroscopia de emisión óptica (ICP-OES). *RECIMUND*, 4(4), 4–12. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.4-12](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.4-12)

Latham, M. (2002). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. <https://www.fao.org/4/w0073s/w0073s00.htm#Contents>

Lopez, M. J., & Mohiuddin, S. S. (2025). Biochemistry, essential aminoacids. En StatPearls. StatPearls Publishing.

Manzanilla-Valdez, ML, Boesch, C., Orfila, C., Montañó, S. y Hernández-Álvarez, A.-J. (2024). Descubriendo el espectro nutricional: Un análisis exhaustivo de la calidad proteica y los factores antinutricionales en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild). *Química de Alimentos: X*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101814>

Marmouzi, I., El Madani, N., Charrouf, Z., Cherrah, Y., & El Abbes Faouzi, M. Y. (2015). Proximate analysis, fatty acids and mineral composition of processed Moroccan *Chenopodium quinoa* Willd. and antioxidant properties according to the polarity. *Phytothérapie*, 13(2), 110–117. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0931-5>

Millward, D. J. (2012). Amino acid scoring patterns for protein quality assessment. *The British Journal of Nutrition*, 108 Suppl 2(S2), S31-43. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002462>

Mohamed Ahmed, I. A., Al Juhaimi, F., & Özcan, M. M. (2021). Insights into the nutritional value and bioactive properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*): past, present and future prospective. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(8), 3726–3741. <https://doi.org/10.1111/IJFS.15011>

Mota, C., Nascimento, A. C., Santos, M., Delgado, I., Coelho, I., Rego, A., Matos, A. S., Torres, D., & Castanheira, I. (2016). The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus* sp.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Journal of Food Composition and Analysis: An Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems*, 49, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.006>

Murillo, A., Vega, L., Rodríguez, D., & Yumisaca, F. (2023). *Manual del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en Ecuador. Manual de cultivo No. 130 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 1–57. www.iniap.gob.ec*

Murillo, A., Rodríguez Ortega, D. G., Vega Jiménez, L. E., Yumisaca Jiménez, S. F., Mazón, N., & Peralta, E. (2023). *INIAP- EXCELENCIA Variedad Mejorada de Quinua Precoz. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6047>*

Ng, S.-C., Anderson, A., Coker, J., & Ondrus, M. (2007). Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Food Chemistry*, *101*(1), 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.016>

Norma Técnica Ecuatoriana 1673:2013. (2013). Quinoa Requisitos. Recuperado de: Norma Inen | PDF | Cereales | Quinoa

Ortiz, J., Astudillo, G., Castro, M., Castro, C., Astudillo, S., & Donoso, S. (2019). 12th IFDC 2017 Special Issue—Seasonal variations in nutrient composition of plant-based foods produced at the Southern highlands of Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis: An Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems*, *83*(103284), 103284. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103284>

Páez-Acuario, D. F. (2019). *Social class and consumption of quinua in Cuenca. 2017.*

Pathan, S., & Siddiqui, R. A. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*, *14*(3), 558. <https://doi.org/10.3390/nu14030558>

Pathan, S., Ndunguru, G., & Ayele, A. G. (2024). Comparison of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) inflorescences, green leaves, and grains. *Crops*, *4*(1), 72–81. <https://doi.org/10.3390/crops4010006>

Paucarchuco Soto, J., & Vilchez De la Cruz, J. E. (2024). Aplicación alimentaria de la quinua germinada y valorización de sus propiedades nutricionales, biológicas y funcionales: Una revisión sistemática. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, *26*(2), 105–118. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.599>

Peralta, E., Murillo, Á., Mazón, N., Villacrés, E., & Rivera, M. (2013). *Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua y amaranto, para la sierra de Ecuador (tercera edición, p. 28). Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2713>*

PROINPA. (2011). *La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*.

Ramírez Miranda, D., Ramírez Miranda, E., & Sáenz Arana, L. (2016). Propiedades alimenticias de la quinua y sus paradojas de exclusión e inclusión social en el Perú (2011-2014). *Revistas de investigación UNMSM*, 20, 231–246.

Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., Marcone, M. F., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 174, 502–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.040>

Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., & Silva, E. (2022). Nutritional Value and Bioactive Compounds of Leaves and Grains from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*, 11(2), 213. <https://doi.org/10.3390/plants11020213>

Villarroel-Pérez, J. C., Orozco-Ramos, J. M., Cayán-Martínez, J. C., & García-Cabezas, E. F. (2020). Optimización del proceso de desaponificado de la quinua por el método de lavado, caso práctico en la empresa ASOALIENU. *Dominio de las ciencias*, 6, 898–918. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1324>

WHO/FAO/UNU (2007) Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition; Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, WHO Tech Rep Ser no. 935. Geneva: WHO.

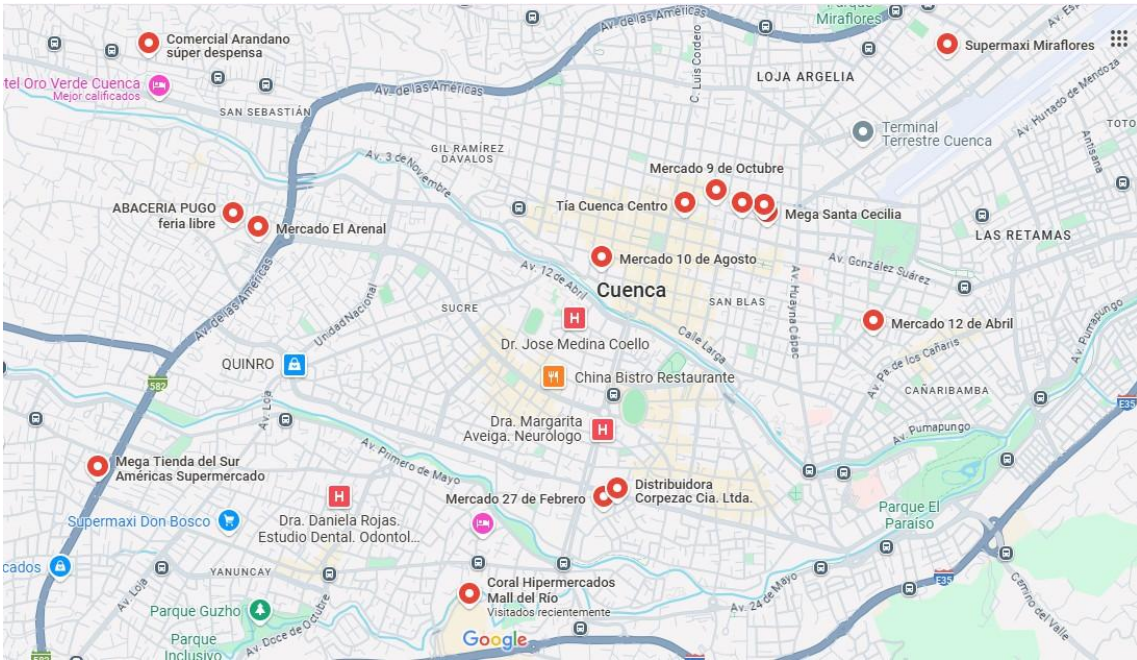
Wittig, A., Michel, J., Moss, R. L., Stecher-Rasmussen, F., Arlinghaus, H. F., Bendel, P., Mauri, P. L., Altieri, S., Hilger, R., Salvadori, P. A., Menichetti, L., Zamenhof, R., & Sauerwein, W. A. G. (2008). Boron analysis and boron imaging in biological materials for Boron Neutron Capture Therapy (BNCT). *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 68(1), 66–90. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2008.03.004>

Anexos

Anexo A. Descripción de los lugares de muestreo de quinua

Puntos de muestreo	Dirección	Ubicación	Presentación de quinua
Mercados			
Mercado 9 de octubre	Mariscal Lamar y Hermano Miguel	-2.895272069980452, -79.00116923407792	Fundas de 400 g
Mercado 12 de abril	Padre Monroy y Clemente Yerobi	-2.9023665870323585, -78.99257552273477	A granel
Mercado 10 de agosto	Calle Larga	-2.8981910175053476, -79.00765568802424	A granel
Mercado 27 de febrero	Adolfo Torres	-2.9125121369181657, -79.00749127827585	A granel
El Arenal	Av. Américas	-2.8972322946542386, -79.02686669174918	A granel
Supermercados			
Supermaxi Miraflores	Av. Elía Liut	-2.8854407355328955, -78.98841109424622	Fundas de 500g, 400 g
Comercial Arándano	Av. del Tejar y Calle Huapsay 4-15	-2.885869344797241, -79.03295721975451	A granel
Megatienda del Sur	Av. Américas y Don Bosco	-2.909442604762707, -79.03536047893415	Fundas de 450 g
Abacería Pugo	Roberto Crespo Ordoñez	-2.8958999802979717, -79.02811386910783	A granel
Coral Hipermercados	Mall del Rio, Av. Felipe II, Cuenca	-2.9160750139965885, -79.0145747204516	Fundas de 1 kg, 500 g, 450 g, 400 g, 250 g
Santa Cecilia	Mariscal Lamar entre Manuel Vega y Tomas Ordoñez	-2.900640814481312, -78.99745006291354	Fundas de 450 g
Tía	Gran Colombia, Presidente Borrero	-2.8955855215858244, -79.00103427931676	Fundas de 500 g
Distribuidoras de alimentos			
Aliño puro	Mariscal Lamar	-2.8787140925961916, -79.00046337118572	Fundas de 1 lb
Troya distribuciones	Mariscal Lamar	-2.8935439409318495, -78.99943341391254	Fundas de 1 lb
Distribuidora Corpezac Cia. Ltda.	Antonio Ramírez y, C. Francisco Sojos	-2.910190277426526, -79.00581999012853	Fundas de 1 lb

Anexo B. Ubicación de los lugares de muestreo de quinua en la ciudad de Cuenca



Anexo C. Formación de muestras compuestas de quinua y método de cuarteo



C.1. Formación de muestras compuestas de quinua



C.2. Método de cuarteo

Anexo D. Estandarización de método de cocción

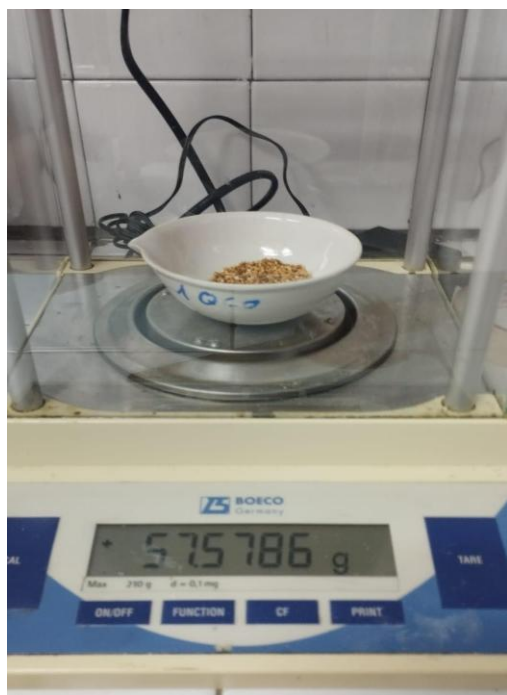


D.1. Pesaje de quinua en laboratorio y lavado pre-cocción



D.2. Cocción y escurrido de la quinua

Anexo E. Determinación de humedad



E.1. Pesaje de la muestra de quinua hasta peso continuo

Anexo F. Determinación de cenizas

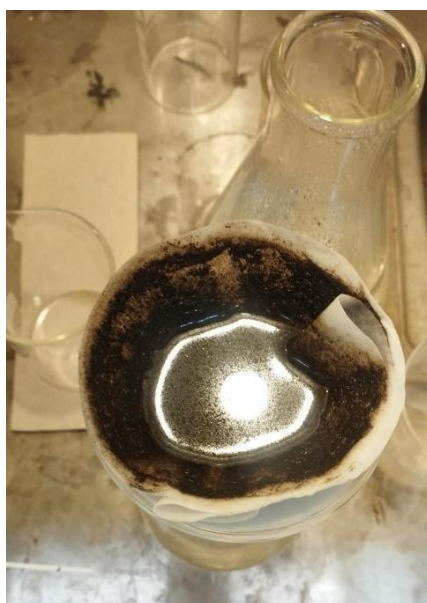


F.1. Cenizas de quinua cruda

Anexo G. Determinación de Grasas



G.1. Fase de digestión



G.2. Aislamiento de grasas



G.3. Eliminación de éter en rotavapor



G.4. Extracción de grasas por Soxhlet

Anexo H. Determinación de proteínas



H.1. Digestión de proteínas

Anexo I. Datos de análisis con réplicas de humedad, cenizas, proteínas, lípidos, carbohidratos por diferencia

Quinoa Cruda				
	Humedad	Cenizas	Grasas	Proteínas
Réplica 1	12,2	2,8	6,8	12,8
Réplica 2	11,9	2,7	7,3	13
Réplica 3	12,0	2,8	7,2	12,9
$\bar{x} \pm DE$	$12,0 \pm 0,16$	$2,8 \pm 0,04$	$7,1 \pm 0,3$	$12,9 \pm 0,1$
CV	0,01	0,01	0,04	0,01
Quinoa Cocida				
Réplica 1	78,7	0,5	1,8	4,7
Réplica 2	78,7	0,5	2,0	4,8
Réplica 3	78,4	0,5	2,0	4,5
$\bar{x} \pm DE$	$78,6 \pm 0,15$	$0,5 \pm 0,01$	$1,9 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,2$
CV	0,01	0,02	0,1	0,03
Quinoa Tostada				
Réplica 1	11,1	3,6	6,6	13,8
Réplica 2	11,2	3,5	6,3	13,4

Réplica 3	10,9	2,5	6,3	13,4
$\bar{x} \pm DE$	11,0 \pm 0,14	3,2 \pm 0,64	6,4 \pm 0,2	13,5 \pm 0,2
CV	0,01	0,20	0,03	0,02

Anexo J. Resultados de los 23 metales analizados por ICP-OES en muestras de quinua cruda, cocinada y tostada.

Minerales (mg/kg)	Quinua cruda	Quinua cocida	Quinua tostada
Plata	0,4	0,2	0,5
Aluminio	7,2	1,3	6,0
Bario	1,8	1,6	2,9
Berilio	0,0	0,0	0,0
Boro	5,7	1,7	6,6
Cadmio	0,1	0,0	0,1
Calcio	523,5	311,1	655,0
Cobalto	0,0	0,0	0,0
Cobre	4,7	1,9	5,4
Cromo	0,1	0,1	0,2
Estroncio	3,2	1,4	3,6
Galio	0,2	0,0	0,0
Hierro	30,3	9,0	32,4
Indio	0,4	0,2	0,2
Litio	0,5	0,7	0,4
Magnesio	1071,1	397,0	1183,3
Manganeso	12,5	3,9	14,3
Níquel	0,3	0,1	0,3
Plomo	0,4	0,2	0,4
Potasio	1405,9	867,1	1521,4
Sodio	704,9	221,7	726,7
Talio	0,0	0,0	0,0
Zinc	15,6	5,1	17,6

Anexo K. Cálculo de los factores de retención de los nutrientes de la quinua cocida y tostada

	Cocida	Tostada
Peso antes de cocción	150 g	110
Peso después de cocción	547,2 g	96,06

$$Y_{Fed} = \frac{EDDP}{CTILPC}$$

$$Y_{Fed} = \frac{547,2}{150} = 3,65$$

$$Y_{Fed} = \frac{96,06}{110} = 0,87$$

Humedad

$$RF = \frac{78,6 \times 3,65}{12} = 23,89$$

$$RF = \frac{11 \times 0,87}{12} = 0,8$$

Cenizas

$$RF = \frac{0,5 \times 3,65}{2,8} = 0,65$$

$$RF = \frac{3,2 \times 0,87}{0,5} = 1,00$$

Grasas

$$RF = \frac{2 \times 3,65}{7,1} = 1,03$$

$$RF = \frac{6,4 \times 0,87}{7,1} = 0,79$$

Proteínas

$$RF = \frac{4,7 \times 3,65}{12,9} = 1,33$$

$$RF = \frac{13,5 \times 0,87}{12,9} = 0,91$$

$$RF = \frac{CNED \times Y_{Fed}}{CNILCed}$$

Calcio

$$RF = \frac{31,1 \times 3,65}{52,4} = 2,17$$

$$RF = \frac{65,5 \times 0,87}{52,4} = 1,09$$

Cobre

$$RF = \frac{0,2 \times 3,65}{0,5} = 1,5$$

$$RF = \frac{0,5 \times 0,87}{0,5} = 1,00$$

Hierro

$$RF = \frac{0,9 \times 3,65}{3,0} = 1,1$$

$$RF = \frac{3,2 \times 0,87}{3,0} = 0,93$$

Magnesio

$$RF = \frac{38,7 \times 3,65}{107,1} = 1,3$$

$$RF = \frac{118,3 \times 0,87}{107,1} = 0,96$$

Manganeso

$$RF = \frac{0,4 \times 3,65}{1,2} = 1,1 \qquad RF = \frac{1,4 \times 0,87}{1,2} = 1,00$$

Potasio

$$RF = \frac{86,7 \times 3,65}{140,6} = 2,2 \qquad RF = \frac{152,1 \times 0,87}{140,6} = 0,95$$

Sodio

$$RF = \frac{22,2 \times 3,65}{70,5} = 1,1 \qquad RF = \frac{72,7 \times 0,87}{70,5} = 0,90$$

Zinc

$$RF = \frac{0,5 \times 3,65}{1,6} = 1,2 \qquad RF = \frac{1,8 \times 0,87}{1,6} = 0,98$$
