



## RESEARCH ARTICLE

### Nutritional and functional evaluation of 17 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) accessions cultivated in the Andean area of Peru

Evaluación nutricional y funcional de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivadas en la zona andina del Perú

Pámela Ponce de León Saavedra<sup>1\*</sup> ; Jenny del Carmen Valdez-Arana<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Apartado postal 12-056, La Molina, Lima. Peru.

\* Corresponding author: [jvaldez@lamolina.edu.pe](mailto:jvaldez@lamolina.edu.pe) (J. Valdez-Arana).

Received: 2 August 2020. Accepted: 19 December 2020. Published: 8 February 2021.

#### Abstract

The objective was to evaluate the nutritional composition and functional potential of quinoa accessions from Cuzco and cultivated in Huancayo. Were evaluated 17 accessions of Huancayo, 7 of low saponin content (< 0.11) and 10 of high. The average results of moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrates were  $9.79\% \pm 0.01$ ,  $17.27\% \pm 0.02$ ,  $6.76\% \pm 0.01$ ,  $2.10\% \pm 0.05$ ,  $3.07\% \pm 0.04$  y  $70.81\% \pm 0.11$  respectively. The *in vitro* digestibility of starches and protein was  $32.23\% \pm 0.008$  and  $83.6\% \pm 0.002$  respectively. The total dietary fiber was  $7.44\% \pm 1.86$ . In Cuzco accessions, the average results of moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrates were  $11.29\% \pm 0.02$ ,  $16.46\% \pm 0.04$ ,  $7.67\% \pm 0.01$ ,  $1.97\% \pm 0.01$ ,  $2.52\% \pm 0.01$  and  $71.38\% \pm 0.04$  respectively. The *in vitro* digestibility of starch and proteins was  $72.52\% \pm 0.001$  and  $83.53\% \pm 0.007$ , respectively. The total dietary fiber was  $7.02\% \pm 1.57$ . Among the quinoa accessions of Huancayo and their corresponding originals from Cuzco, content of protein, crude fiber, carbohydrates, total dietary fiber, total phenolic compounds, and *in vitro* digestibility of protein did not show significant differences ( $p > 0.05$ ).

**Keywords:** quinoa; accessions; nutritional; functional; growing zone.

#### Resumen

El objetivo fue evaluar la composición nutricional y el potencial funcional en accesiones de quinua provenientes de la sierra del Cuzco y sembradas en Huancayo. Se evaluaron 17 accesiones provenientes de Huancayo, 7 de bajo contenido de saponinas (< 0,11) y 10 de contenido alto. El resultado promedio de humedad, proteínas, grasa, cenizas, fibra bruta y carbohidratos fue  $9,79\% \pm 0,01$ ,  $17,27\% \pm 0,02$ ,  $6,76\% \pm 0,01$ ,  $2,10\% \pm 0,05$ ,  $3,07\% \pm 0,04$  y  $70,81\% \pm 0,11$  respectivamente. La digestibilidad *in vitro* de almidones y proteína fue  $32,23\% \pm 0,008$  y  $83,6\% \pm 0,002$  respectivamente. La fibra dietaria total fue  $7,44\% \pm 1,86$ . En las accesiones de quinua del Cuzco, los resultados de humedad, proteínas, grasa, ceniza, fibra bruta y carbohidratos fueron  $11,29\% \pm 0,02$ ,  $16,46\% \pm 0,04$ ,  $7,67\% \pm 0,01$ ,  $1,97\% \pm 0,01$ ,  $2,52\% \pm 0,01$  y  $71,38\% \pm 0,04$  respectivamente. La digestibilidad *in vitro* de almidón y proteínas fue  $72,52\% \pm 0,001$  y  $83,53\% \pm 0,007$  respectivamente. La fibra dietaria total fue  $7,02\% \pm 1,57$ . Entre las accesiones de quinua de Huancayo y sus correspondientes originales del Cuzco, el contenido de proteínas, fibra cruda, carbohidratos y fibra dietaria total, compuestos fenólicos y digestibilidad *in vitro* de proteínas no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

**Palabras clave:** quinua; accesiones; nutricional; funcional; zona de cultivo.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.002>

#### Cite this article:

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), 15-23.

## 1. Introducción

La quinua es una planta alimenticia del área andina y su cultivo data de 5000 años a.C. Los incas y las culturas preincaicas reconocieron desde muy temprano su alto valor nutricional. Antes de la llegada de los españoles, la quinua se cultivaba en todo el imperio incaico, que incluyó al Perú actual, la mayor parte de Bolivia, Ecuador, partes de Chile, Argentina y Colombia. La quinua era considerada un alimento sagrado, empleado además para usos medicinales (Repo-Carrasco, Espinoza, & Jacobsen, 2003).

La quinua ha tenido un creciente interés debido a su calidad nutricional superior comparada con otros granos. Es considerada por la FAO (Escudero, Gonzáles, Wells, Fischer, & Hernández, 2014) como un alimento perfecto, pues aporta los tres macronutrientes (carbohidratos, proteínas y lípidos), posee un balance aminoacídico alto en lisina y metionina; y además presenta un amplio rango de minerales y vitaminas, por lo que ha sido señalada como un nuevo producto alimenticio en el mundo (Hirose, Fujita, & Ueno, 2010).

La semilla de la quinua es clasificada de acuerdo a la concentración de saponinas, como dulce (libre de o que contiene menos de 0,11% de saponinas) o amarga (con un contenido mayor al 0,11% de saponinas) (Kozioł, 1992).

La composición nutricional de la quinua varía entre accesiones, debido a la fuerte variabilidad genética sumada a la influencia de las condiciones ambientales (Repo-Carrasco et al., 2003).

Este grano contiene proteínas con un balance esencial de aminoácidos que son de alto valor biológico (Kozioł, 1992). Las semillas contienen carbohidratos (77,6%), proteína (12,9%), lípidos (6,5%), y es alta en fibra dietaria (Hirose et al., 2010). También son ricas en nutrientes minerales (3%), y los contenidos de K, Ca, Mg, P y Fe son mucho más altos que los cereales convencionales (Hirose et al., 2010).

Aunque la siembra de la quinua en el Perú se da tradicionalmente en la sierra y existen traslados a la costa; aún hay pocas investigaciones que hayan evaluado el efecto del cambio de altitudes de estos cultivos sobre las características nutricionales y funcionales. Es de suma importancia poder evaluar este potencial, así como el hecho de ampliar las áreas de cultivo para las diversas accesiones colectadas de diferentes altitudes que son sembradas en zonas específicas de la sierra del Perú.

La siguiente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el valor nutricional y funcional de granos de accesiones de quinua con diferente contenido de saponinas, provenientes de las zonas altoandinas de Cuzco, sembradas en la sierra de Huancayo.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Muestras de quinua

La materia prima a evaluar fueron las accesiones recolectadas de las zonas altoandinas de Cuzco (provenientes del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA) (Tabla 1), las que fueron sembradas y cosechadas en otra zona de la sierra en la provincia de Huancayo dentro del Fundo Yanama, distrito de Sicaya en el departamento de Junín, (Latitud Sur 12°01'19,8" del Ecuador y Longitud Oeste 75°16'32" del Meridiano de Greenwich) a una elevación de 3282 msnm.

### 2.2 Métodos de ensayo

El contenido de saponina se realizó con el método espectrofotométrico (Baccou, Lambert, & Sauvaire, 1977). Se realizó la desaponificación de las 17 accesiones (Mujica et al., 2006), se secaron a 45 °C por 12 horas (Argüello y Garzón, 2012) y se almacenaron en bolsas con cierre hermético y en refrigeración (8 °C).

Se determinó la humedad, proteína total, grasa, ceniza, fibra bruta; los carbohidratos se calcularon por diferencia de 100, siguiendo lo descrito por la AOAC (2000).

Se evaluó la digestibilidad *in vitro* de los almidones siguiendo la metodología de Holm, Björck, Asp, Sjöberg, & Lundquist (1985), utilizando alfa amilasa para la hidrólisis y lectura en espectrofotómetro a 550 nm.

La digestibilidad *in vitro* de proteínas se midió en base al método Torry modificado (Lovern, 1965).

Para el análisis de fibra dietaria total se siguió el método 985.43 (AOAC, 2000).

La evaluación del potencial funcional se realizó a través de la evaluación de la capacidad antioxidante siguiendo el procedimiento descrito por Hirose et al. (2010) y de los compuestos fenólicos totales siguiendo el método de Singleton & Rossi (1965).

Finalmente, para el análisis individual de las muestras se emplearon las medias y desviaciones estándar. En la comparación entre muestras (sierra de Huancayo y Cuzco) se empleó la prueba t de student. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.

Tabla 1

Accesiones originales de quinua provenientes del Cuzco

Accesiones	Nombre	Altitud (m.s.n.m)	Localidad	Distrito	Provincia
CQC_038	Q'ello choqllos	2972	Cuyo grande	Pisac	Calca
CQC_061	Yuraq choqllos	3391	Zurite	Zurite	Anta
CQC_070	Yuraq choqllos	3337	Anta	Anta	Anta
CQC_075	Yuraq Quinua	2995	San salvador	San salvador	Calca
CQC_099	Yana quinua	3337	Anta	Anta	Anta
CQC_113	Yuraq quinua	2972	Ampay	Pisac	Calca
CQC_124	Choqllos	2972	Ampay	Pisac	Calca
CQC_125	Oqe puka quinua	2972	Ampay	Pisac	Calca
CQC_131	Q'ello quinua	2972	Ampay	Pisac	Calca
CQC_132	Paraqay quinua	2972	Ampay	Pisac	Calca
CQC_135	Oqe quinua	3486	San pablo	San pablo	Canchis
CQC_146	Choqllos	3486	San pablo	San pablo	Canchis
CQC_150	Yuraq ayti	3486	San pablo	San pablo	Canchis

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Evaluación del potencial nutricional

En la **Tabla 2** se presenta el contenido de saponinas y el análisis proximal de las 17 accesiones de quinua provenientes de la sierra de Huancayo.

Se tiene el contenido de saponina en las accesiones de Huancayo, la accesión CQC\_125 fue la accesión con menor porcentaje de saponinas 0,01%, seguida de CQC\_435, CQ\_472, CQC\_70 y CQC\_99 con 0,02, 0,02, 0,04 y 0,04% respectivamente y, la accesión CQC\_038 con 0,6% fue la más amarga del grupo. En el grupo de Cuzco las accesiones CQC\_125 y CQC\_99 tienen un contenido de saponina de 0%, estas accesiones tuvieron poco o nada de espuma formada luego de una prueba de agitación y reposo realizada siguiendo lo establecido por **INEN (2013)**, en donde se comprueba que las saponinas son compuestos hidrosolubles que al contacto con el agua por un fenómeno de lixiviación ésta penetra profundamente en la matriz de la semilla haciendo que las saponinas sean liberadas del gránulo (**Lalaleo et al., 2020**). Las accesiones con bajo contenido de saponina fueron la CQC\_150 y CQC\_113 con 0,027 y 0,047% respectivamente y las más altas fueron dos accesiones, CQC\_146 y CQC\_131 con 0,64 y 0,9% siendo esta última la accesión más amarga. **López-Marquéz et al. (2020)** menciona que existe la necesidad de un procesamiento extenso para la eliminación de estas saponinas, pero aún así la quinua sigue siendo un alimento atractivo por su alto valor en el mercado, la demanda mundial y la tolerancia al estrés abiótico.

El análisis de varianza simple para el análisis proximal mostró que las medias para cada componente presentan diferencias estadísticamente significativas entre las muestras (valor  $p < 0,05$ ), lo que sugiere que las accesiones de quinua poseen un valor nutricional diferente entre ellas.

En cuanto a la humedad, las accesiones de quinua sembradas en la sierra de Huancayo presentaron valores comprendidos entre 8,08% (accesión CQC\_70) y 13,77%

(accesión CQC\_38) con un promedio de 9,79%. Dichos resultados se encontraron dentro del valor establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 205,062 (**INACAL, 2014**) con 12,5% de humedad máxima, a excepción de la accesión CQC\_38 con el máximo contenido (13,77%). Asimismo, los resultados fueron semejantes a los reportados por **Valdez-Arana, Steffolani, Repo-Carrasco-Valencia, Pérez, & Condezo-Hoyos (2019)** (8,26% a 12,23%) y **García, Villanueva, Vela, & Ronda (2020)** (9,7 a 10,9%).

Al evaluar las accesiones originales de quinua provenientes del Cuzco (**Tabla 3**), el contenido de humedad estuvo en el rango 6,19% a 14,54% con promedio de 11,29%, y mostró diferencias significativas con las accesiones de quinua provenientes de Huancayo. Se identificaron accesiones provenientes del Cuzco con contenido de humedad superior a las accesiones cosechadas en Huancayo. **Miranda et al. (2013)** mencionan que el contenido de la humedad varía de acuerdo con la humedad relativa y la cantidad de precipitación en el lugar en el que se cultiva la quinua.

Con relación al contenido de proteínas las accesiones de quinua provenientes de Huancayo presentaron valores en el rango de 9,03% a 21,01% (CQC\_124 y CQC\_113 respectivamente), con un promedio de 17,15%, dichos valores cumplen con la Norma Técnica Peruana (**INACAL, 2014**) que establece un porcentaje mínimo del 10% para quinua procesada. Se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteínas entre las accesiones. Los valores obtenidos se encuentran dentro de lo reportado por **Nowak, Du, & Charrondiére (2016)** (9,1% - 15,7%), **Pereira et al. (2019)** (14,4% - 15,6%), **Valdez-Arana et al. (2019)** (17,42% - 19,59%) y **Bhargava, Shukla, & Ohri (2006)** cuyo nivel máximo (21,02%) es similar al encontrado para la accesión CQC\_113.

Al evaluar las accesiones de quinua originales provenientes del Cuzco (**Tabla 3**), el contenido de proteínas estuvo comprendido entre 11,50% a 19,20% con un promedio 16,46%.

**Tabla 2**

Análisis proximal (porcentaje en base seca) de accesiones de quinua provenientes de la sierra de Huancayo

N°	Muestras	Saponina	Humedad	Proteína b.s.	Grasa b.s.	Fibra Bruta b.s.	Cenizas b.s.	Carbohidratos b.s.
1	CQC_165	0,05	11,51 ±0,01	18,82 ±0,14	7,30 ±0,01	3,79 ±0,01	3,29 ±0,01	66,80 ±0,15
2	CQC_432	0,02	9,11 ±0,01	17,34 ±0,02	7,89 ±0,02	2,71 ±0,01	3,50 ±0,01	68,57 ±0,02
3	CQC_457	0,02	8,42 ±0,01	17,73 ±0,01	6,69 ±0,01	1,30 ±0,01	2,46 ±0,01	71,83 ±0,02
4	CQC_70	0,04	8,08 ±0,01	19,63 ±0,01	6,87 ±0,01	1,20 ±0,01	2,72 ±0,01	69,57 ±0,02
5	CQC_99	0,04	8,61 ±0,01	18,65 ±0,01	5,67 ±0,01	2,74 ±0,01	2,40 ±0,01	70,64 ±0,19
6	CQC_125	0,01	8,44 ±0,01	15,64 ±0,01	3,84 ±0,01	1,95 ±0,01	2,75 ±0,01	75,82 ±0,02
7	CQC_146	0,08	8,54 ±0,02	18,75 ±0,01	5,40 ±0,03	1,83 ±0,01	2,91 ±0,01	71,11 ±0,04
8	CQC_113	0,11	11,32 ±0,01	21,01 ±0,01	8,17 ±0,01	2,20 ±0,01	4,42 ±0,01	64,19 ±0,01
9	CQC_124	0,25	9,08 ±0,01	9,03 ±0,01	7,48 ±0,01	2,63 ±0,01	2,49 ±0,01	78,37 ±0,01
10	CQC_132	0,33	10,54 ±0,01	15,49 ±0,01	4,84 ±0,03	2,67 ±0,64	3,09 ±0,01	73,91 ±0,63
11	CQC_135	0,16	8,76 ±0,01	11,92 ±0,01	10,49 ±0,01	1,79 ±0,01	3,51 ±0,58	72,29 ±0,63
12	CQC_NC	0,19	12,42 ±0,01	14,34 ±0,00	7,75 ±0,01	2,07 ±0,01	3,75 ±0,01	69,76 ±0,00
13	CQC_38	0,60	13,77 ±0,01	20,53 ±0,01	6,47 ±0,01	1,48 ±0,02	2,84 ±0,01	68,68 ±0,03
14	CQC_61	0,47	8,66 ±0,01	16,91 ±0,01	6,83 ±0,01	2,86 ±0,01	2,55 ±0,03	70,85 ±0,04
15	CQC_75	0,58	10,93 ±0,01	16,10 ±0,00	6,07 ±0,01	1,18 ±0,01	2,71 ±0,01	73,95 ±0,02
16	CQC_131	0,45	8,85 ±0,01	19,49 ±0,01	6,44 ±0,01	1,66 ±0,01	2,60 ±0,01	69,81 ±0,01
17	CQC_150	0,54	9,44 ±0,01	20,18 ±0,01	6,67 ±0,01	1,37 ±0,01	4,18 ±0,01	67,61 ±0,02
	Promedio		9,79 ±0,01	17,27 ±0,02	6,76 ±0,01	2,10 ±0,05	3,07 ±0,04	70,81 ±0,11

Las accesiones con un mayor contenido de proteínas fueron la CQC\_NC y CQC\_131 con 19,20% y 19,12% seguido de accesiones CQC\_38, CQC\_146 y CQC\_61 con 18,65%, 18,05% y 18,02%; no hubo diferencias significativas en el contenido de proteínas entre las accesiones de Huancayo y sus originales del Cuzco. **Miranda et al. (2011)** evaluaron quinuas en diferentes zonas de la sierra de Chile, encontrando que las semillas que crecieron en la zona sur Villarica, mostraron mayor contenido de proteínas (16,10%), mientras que las de la zona de Regalona, mostraron un nivel inferior de 14,66%, indicando que habría una relación entre el contenido de proteínas con el contenido de nitrógeno disponible en el suelo o tierra de cultivo. Sin embargo, **Kuscu, Turhan, Ozmen, Aydinol, & Demir (2014)** no encuentra relación exacta entre este nitrógeno disponible y la materia orgánica del suelo con el contenido final de proteínas que puede tener un cultivo, en cambio una fertilización óptima durante la siembra sí afecta el contenido proteico de la planta.

La tierra de cultivo en Huancayo fue fertilizada en forma manual al momento de la siembra donde se aplicó el 50% de nitrógeno (úrea 46% de N), el 100% de fósforo (fosfato diamónico 18% de N y 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 100% de potasio (cloruro de potasio 60% de K).

El contenido de grasa en las accesiones sembradas en Huancayo varió en el rango 3,84% y 10,49%, siendo la accesión CQC\_125 con el menor contenido y la accesión CQC\_135 con el mayor. El promedio para el contenido de grasa fue de 6,76%, valor dentro de los reportados por **Pereira et al. (2019)** con 6,0% a 6,8% y **Valdez-Arana et al. (2019)** de 6,93% a 10,12%. En las accesiones provenientes del Cuzco el rango fue de 5,00% a 10,65% con un promedio de 7,67%, valores similares a los reportados, a excepción de la accesión CQC\_113 con el mayor contenido de grasa (10,65%) semejante al reportado por **García et al. (2020)** con un valor promedio de 10,96%. Los resultados cumplieron con el valor establecido en la Norma Técnica Peruana 205.062 (**INACAL, 2014**), con un mínimo de 4% de grasa b.s.

En cuanto al contenido de cenizas, el rango estuvo comprendido entre 2,40% y 4,42%, con un promedio de 3,07%; los resultados son similares a los reportados por **Nowak et al. (2016)** con el rango de 2,0% a 7,7%

(promedio 3,3%), por **Pereira et al. (2019)** y **Valdez-Arana et al. (2019)** donde el porcentaje de cenizas fue reportado entre 2,6% - 3,87%.

En las accesiones provenientes del Cuzco, el porcentaje de ceniza fue de 1,48 a 2,86% (promedio 2,52%) encontrándose diferencias significativas entre ellas. Estos resultados cumplieron con la Norma Técnica Peruana 205,062 (**INACAL, 2014**) que reporta un porcentaje máximo para cenizas en quinuas beneficiadas de 3,5% b.s. La diferencia entre los valores del contenido de cenizas de un cultivo a otro se ve influenciado por el contenido de salinidad del suelo de cultivo mayormente cuando posee alto contenido de K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Al<sup>+3</sup> (**Koyro & Eisa, 2008**).

El contenido de fibra bruta en las accesiones estuvo en el rango de 1,18% a 3,79% correspondiente a las muestras CQC\_75 y CQC\_165 respectivamente. El promedio fue de 2,10%, valor que se asemeja a los reportados por **Nowak et al. (2016)** y **Valdez-Arana et al. (2019)**, con valores de 1,0 a 9,2%; sin embargo, en la investigación de **Repo-Carraco et al. (2003)** se reportó un 4%; lo que sugiere que pueden existir diferencias en el método utilizado.

El porcentaje de fibra bruta en las accesiones de Cuzco fue de 1,18 a 3,30% con un promedio de 1,97%, siendo similar a **Repo-Carrasco & Serna (2011)** con valores en el rango de 1,92 a 3,38%. **Miranda et al. (2013)** encontraron que accesiones con mayor contenido de fibra bruta conservaban su composición cuando se las cambiaba de zona de cultivo, mostrando que las características genéticas de las semillas son un factor importante en la composición de la quinua. Al comparar las accesiones de quinua originales del Cuzco con las de Huancayo, no se encontró diferencias significativas entre ellas.

Los carbohidratos se calcularon por diferencia, los contenidos se presentaron en el rango de 64,19% a 78,37% con un promedio 70,81%. Dichos valores se encuentran dentro del rango reportado por **Nowak et al. (2016)** y **Valdez-Arana et al. (2019)** con valores entre 48,5% y 72,84%, por lo que fueron semejantes con las muestras evaluadas. En las accesiones originales de Cuzco, los carbohidratos estuvieron comprendidos en el rango de 68,43% a 77,56% con un promedio de 71,38%. No se encontraron diferencias significativas con las accesiones originales provenientes de Cuzco.

**Tabla 3**

Análisis proximal (porcentaje en base seca) de las accesiones originales de quinua provenientes del Cuzco

N°	Accesión	Saponina %	Humedad	Proteína b.s.	Grasa b.s.	Fibra Bruta b.s.	Cenizas b.s.	Carbohidratos b.s.
1	CQC_70	0,168	14,54 ±0,03	15,13 ±0,02	7,77 ±0,01	1,23 ±0,01	2,86 ±0,01	70,43 ±0,01
2	CQC_99	0,000	12,41 ±0,03	13,78 ±0,02	7,49 ±0,01	2,26 ±0,01	2,40 ±0,01	74,06 ±0,03
3	CQC_125	0,000	10,70 ±0,03	16,62 ±0,02	6,54 ±0,02	1,69 ±0,01	2,70 ±0,02	72,45 ±0,03
4	CQC_146	0,646	12,54 ±0,04	18,05 ±0,01	7,63 ±0,02	1,98 ±0,02	2,80 ±0,01	69,53 ±0,02
5	CQC_113	0,047	10,84 ±0,04	11,50 ±0,01	10,65 ±0,03	1,84 ±0,01	2,31 ±0,01	73,70 ±0,04
6	CQC_124	0,146	13,12 ±0,02	15,68 ±0,01	9,25 ±0,01	3,30 ±0,01	3,33 ±0,01	68,43 ±0,01
7	CQC_132	0,235	13,63 ±0,05	15,46 ±0,01	10,29 ±0,02	2,32 ±0,01	2,58 ±0,01	69,35 ±0,04
8	CQC_135	0,267	13,14 ±0,02	16,14 ±0,01	8,50 ±0,01	1,74 ±0,01	2,58 ±0,01	71,04 ±0,02
9	CQC_NC	0,245	14,29 ±0,02	19,20 ±0,02	7,09 ±0,01	2,19 ±0,01	2,75 ±0,01	68,77 ±0,02
10	CQC_38	0,082	9,23 ±0,02	18,65 ±0,03	8,31 ±0,02	1,44 ±0,01	2,81 ±0,02	68,79 ±0,07
11	CQC_61	0,192	8,11 ±0,01	18,02 ±0,02	6,78 ±0,01	2,59 ±0,01	2,52 ±0,01	70,09 ±0,02
12	CQC_75	0,095	6,19 ±0,01	16,50 ±0,01	5,51 ±0,01	1,18 ±0,01	2,20 ±0,01	74,62 ±0,02
13	CQC_131	0,899	8,03 ±0,02	19,12 ±0,01	6,56 ±0,02	2,40 ±0,01	1,48 ±0,02	70,45 ±0,03
14	CQC_150	0,027	11,22 ±0,02	14,05 ±0,02	5,00 ±0,01	1,44 ±0,02	1,95 ±0,01	77,56 ±0,05
	Promedio		11,29 ±0,02	16,46 ±0,04	7,67 0,01	1,97 ±0,01	2,52 ±0,01	71,38 ±0,04

### 3.4 Análisis de la digestibilidad *in vitro* de almidones

La digestibilidad *in vitro* de almidones se realizó con muestras de accesiones de quinua desaponificadas, secas y molidas. Los resultados se muestran en la **Tabla 4**.

**Tabla 4**

Porcentaje de hidrólisis en las accesiones de quinua sembradas en Huancayo y las provenientes del Cuzco a los sesenta minutos

Nº	Accesión	Digestibilidad %	
		Huancayo	Cuzco
1	CQC_165	70,35 ±0,01	sin muestra
2	CQC_432	26,38 ±0,01	sin muestra
3	CQC_457	10,75 ±0,02	sin muestra
4	CQC_70	21,86 ±0,01	71,36 ±0,00
5	CQC_99	16,92 ±0,01	86,32 ±0,00
6	CQC_125	38,76 ±0,01	99,41 ±0,00
7	CQC_146	28,58 ±0,01	sin muestra
8	CQC_113	20,93 ±0,01	49,06 ±0,00
9	CQC_124	43,15 ±0,01	109,46 ±0,00
10	CQC_132	21,86 ±0,01	43,15 ±0,00
11	CQC_135	20,59 ±0,01	43,24 ±0,00
12	CQC_NC	17,72 ±0,01	sin muestra
13	CQC_38	51,26 ±0,01	92,31 ±0,00
14	CQC_61	52,06 ±0,01	74,57 ±0,00
15	CQC_75	62,75 ±0,01	39,09 ±0,00
16	CQC_131	22,75 ±0,01	sin muestra
17	CQC_150	21,19 ±0,01	89,70 ±0,00
	Promedio	32,23 ±0,008	72,52 ±0,001

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los valores del porcentaje de hidrólisis a los sesenta minutos ( $p < 0,05$ ). En las accesiones de Huancayo, se encontraron valores con mayor digestibilidad *in vitro* de almidones para la CQC\_165 con 70,35% seguida de la CQC\_75 con 62,75% y CQC\_61 con 52,06%, así mismo se encontraron accesiones con muy baja digestibilidad como en la CQC\_457 la que obtuvo un 10,75% (promedio 32,23%). Algunas accesiones tuvieron digestibilidad con valores similares a los reportados por **Navia-Coarite, Nina-Mollisaca, Mena-Gallardo, & Salcedo-Ortiz (2019)** con 25% y 27% quienes analizaron almidón extraído de quinua real blanca y negra.

Para las muestras originales provenientes del Cuzco, el porcentaje de digestibilidad fue mayor en las muestras CQC\_124 con 109,46%, seguido de la CQC\_125 con 99,41% y CQC\_38 con 92,31%. **Ruales & Nair (1994)** analizaron almidón en harinas de quinua cruda, autoclavada, secada en tambor y cocida; para el almidón de quinua cruda encontraron una digestibilidad después de 60 min de 23-26%, no encontrando diferencias entre la quinua cruda y cruda previamente lavada. Así mismo evaluaron muestras con diferente contenido de saponina, la que no afectó el grado de hidrólisis, pero cuando se la sometió al calor, la hidrólisis enzimática del almidón fue significativamente mayor debido al grado de gelatinización que ocurre (**Holm et al., 1985**). Entre las accesiones provenientes de Huancayo y las del Cuzco se encontraron diferencias significativas con valor ( $p < 0,05$ ) siendo mayores en Cuzco. Dichas diferencias se atribuyen principalmente a la estructura de la amilopectina y al tamaño del gránulo del almidón (**Li, Wang, & Zhu, 2015**), así como a la presencia de compuestos fenólicos. **Zhu (2020)** menciona que la amilopectina de la quinua está

formada por varias cadenas unitarias cortas y posee una cantidad relativamente alta de éstas, lo que contribuye a defectos estructurales en los gránulos lo que le produce una menor estabilidad térmica al almidón. En cuanto al cambio de hábitat, climas con altas temperaturas sobre los campos de cultivo influyen en la composición de las semillas formando más contenido de amilosa (**Martínez et al., 2013**), la que podría ocasionar una disminución de la digestibilidad del almidón.

**Li et al. (2015)** analizaron una variedad de semillas de quinua y encontraron una susceptibilidad enzimática de 47,5% a 80,7% con un promedio de 68,5%. Cuando la digestibilidad es alta, sugiere que la muestra tiene una cantidad de fracción de almidón rápidamente digerible además de poseer un gránulo de almidón pequeño, que facilita la acción de las enzimas. La digestibilidad puede verse afectada por la estructura del gránulo de almidón, la cristalinidad, el grado de gelatinización y la retrogradación, así como constituyentes menores como lípidos y proteínas y la presencia de fibra dietaria soluble e insoluble. El almidón al estar rodeado de la matriz proteica reduce la tasa de hidrólisis enzimática (**Ruales & Nair, 1994**); es por ello que recomiendan un pre-tratamiento a las harinas con pepsina lo que incrementaría la recuperación del almidón y facilitaría una digestibilidad más completa. El mismo grado de gelatinización se ve afectado por las características físicas del almidón lo que indica diferencias en cuanto al tipo de almidones que constituyen las variedades de quinua; **Navia-Coarite et al. (2019)** sugiere que estas diferencias en la estructura de almidones podrían repercutir en la digestibilidad *in vivo*. Finalmente, los métodos utilizados para la extracción de almidón varían y deben permitir separar lo más posible el contenido proteico previo a una limpieza y lavado que deje a las semillas listas para el análisis.

### 3.5 Digestibilidad *in vitro* de proteínas

El porcentaje de digestibilidad *in vitro* de proteínas en las accesiones fue de 74,8 a 92,3%, se encontraron diferencias significativas entre las diferentes accesiones ( $p < 0,05$ ). La accesión con mayor digestibilidad fue la CQC\_113 con 92,3%, Algunos de estos resultados son similares a los reportados por **Ceron, Guerra, Legarda, Enríquez, & Pismag (2016)** donde analizaron dos harinas de quinua cruda las cuales obtuvieron una digestibilidad de 82,17 y 92,46%.

La digestibilidad *in vitro* de proteínas de las accesiones provenientes de Cuzco fue de 75,4 a 91,3% con diferencias significativas entre ellas, **Chaparro, Pismag, Elizalde, Vivas, & Erazo (2010)**, evaluaron el efecto de la germinación en la digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul, analizando la digestibilidad previa a la germinación, obteniendo para quinua un valor de 79,40%.

**Ruales & Nair (1994)** reportan valores de digestibilidad *in vitro* de proteínas en semillas de quinua cruda y lavada con 78% y 82% respectivamente, adicionalmente no encontraron efectos negativos en la calidad proteica ni en la digestibilidad con la presencia de saponinas en los granos.

**Tabla 5**

Digestibilidad *in vitro* de proteínas (porcentaje) de muestras de la sierra de Huancayo y las provenientes del Cuzco

N°	Código	Digestibilidad %	
		Huancayo	Cuzco
1	CQC_165	83,22 ±0,002	sin muestra
2	CQC_432	80,42 ±0,001	sin muestra
3	CQC_457	82,75 ±0,001	sin muestra
4	CQC_70	88,90 ±0,001	89,523 ±0,006
5	CQC_99	90,18 ±0,001	90,017 ±0,006
6	CQC_125	84,67 ±0,001	85,243 ±0,012
7	CQC_146	89,12 ±0,004	84,217 ±0,006
8	CQC_113	92,34 ±0,003	91,343 ±0,012
9	CQC_124	74,82 ±0,003	75,427 ±0,012
10	CQC_132	83,51 ±0,002	86,693 ±0,006
11	CQC_135	78,48 ±0,003	77,803 ±0,006
12	CQC_NC	86,24 ±0,002	sin muestra
13	CQC_38	90,32 ±0,004	89,833 ±0,012
14	CQC_61	65,62 ±0,001	67,597 ±0,006
15	CQC_75	77,58 ±0,001	78,217 ±0,006
16	CQC_131	84,66 ±0,002	81,543 ±0,006
17	CQC_150	89,34 ±0,002	88,503 ±0,006
Promedio		83,6 ±0,002	83,535 ±0,007

Mudgil, Omar, Kamal, Kilari, & Maqsood (2019) evaluaron el grado de hidrólisis en la proteína aislada de quinua y kiwicha, encontrando que la digestibilidad para la proteína de quinua es de 86,0% a 87,5% en 4 y 6 horas. Las diferencias en los grados de hidrólisis ocurren por el sustrato es decir las enzimas usadas y la propia respuesta y resistencia de las proteínas frente a la acción de éstas.

Entre las accesiones originales provenientes del Cuzco y las de Huancayo no se encontraron diferencias significativas entre sus medias ( $p > 0,05$ ). A pesar de esto, las variaciones ocurren debido a que la digestibilidad *in vitro* de proteínas se ve influenciada por el contenido aminoacídico de las semillas, así como la presencia de antinutrientes como el ácido fítico y los taninos. Los resultados se presentan en la **Tabla 5**.

### 3.6 Fibra dietaria total (FDT)

El contenido de FDT en las accesiones se muestra en la **Tabla 6**.

Los resultados obtenidos para fibra dietaria total fueron de 4,8% a 10,4% en las muestras analizadas con diferencias significativas entre las medias de las accesiones ( $p < 0,05$ ). La accesión que presentó mayor contenido fue la Negra Collana con 10,4% seguida de la CQC\_165 con 10,2%, CQC\_124 con 9,4% y CQC\_132 con 9,1%; la accesión con menor contenido fue la CQC\_135 con 4,8%. El resto de las muestras estuvieron en el rango de 5,1% a 8,8%.

Datos reportados por IICA (2015) encontraron muestras de quinua con un contenido de fibra dietaria total de 3 a 10% entre las diferentes variedades, Ruales & Nair (1993) realizaron la eliminación de la capa externa de las semillas por escarificado y por lavado donde no obtuvieron diferencias en el contenido de fibra dietaria total con 13,3% y 13,4% respectivamente. Así mismo Repo-Carrasco & Serna (2011) evaluaron el contenido de fibra dietaria total reportando valores mayores, los que fueron 13,56% a 15,99%.

Como parte de este estudio, las semillas de quinua debían ser lavadas para su desaponificación; cuando las

accesiones se recibieron se encontraron algunas semillas parcialmente limpias, es decir, que algunas de éstas presentaban aún su cubierta (epispermo) por lo que antes de ser lavadas se les realizó una previa limpieza con frotación manual para eliminar la tierra y cascarillas presentes.

**Tabla 6**

Contenido de fibra dietaria total (porcentaje) de muestras de Huancayo y las originales provenientes del Cuzco

N°	Accesión	FDT %	
		Huancayo	Cuzco
1	CQC_165	10,22 ±0,01	sin muestra
2	CQC_432	8,54 ±0,01	sin muestra
3	CQC_457	5,36 ±0,01	sin muestra
4	CQC_70	5,11 ±0,02	5,67 ±0,01
5	CQC_99	8,70 ±0,01	8,10 ±0,01
6	CQC_125	5,82 ±0,01	6,23 ±0,01
7	CQC_146	6,65 ±0,01	6,11 ±0,01
8	CQC_113	8,82 ±0,01	8,66 ±0,01
9	CQC_124	9,45 ±0,01	8,83 ±0,01
10	CQC_132	9,12 ±0,01	9,72 ±0,00
11	CQC_135	4,87 ±0,02	sin muestra
12	CQC_NC	10,43 ±0,01	5,11 ±0,01
13	CQC_38	5,37 ±0,01	5,53 ±0,01
14	CQC_61	8,49 ±0,01	8,90 ±0,01
15	CQC_75	6,70 ±0,01	6,21 ±0,01
16	CQC_131	5,49 ±0,01	5,21 ±0,01
17	CQC_150	7,38 ±0,01	6,91 ±0,01
Promedio		7,44 ±1,86	7,02 ±1,57

Existen variedades de quinua con epispermo más fácil de eliminar y otras que necesitan un escarificado profundo, por lo que el contenido de fibra varía dependiendo de la naturaleza de éstas, el genotipo y la interacción que tengan con el entorno en el que se cultivan, así como el proceso al que sean sometidas.

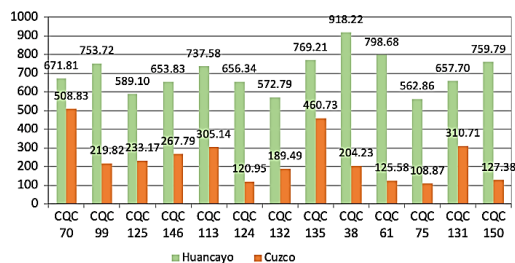
Se realizó una comparación de medias donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre el contenido de fibra dietaria de las muestras de Huancayo y las de Cuzco.

En las accesiones provenientes del Cuzco, el contenido de fibra dietaria total estuvo en el rango de 5,1% a 9,7%. Se encontraron 7 accesiones con un porcentaje de fibra dietaria total menor comparándolas con las cosechadas en Huancayo. La accesión con menor contenido fue la CQC\_135 con 5,1% y la de mayor contenido fue la CQC\_132 con 9,7% seguida de la CQC\_61 con 8,9%, CQC\_124 con 8,8% y CQC\_113 con 8,6%. Tanto en Cuzco como en Huancayo la accesión con menor contenido fue la misma (CQC\_135), y las accesiones con mayor contenido fueron la CQC\_124 y CQC\_132. Zhang, Wang, Tan, & Zhang, (2020a) reportaron un contenido de fibra dietaria total de 9,48% +/- 0,21 mientras que Sobota, Świeca, Geşiński, Wirkijowska, & Bochnak (2020) encontraron un rango de 14% a 20% de fibra dietaria total en semillas de quinua, valores más cercanos a los de Repo-Carrasco & Serna (2011) donde mencionan que procesos mecánicos como la extrusión disminuye el contenido de la FDT e incrementa la de fibra soluble. Este efecto podría deberse a las escisiones producidas por la fuerza mecánica de la cadena durante la extrusión (Zhu, 2020).

#### 4. Evaluación del potencial funcional

##### 4.1 Capacidad Antioxidante

Los resultados espectrofotométricos se utilizaron para calcular la capacidad antioxidante expresada en trolox equivalente. Los resultados se muestran en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Comparación de la capacidad antioxidante por DPPH ugTrolox/g de las accesiones de Huancayo y Cuzco.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las accesiones con un nivel de confianza del 95%. En la Figura 1 resaltan los valores obtenidos en las accesiones de Huancayo que son mayores a las originales provenientes de Cuzco.

Durante la evaluación se observó que a medida que aumenta el tiempo del análisis, se produce una decoloración gradual de las muestras (extracto con reactivo); esta decoloración corresponde a la reducción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) en la 2,2-difenil-1-picrilhidrazina por la acción antioxidante de compuestos que contienen grupos -OH presentes en las muestra de quinua, la disminución del color en el tiempo puede interpretarse como mayor presencia de compuestos antioxidantes en la muestra, que reducen al radical DPPH.

Los resultados para la capacidad antioxidante en las accesiones de Huancayo estuvieron en el rango de 562,86 a 918,21 con un promedio de 689,70 expresados en ug Trolox/g m.s. La accesión CQC\_38, CQC\_165, CQC\_61 y CQC\_135 tuvieron los valores mayores (918,21 a 769,21ug Trolox/g m.s.). En las accesiones originales de Cuzco la actividad antioxidante estuvo en el rango de 120,95 a 508,83 con promedio 244,82 ug Trolox/g m.s. siendo las accesiones CQC\_70 y CQC\_135 con valores 508,83 y 460,73 ug Trolox/g m.s. los más altos respectivamente.

**Miranda et al. (2011)** mencionan que las diferencias entre las accesiones de quinua de un mismo cultivo y su traslado se deben a los factores genéticos de la propia planta, condiciones climáticas y radiación.

**Repo de Carrasco & Encina (2008)** evaluaron quince variedades de quinua, obteniendo valores de capacidad antioxidante desde 117,49 hasta 2400,55 ugTrolox/g. Los resultados encontrados en la quinua, así como en otros cereales andinos como la kiwicha y kañiwa, revelan una alta capacidad antioxidante cuando son comparados con otros alimentos principalmente debido a su diferente origen y por su contenido en compuestos fenólicos.

##### 4.2 Compuestos Fenólicos Totales

La cuantificación de los polifenoles totales se expresa en equivalente de ácido gálico por lo que es necesario realizar una curva de calibración con éste. Los resultados se presentan en la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

Concentración de ácido gálico (mg/100g) en quinuas seleccionadas de Huancayo y las originales provenientes del Cuzco

N°	Accesión	mgAG/100g	
		Huancayo	Cuzco
1	CQC_165	29,18 ±0,02	sin muestra
2	CQC_432	65,07 ±0,03	sin muestra
3	CQC_457	65,14 ±0,05	sin muestra
4	CQC_70	26,37 ±0,13	40,48 ±0,25
5	CQC_99	69,37 ±0,21	64,46 ±0,24
6	CQC_125	72,26 ±0,04	55,20 ±0,02
7	CQC_146	33,64 ±0,05	36,71 ±0,03
8	CQC_113	14,21 ±0,08	4,19 ±0,01
9	CQC_124	45,61 ±0,25	53,55 ±0,28
10	CQC_132	61,43 ±0,02	41,48 ±0,27
11	CQC_135	57,16 ±0,12	54,73 ±0,20
12	CQC_NC	70,14 ±0,04	sin muestra
13	CQC_38	13,65 ±0,05	6,43 ±0,31
14	CQC_61	37,12 ±0,05	30,38 ±0,32
15	CQC_75	9,71 ±0,00	3,72 ±0,28
16	CQC_131	57,38 ±0,14	51,28 ±0,19
17	CQC_150	73,82 ±0,07	50,67 ±0,11
Promedio		47,13 ±0,08	37,95 ±0,195

Los granos de quinua fueron lavados para desaponificarlos previamente al desarrollo de los análisis. A nivel estadístico, se encontraron diferencias significativas para las medias de una accesión y otra (p < 0,05). **Miranda et al. (2011)** mencionan que la variación de los resultados se puede dar por la influencia que tienen los factores genéticos sobre los compuestos fenólicos en cultivos bajo las mismas condiciones agronómicas y ambientales.

Para las accesiones cultivadas en Huancayo, el contenido de compuestos fenólicos totales obtenido fue de 9,71 a 73,90 mgAG/100 g de muestra con un valor promedio de 47,13 mg AG/100 g de muestra.

El análisis de los componentes fenólicos expresados en ácido gálico de las accesiones originales provenientes de Cuzco dio como resultados valores semejantes a sus pares de Huancayo, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas (p > 0,05). Estos valores fueron de 3,868 a 72,233 mgAG/100 de muestra con un valor promedio de 38,017 mg AG/100 g de muestra.

El valor promedio en las muestras de Huancayo y en las del Cuzco se encuentra dentro de valores reportados en otras investigaciones; **Miranda et al. (2011)** evaluaron 6 ecotipos de quinua encontrando un rango de compuesto fenólicos totales (CFT) comprendido entre 14,22 a 65,53 mg AG/100 g de muestra, así mismo reportan valores para otras semillas, una de Chile con 28,41 mg AG/100 g de muestra, otra semilla de Perú con 60 mg AG/100 g de muestra y por último una de Bolivia con 71,7mg AG/100g de muestra, aunque existieron muestras con una menor cantidad de CFT comparándolas con la diversa literatura, sin embargo los promedios son similares.

Asimismo, **Repo de Carrasco & Encina (2008)** evaluaron quince variedades de quinua encontrando valores para CFT correspondientes a 35,29 hasta 139,94 mgAG/100g de muestra existiendo más variedades con valores mayores a los encontrados en las accesiones evaluadas, de igual forma los resultados reportados por **Zhang et al. (2020a)** fueron mayores con un CFT de 118,56 +/- 1,05 mg AG/100 g.

Los compuestos fenólicos son un grupo conformado por diversos ácidos fenólicos, **Repo-Carrasco, Hellstrom, Pihlava, & Marrila (2010)** reporta el contenido total de ácidos fenólicos en semillas de quinua en el rango de 30,3 a 59,7 mg AG/100 g encontrando también en la investigación de **Zhang, Xing, Sun, Zhou, Ren, & Qin (2020b)** que estos estaban conformados por ácido caféico, ferúlico, p-cumárico p-OH-benzoico y vinílico. **Pereira et al. (2020)** concluye en su investigación que la quinua tiene un gran valor no solo por su potencial nutricional sino también por su composición en compuestos bioactivos; ellos encontraron que las semillas de quinua negra, roja y blanca poseen un buen perfil fenólico específicamente los flavonoides. Finalmente, el contenido total de compuestos fenólicos (fenoles y flavonoides) puede verse afectado por el genotipo del cultivo, el suelo, las condiciones climáticas, la cosecha y condiciones post cosecha (**Skrovankova, Sumczynski, Mlcek, Jurikova, & Sochor, 2015**).

#### 4. Conclusiones

Se encontraron diferencias significativas entre las accesiones para cada componente del análisis proximal. Entre las accesiones de quinua provenientes de Huancayo y las originales provenientes del Cuzco, en la comparación de medias se encontró que la proteína, la fibra cruda, los carbohidratos y la fibra dietaria total no presentan diferencias significativas por el cambio de hábitat. La digestibilidad *in vitro* de almidones fue variable entre las accesiones de cada procedencia con diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las accesiones de quinua provenientes de Huancayo y sus correspondientes de Cuzco. Los resultados para la digestibilidad *in vitro* de proteínas estuvieron dentro de los valores reportados en la literatura; no se encontraron diferencias significativas entre las accesiones sembradas en Huancayo y las originales del Cuzco. La capacidad antioxidante expresada en Trolox equivalente fue mayor en las accesiones de la siembra de Huancayo que en las originales provenientes del Cuzco con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) influenciado principalmente al cambio de hábitat. El análisis de compuestos fenólicos totales expresados en ácido gálico reveló diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las medias entre las accesiones de quinua de cada procedencia, mientras que en las accesiones de quinua provenientes de Cuzco y de Huancayo no existieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ); los resultados obtenidos fueron semejantes en ambas procedencias. Finalmente es en el contenido de humedad, grasa, cenizas y la capacidad antioxidante donde se muestra cambios en el potencial nutricional y funcional de la quinua cuando se cambia de hábitat entre su lugar de origen y otro lugar de la sierra del Perú.

#### Agradecimiento

La presente investigación ha sido elaborada con financiamiento provisto por el Proyecto de Investigación Aplicada con Contrato N° 141-FINCYT-IA-2013 "Selección de ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa*) con mayor potencial nutricional, funcional, tecnológico, sensorial y

menor contenido de saponinas, cultivados en costa y sierra", del Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCYT) del Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú).

#### ORCID

P. Ponce de León  <https://orcid.org/0000-0003-2358-7097>

J. Valdez-Arana  <https://orcid.org/0000-0002-9592-6353>

#### Referencias bibliográficas

- AOAC. Association of Official and Analytical Chemists. (2000). Official Methods of Analysis. Editorial Board. USA.
- Argüello, S., & Garzón, G. (2012). Efecto de la temperatura y el tiempo de remojo en la germinación de maíz morado (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) para incrementar su valor proteico. [Tesis Ing. Agroindustrial.] Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. 129 pp.
- Baccou, J., Lambert, F., & Sauvaire, Y. (1977). Spectrophotometric. Method for the determination of total steroidal sapogenin. *Analys* 102:458 - 465.
- Bhargava, A.; Shukla, S., & Ohri, D. (2006). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research* 101, 104–116.
- Cerón, C.; Guerra, L.; Legarda, J.; Enríquez, M., & Pismag, Y. (2016). Efecto de la Extrusión sobre las Características Físico-Químicas de Harina de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2, 92-99.
- Chaparro, D., Pismag, R., Correa, E., Vivas, N., & Erazo, C. (2010). Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, guandul y soya. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 51-59.
- Escudero, O., Gonzáles, I., Wells, G., Fischer, S., & Hernández, J. (2014). Amino acid profile of the quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. *Journal of Cereal Science (Article in Press)*, 1-8.
- García, A., Villanueva, M., Vela, A., & Ronda, F. Protein and lipid enrichment of quinua (cv. Tticaca) by dry fractionation. Techno-functional, thermal and rheological properties of milling fractions. *Food Hydrocolloids*. 105-105770.
- Hirose, Y.; Fujita, T.; Ueno, N. (2010). Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*, 119, 1300-1306.
- Holm, J.; Björck, I.; Asp, N.G.; Sjöberg, L.B., & Lundquist, I. (1985). Starch availability in vitro and in vivo after flaking, steam-cooking and popping of wheat. *Journal of Cereal Sciences*, 3, 193-206.
- IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2015). El mercado y la producción de quinua en el Perú. 172p. Lima, Perú.
- INACAL Instituto Nacional de Calidad - Perú. 2014. NTP 205.062:2014. *Granos Andinos. Quinua. Requisitos*. 2 (ed). Lima. Perú. 28 dic 2014. 15 pp.
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN 1672:2013. *Quinua. Determinación del Contenido de saponinas por medio del método espumoso (Método de rutina)*. Primera edición. Quito-Ecuador. 3p.
- Koyro, H.W., & Eisa, S.S. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plan and Soil*, 302, 79-90.
- Kozioł, M. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 35-68.
- Lalaleo, L., Hidalgo, D., Valle, M., Calero-Caceres, W., Lamuela-Raventós, R., & Becerra-Martínez, E. (2020). Differentiating, evaluating, and classifying three quinua ecotypes by washing, cooking and germination treatments, using <sup>1</sup>H NMR-based metabolomic approach. *Food Chemistry*, 331, 127351.
- Li, G.; Wang, S.; Zhu, F. (2015). Physicochemical properties of quinua starch. *Carbohydrate Polymers*, 137(10), 328-338.
- López-Marquéz, R., Norrevang, A., Ache, P., Moog, M., Visintainer, D., Wendt, T., Osterberg, J., Dockter, C., Jorfensen, M., Torres Salvador, A., Hedrich, R., Gao, C., Jacobsen, S., Shabala, S., & Palmgren, M. (2020). Prospects for the accelerated improvement of the resilient crop quinua. *Journal of Experimental Botany*, 71, 5333-5347.
- Lovern, J.A. (1965). Some analytical problems in the analysis of fish and fish products. *Journal of the A.O.A.C.*, 48, 60-68.
- Martínez, R.D., Cerrudo, A., Andrade, F., Cirilo, A., Monzón, J.P., & Izquierdo, N. (2013). Effect of temperature during grain filling on the amylose/starch ratio in maize hybrids with different grain hardness. ASA, CSSA, and SSSA International Annual Meetings. Florida, Estados Unidos.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Uribe, E., López, J., Martínez, E., Rodríguez, M.J., Quispe, I., & Di Scalac, K. (2011). Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Procedia Food Science*, 1, 1439-1446.



- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Martínez, E., López, J., Marín, R., Aranda, M., & Fuentes, F. (2013). Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(2), 108-116.
- Mudgil P., Omar L., Kamal H., Kilari B., & Maqsood, S. (2019). LWT - *Food Science and Technology*, 110, 207-213.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., Romero, A., & Jacobsen, S. (2006). Agroindustria de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los Países Andinos. Proyecto Quinoa: Cultivo Multipropósito para los Países Andinos INT/01/K01 Perú-Colombia-Bolivia. Editorial El Altiplano EIRL, Perú.
- Navia-Coarite, N., Nina-Mollisaca, G., Mena-Gallardo, E., & Salcedo-Ortiz, L. (2019). Hidrólisis enzimática en harina de quinoa y tarwi por efecto de  $\alpha$ -amilasa. *Bioteconología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 17, 64-73.
- Nowak, V., Du, J., & Charrondiére, U.R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47-54.
- Pereira, E., Cadavez, V., Barros, L., Encina-Zelada, C., Stojkovic, D., Sokovic, M., Calhelha, R., Gonzales-Barron, U., & Ferreira, I. (2020). *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa) grains: A good source phenolic compounds. *Food Research International*, 137, 109574.
- Pereira, E., Encina-Zelada C., Barros L., Gonzales-Barron U., Cadavez V., & Ferreira I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. (2003). Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19(1-2), 179-189.
- Repo de Carrasco, R., & Encina, C.R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 85-99.
- Repo-Carrasco, R., Hellstrom, J., Pihlava, J., & Marrila, P. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120, 128-133.
- Repo-Carrasco, R., & Serna, L. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 31(1), 225-230.
- Ruales, J., & Nair, B. (1993). Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*, 48, 131-136.
- Ruales, J., & Nair, B. (1994). Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Plant Foods Human Nutr.*, 45, 223-246.
- Sobota, A., Świeca, M., Geśiński, K., Wirkijowska, A., & Bochnak, J. (2020). Yellow - coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) – physicochemical, nutritional, and antioxidant properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100, 2035-2042.
- Singleton, V., & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology Viticulture*, 16, 2349-2351.
- Skrovankova, S.; Sumczynski, D.; Mlcek, J.; Jurikova, T., & Sochor, J. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *Int. J. Mol. Sci.*, 16, 24673-24706.
- Valdez-Arana, J.D.C.; Steffolani, M.E.; Repo-Carrasco-Valencia, R.; Pérez, G.T., & Condezo-Hoyos, L. (2019). Physicochemical and functional properties of isolated starch and their correlation with flour from the Andean Peruvian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147(15), 997-1007.
- Zhang, D., Wang, L., Tan, B., & Zhang, W. (2020a). Dietary fibre extracted from different types of whole grains and beans: a comparative study. *International Journal of Food and Technology*, 55, 2188-2196.
- Zhang, Q., Xing, B., Sun, M., Zhou, B., Ren, G., & Qin, P. (2020b). Changes in bio-accessibility, polyphenol profile and antioxidants of quinoa and djlis sprouts during in vitro simulated gastrointestinal digestion. *Food Science, & Nutrition*, 8, 4232-4241.
- Zhu, F. (2020). Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses. *Carbohydrate Polymers*, 248, 116819.