



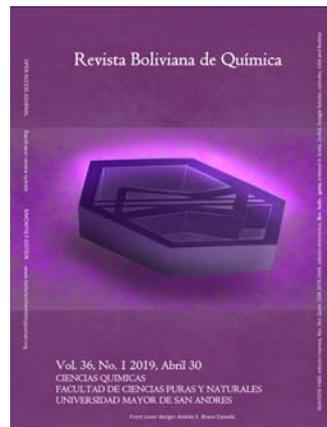
**PRIMARY METABOLITES  
IN FOUR ACCESSIONS OF  
*CHENOPODIUM QUINOA*  
WILLD IN THREE DISTRICTS OF  
AYACUCHO- PERU**

**METABOLITOS PRIMARIOS EN  
CUATRO ACCESIONES DE  
*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD EN  
TRES DISTRITOS DE AYACUCHO-  
PERÚ**

Received 03 01 2019  
Accepted 04 25 2019  
Published 04 30 2019

Vol. 36, No.1, pp. 1-9, Ene./Abr. 2019  
Revista Boliviana de Química

36(1), 1-9, Jan./Apr. 2019  
Bolivian Journal of Chemistry  
DOI: 10.34098/2078-3949.36.1.1



Full original article

Peer-reviewed

Roberta B. Anaya González<sup>1,\*</sup>, Raúl A. Mamani Aycachi<sup>1</sup>, Reynán Córdor Alarcón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Bioquímica, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Portal Independencia N°57 Plaza de Armas/Huamanga-Ayacucho, Phone: +5166-313434. Apartado Postal 220, Ayacucho – Perú

<sup>2</sup>Laboratorio de Genética, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Portal Independencia N°57 Plaza de Armas/Huamanga-Ayacucho, Phone: +5166-313434. Apartado Postal 220, Ayacucho – Perú

**Keywords:** *Chenopodium quinoa*, Chemical composition, Food safety.

**Palabras clave:** *Chenopodium quinoa*, Composición química, Seguridad alimentaria.

## ABSTRACT

In this work the content of primary metabolites of four accessions of *Chenopodium quinoa* Willd (called as White, Yellow, Red and Black) of three districts of the province of Huamanga: Tambillo, Acocro and Chiara was investigated. The methodology according to AOAC was: proteins by Kjeldahl, carbohydrates by difference, fats by Soxhlet and fibers by acid-alkaline hydrolysis. The values obtained showed for carbohydrates (62.46 and 68.8%), for fats (5.03 and 6.27%) and for proteins (11.66 and 15.17%). Higher protein and fat content was obtained in the White accession, and in the Black accession the carbohydrate content was higher; the results obtained in the proximal analysis are within the parameters established by the FAO. The contribution lies in the knowledge of the quality of the quinoa, sowing in different altitudinal floors, finding out which of the accessions is more important economically. The certification of origin of the plants shows its genetic potential, which is transferred to another place; however, genetically it is different and therefore its nutritional quality does not equal its place of origin.

\*Corresponding author: [banaya13@hotmail.com](mailto:banaya13@hotmail.com)



## RESUMEN

En este trabajo se investigó el contenido de metabolitos primarios de cuatro accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd (Blanca, Amarilla, Roja y Negra) de tres distritos de la provincia de Huamanga: Tambillo, Acocro y Chiara. La metodología según AOAC fue: las proteínas por Kjeldahl, los carbohidratos por diferencia, las grasas por Soxhlet y las fibras por hidrólisis ácida-alcaldina. Los valores obtenidos mostraron para los carbohidratos (62,46 y 68,8 %), grasas (5,03 y 6,27 %) y proteínas (11,66 y 15,17 %). Se obtuvo mayor contenido de proteínas y grasas en la accesión Blanca, y en la accesión Negra el contenido de carbohidratos fue mayor; los resultados obtenidos en el análisis proximal están dentro de los parámetros establecidos por la FAO. El aporte radica en el conocimiento de la calidad de la quinua, siembra en diferentes pisos altitudinales, averiguar cuál de las accesiones es más importante económicamente. La certificación de origen de las plantas manifiesta su potencial genético, que trasladado a otro lugar se adapta; sin embargo, genéticamente es diferente y por tanto su calidad nutricional no iguala a su lugar de origen.

## INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de poseer una fuente básica sobre los niveles de metabolitos primarios en diversos cultivares de quinua adaptadas y nativas de nuestra región, se plantea dar respuesta al problema: ¿Cuáles son las diferencias en las concentraciones de metabolitos primarios en cuatro accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd de tres distritos de la provincia de Huamanga?

Se pretende con los resultados de esta investigación contribuir a poner en evidencia la real importancia de este valioso recurso natural, valorizando su uso ancestral y promoviendo así su consumo en todos los estratos sociales, en particular los más necesitados. Esta valorización contribuirá a reducir las tasas elevadas de anemia y desnutrición que afectan a un gran sector de la población. Por otra parte, contribuir para lograr la transformación tecnológica hacia una producción masiva del grano y llegar a ser menos dependiente de productos introducidos de bajos niveles nutricionales, hecho que a la larga provoca consecuencias irreparables como la desnutrición crónica [1].

La quinua, de gran diversidad biológica reflejada en alrededor de tres mil muestras registradas en los bancos de germoplasma del Perú, es conocida como el grano de oro y es un producto de alto contenido en macronutrientes (glúcidos, proteínas y lípidos), y micronutrientes (vitaminas y minerales). La quinua ha sido desde hace cinco mil años la base de la dieta alimenticia de los pobladores de las zonas andinas del Perú. Bolivia, Ecuador, Chile y Argentina. Este cultivo se originó en los alrededores de la cuenca del lago Titicaca donde se encuentra concentrada su gran diversidad genética [2].

El cultivo de la quinua se realiza en diversos pisos ecológicos desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. y la especie se adecúa a sus diferentes suelos. Debido a su alto potencial agrícola y nutritivo, el interés por la quinua está en continuo aumento, en especial en los últimos años, la producción en el año 2010 fue de 41,08 toneladas métricas (TM); en el año 2015, 105,67 TM; sin embargo, en el 2017 descendió a 78,54 TM [3]. En la actualidad es considerada un producto “estrella” en el mundo entero por sus propiedades nutritivas y coadyuvantes a la salud humana. Con diferentes variedades de especies, el éxito de su siempre creciente producción y exportación deriva de su gran contenido proteico compuesto de todos los aminoácidos esenciales, constituyéndose así en una excelente alternativa a la proteína de origen animal. El creciente interés en el consumo de semillas de quinua en el mundo es debido a su composición nutricional, es decir su naturaleza misma, que se encuentra fuertemente influenciada por las condiciones edafoclimáticas (precipitación, temperatura, viento, altitud y luminosidad) de las regiones de cultivo, en particular las regiones de altura [4].

El aporte de la presente investigación radica en el conocimiento de la calidad de la quinua, sembrada y cosechada en diferentes pisos altitudinales, y plantea una escala de importancia económica de las cuatro accesiones consideradas. La certificación de origen de las plantas manifiesta su potencial genético que al trasladarse a otro lugar se adapta; sin embargo, genéticamente es diferente [5] y por tanto su calidad nutricional no iguala a la de su lugar de origen.

El objetivo de este estudio fue cuantificar los metabolitos primarios de cuatro accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd en tres distritos de la provincia de Huamanga-Ayacucho; y compararlos con los valores establecidos por la FAO.

## RESULTADOS



La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en esta investigación sobre la composición en metabolitos primarios de quinua procedente de 4 accesiones de la provincia Huamanga-Ayacucho.

**Tabla N° 1.** Composición química de *Chenopodium quinoa* Willd por accesión y procedencia.

Procedencia	Componente (%)	Accesiones								P valor
		Blanco		Amarillo		Rojo		Negro		
		Prom.%	SD	Prom.%	SD	Prom.%	SD	Prom.%	SD	
<b>Acocro</b>	Carbohidrato	63,81b	1,32	64,2b	1,67	66,84ab	0,70	67,61a	0,87	0,011
	Ceniza	2,74c	0,33	3,69a	0,29	3,37ab	0,04	2,98bc	0,1	0,004
	Fibra	3,92a	0,36	3,90a	0,20	3,50 <sup>a</sup>	0,36	3,33a	0,21	0,097
	Grasa	6,13a	0,21	5,54ab	0,55	5,03b	0,21	5,60ab	0,26	0,027
	Humedad	12,15a	0,73	12,27a	0,73	11,96 <sup>a</sup>	0,33	12,15a	0,56	0,938
	Proteína	15,17a	0,70	14,30a	0,40	12,80b	0,30	11,66b	0,65	0,000
<b>Chiara</b>	Carbohidrato	62,94b	1,02	66,68a	1,2	67,77 <sup>a</sup>	1,12	68,3a	0,78	0,001
	Ceniza	4,10a	0,08	3,90ab	0,2	3,40bc	0,26	2,83c	0,31	0,001
	Fibra	4,15a	0,05	3,93a	0,15	3,72ab	0,23	3,40b	0,20	0,004
	Grasa	6,27a	0,15	5,69bc	0,15	5,93ab	0,15	5,30c	0,20	0,001
	Humedad	11,94a	0,69	10,57b	0,58	10,00b	0,44	10,10b	0,26	0,006
	Proteína	14,76a	0,30	13,17b	0,59	12,90b	0,92	13,47ab	0,44	0,024
<b>Tambillo</b>	Carbohidrato	62,46c	0,59	64,56b	0,41	66,07b	0,68	68,80a	0,96	0,000
	Ceniza	4,23a	0,15	3,53ab	0,55	3,33b	0,21	2,87b	0,15	0,005
	Fibra	4,00a	0,20	3,83a	0,31	3,50ab	0,10	3,27b	0,15	0,009
	Grasa	6,13a	0,21	5,58ab	0,47	5,90ab	0,10	5,23b	0,06	0,014
	Humedad	13,04a	0,36	12,45ab	0,28	11,73bc	0,21	11,00c	0,78	0,003
	Proteína	14,13a	0,65	13,90a	0,62	12,70ab	0,80	11,93b	0,38	0,008

Prom.: Promedio en %; SD: Desviación estándar; Promedios con letras iguales en la misma fila no presentan diferencia significativa, según la Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Las muestras de *Chenopodium quinoa* Willd de las accesiones Blanca, Amarilla, Roja y Negra de los distritos de **Acocro**, **Chiara** y **Tambillo** de la provincia de Huamanga fueron transportadas al laboratorio de Bioquímica, para ser seleccionadas, lavadas, secadas y pulverizadas para el análisis químico proximal de macronutrientes. Cada muestra se trabajó con tres repeticiones, los resultados promedios se presentan en la tabla 1.

Ibañez et al. [6], reportan la determinación de proteínas, grasas y cenizas con el método de AOAC [9], en diferentes granos de quinua, dulces y amargas, de colores amarillo, amarillo-naranja, naranja, naranja-grisáceo, blanco, blanco-amarillo, blanco-naranja, verde-grisáceo, marrón-grisáceo y negro. Se observaron variaciones en el contenido de proteína del grano de 7,0 a 24,4% (b. s.), grasa de 4,79 a 9,46% (b. s.) y cenizas de 2,51 a 4,62% (b. s.). Los resultados obtenidos en nuestro trabajo muestran una variación en los caracteres evaluados, concordante con lo señalado por Ibañez et al. [6], que refieren que el mejor conocimiento de la calidad de las quinuas peruanas permitirá un uso más apropiado y una mejor orientación en el desarrollo de las variedades [6].

Según Collazos [7], 100 g de quinua contienen 354 calorías; 12,5 % de agua; 9,1 g de proteína; 4,5 g de grasa; 70 g de carbohidratos; 4,1 g de fibra y 2,4 g de cenizas. Por este alto valor nutritivo es que su uso a nivel mundial ha aumentado. MINAGRI [1], considera que la composición química y valor nutricional en 100 g de quinua es: agua



12,00 %, carbohidratos 69,29 %, proteínas 10,70 %, ceniza 3,20 %, grasas 5,70 % y celulosa 4,30 %, citado por Gorbitz [8].

Diversas muestras de quinua analizadas por técnicas oficiales de AOAC [9], arrojaron los siguientes datos: humedad 9,5%, cenizas 2,3%, materia grasa 6,5 %, fibra bruta 4,1 % y proteínas 15,8 %. Así mismo se reporta un mayor contenido de proteínas y materia grasa en localidades aledañas como Belén, donde el contenido de proteínas es 11,4 % y materia grasa de 5,35 %. Esta variación en la composición puede deberse a la mejor adaptación del cultivo al clima, suelos y altura características de esta región. El cultivo y consumo de quinua en esta localidad constituye un importante aporte a la Seguridad alimentaria en estas comunidades aisladas [10].

En base a las muestras trabajadas: accesiones Blanca, Amarilla, Roja y Negra, en cuanto a su contenido nutricional, existe variada información; de acuerdo al trabajo de Arzapalo [11], la variedad Blanca, tiene mayor contenido de proteínas (13,64%), grasas (7,10%), fibra (4,84%) y ceniza (4,40%) respecto a las accesiones Roja y Negra que muestran valores ligeramente menores, excepto en el contenido de carbohidratos en el que la accesión Negra Collana muestra mayor contenido (80,50%), frente a las accesiones Roja (77,92%) y Blanca (74,85%). Comparativamente con los resultados obtenidos en el trabajo (Tabla 1), respecto al contenido de carbohidratos (62,46 a 68,8%), grasas (5,03 a 6,27%), fibra (3,27 a 4,15%), humedad (10 a 13,04%), cenizas (2,74 a 4,23%) y proteínas (11,66 a 15,17%), éstos guardan similitud con los datos de diversos autores como Gorbitz [8], INDECOPI [12], MINAGRI [1], Sedó [10], entre otros.

### **Respecto al contenido de carbohidratos:**

Las muestras procedentes del distrito de **Acocro** reflejan que no existe diferencia significativa entre las accesiones Roja y Negra, las cuales presentan un promedio de carbohidratos de 66,84% y 67,61% respectivamente. No obstante la accesión Negra mostró mayor contenido de carbohidratos frente a la accesión Blanca (63,81 %) y Amarilla (64,2%); siendo significativamente diferente.

En caso de las muestras procedentes de **Chiara**, se observa que entre las accesiones Amarilla (66,68%), Roja (67,77%) y Negra (68,3%) no existe diferencia significativa, pero sí esta diferencia es importante en el contenido de carbohidratos entre las accesiones Negra (68,3%) y Blanca (62,94%).

La quinua de **Tambillo** tiene un comportamiento parecido, presenta una diferencia significativa entre las accesiones Blanca (62,46%) y Negra (68,8%), pero entre la accesión Amarilla (64,56%) y Roja 66,07%) no. Por lo tanto se encontró mayor porcentaje de carbohidratos en la accesión Negra procedente de Tambillo, Chiara y Acocro.

### **Respecto al contenido de proteínas:**

En las muestras de **Acocro**, se aprecia que no existe diferencia significativa entre las accesiones Blanca (15,17%) y Amarilla (14,3%). Sin embargo, la accesión Blanca refleja mayor contenido de proteínas frente a las accesiones Roja (12,8%) y Negra (11,66%) resultando significativamente diferente.

La quinua de **Chiara** muestra una diferencia significativa en el contenido proteínico de la accesión Blanca (14,76%) frente a la accesión Roja (12,9%), pero no existe diferencia significativa entre las accesiones Amarilla, Roja y Negra.

La muestra procedente de **Tambillo**, arroja una diferencia significativa entre las accesiones Blanca (14,13%) y Negra (11,93%), sin encontrarse diferencia significativa entre las accesiones Blanca, Amarilla y Roja.

Por lo tanto se encontró mayor porcentaje de proteínas en la accesión Blanca procedente de **Chiara**, **Acocro** y **Tambillo**; es decir, la accesión Blanca presenta un mayor contenido de proteínas respecto a las accesiones Amarilla, Negra y Roja en los tres lugares muestreados; razones suficientes para justificar el uso mayoritario de la quinua Blanca en la alimentación humana. En la Tabla 1, se observa que no hay diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en la cantidad porcentual de proteínas entre las accesiones Blanca y Negra de **Chiara**, Blanca y Amarilla de **Acocro** y **Tambillo**. Las accesiones que presentaron menor porcentaje de proteínas fueron en **Chiara** la Roja, en **Acocro** y **Tambillo** la Roja y Negra. La quinua, desde el punto de vista nutricional, es la fuente natural de proteína vegetal económica con una mayor proporción de aminoácidos esenciales, el valor calórico es mayor que el de otros cereales, y tanto en grano como en harina alcanza 350 Kcal/100g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías [13].

De acuerdo a los valores promedios de proteínas de 11,66 a 15,17% obtenidos en el presente trabajo, se dice que la cantidad de proteínas de la quinua depende de la variedad. Aunque generalmente tenga una mayor cantidad de



proteínas en relación con la mayoría de granos, la quinua se conoce más por la calidad de las mismas; es decir la presencia de los ocho aminoácidos esenciales. Abugoch [14], menciona que la quinua se destaca principalmente por su alto contenido de proteínas, que varía desde 12 a 23 %, con un valor promedio de 16,3 %. En comparación con los granos de cereales tradicionales, este valor resulta mayor que el de cebada (11 %), arroz (7,5 %) o maíz (13,4 %), y comparable al del trigo (15,4 %) [14].

#### **Respecto al contenido de grasas:**

Las muestras provenientes de **Acocro** exhiben una diferencia significativa entre las accesiones Blanca (6,13%) y Roja (5,03%); sin embargo, entre las accesiones Amarilla y Negra no. En caso de la quinua de **Chiara** la diferencia significativa es entre la Blanca (6,27%) y la Negra (5,3%) y en la quinua de **Tambillo** existe el mismo comportamiento.

El contenido de grasas oscila entre 5,03 y 6,27 % con cifras incrementadas en la accesión Blanca tanto de **Chiara**, **Acocro** y **Tambillo**. Aproximadamente la mitad de las grasas de la quinua están compuestas por ácido linoleico (conocido como Omega 6), a continuación, le sigue el ácido oleico (que es el ácido graso típico del aceite de oliva) en una proporción del 25%. El resto se reparte entre las grasas saturadas (palmitico principalmente), ácido alfa-linoleico (Omega 3), y otras grasas. Omega 3 y 6 se consideran ácidos grasos esenciales para la nutrición siendo inexistentes en el organismo humano [15].

El contenido de grasa promedio en las semillas de quinua se encuentra en el rango de 5,0 a 6,3 %, mayor que el del maíz (3 a 4 %). El hecho de que algunas variedades de quinua hayan mostrado concentraciones de grasas cercanas a 9,7 % ha llevado a que algunos autores la consideren como un potencial cultivo oleaginoso [16, 17]. Esta fracción lipídica es rica en ácidos grasos insaturados (86 %), destacándose la presencia de grandes cantidades de ácidos grasos esenciales como el linoleico: 48,2 a 56 g/100 g) y linolénico: 3,8 a 8,3 g/100 g [18]. A pesar de su alto contenido de grasa y grado de insaturación, se ha señalado un alto grado de estabilidad de las grasas de la quinua frente a la oxidación. Esta propiedad ha sido atribuida al alto contenido de vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol) presente en el aceite extraído de granos de quinua [16]. Un aspecto a destacar es que la semilla de quinua no contiene proteínas formadoras de gluten, por lo que puede ser consumida por personas celíacas o alérgicas al trigo [19].

#### **Respecto al contenido de fibra:**

La quinua del distrito de **Acocro** respecto al contenido de fibra no existe diferencia significativa entre las accesiones estudiadas, es decir entre la Blanca, Amarilla, Roja y Negra. En el distrito de **Chiara** sí existe diferencia significativa entre las accesiones Blanca (4,15%) y Negra (3,4%); de manera similar la quinua procedente de **Tambillo** tiene igual comportamiento, o sea, existe diferencia significativa entre las accesiones Blanca (4%) y Negra (3,27%).

Los resultados del contenido de fibra oscilan entre 3,27 y 4,15 % con valores ligeramente incrementados en la accesión Blanca respecto a la Negra, tanto de **Chiara**, **Acocro** y **Tambillo**. Sin embargo, no se ha encontrado diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre las accesiones Blanca, Amarilla y Roja en **Chiara**, **Acocro** y **Tambillo**. Por lo tanto se encontró mayor porcentaje de fibra en la accesión Blanca procedente de **Chiara**.

#### **Respecto al contenido de cenizas:**

Las muestras procedentes de **Acocro**, muestran diferencias significativas entre las accesiones Blanca y Amarilla, con valores de 2,74 y 3,69% respectivamente; en cambio entre la Roja y la Negra no existe significancia estadística.

En caso de la quinua de **Chiara**, existe diferencia significativa entre las accesiones Blanca (4,1%) y Negra (2,83%); sin existir diferencia importante entre las accesiones Amarilla y Roja.

La quinua procedente de **Tambillo**, muestra diferencias significativas entre las accesiones Blanca (4,23%) y Negra (2,87%), en cambio entre las accesiones Amarilla y Roja no se demuestra diferencia significativa. Por lo tanto se encontró mayor contenido de cenizas en la accesión Blanca procedente de **Tambillo**.

#### **Respecto al contenido de humedad:**



En las muestras de **Acocro**, se aprecia que no existe diferencia significativa entre las accesiones Blanca (12,15%) y Amarilla (12,27%), Roja (11,96%) y Negra (12,15%), siendo ligeramente superior en la accesión Amarilla.

La quinua de **Chiara** muestra una diferencia significativa en el contenido de humedad de la accesión Blanca (11,94%) frente a la accesión Roja (10%), pero no existe diferencia significativa entre las accesiones Amarilla, Roja y Negra.

La muestra procedente de **Tambillo**, arroja una diferencia significativa entre las accesiones Blanca (13,04%) y Negra (11%), y entre las accesiones Amarilla y Roja no se demostró diferencia significativa. Por lo tanto se encontró mayor contenido de humedad en la accesión Blanca procedente de **Tambillo**.

En la Tabla 1, se presentan los valores promedios del contenido de porcentaje de humedad en granos de quinua. La accesión Blanca no difiere significativamente ( $p > 0,05$ ) en las tres localidades al igual que las accesiones Amarilla, Roja y Negra en **Acocro**; Amarilla y Roja en **Tambillo**. Los valores de contenidos de humedad en esta localidad varían desde 11,73 hasta 13,04 %. Cabe resaltar que en la localidad de **Chiara**, las accesiones Amarilla, Roja y Negra presentan porcentajes de humedad significativamente menores que la accesión Blanca. En **Acocro** no hay diferencia entre las cuatro accesiones. Mientras que en **Tambillo** la accesión Negra presenta un porcentaje de humedad significativamente menor al Blanco.

Los resultados obtenidos en el trabajo se enmarcan con lo reportado por Arzapalo et al. [11], que trabajaron con tres variedades de quinua. En cuanto al porcentaje de humedad con valores de 11,3, 11,5, y 11,6% no existe diferencia con ( $p > 0,05$ ). Para los carbohidratos, el mayor porcentaje lo obtuvo la variedad Negra Collana con un 71,30%, seguido de la variedad Roja Pasankalla con 68,79% y la de menor porcentaje 66,37% la variedad Blanca Junín. Estos valores son mayores a los reportados por otros autores [11].

Respecto a la quinua amarilla, se tiene el reporte de Bergesse et al., [20], que refieren como promedio valores de 14,6%, 6%, 4%, 2,9% y 72,6% en el contenido de proteínas, grasas, fibra cruda, cenizas y carbohidratos, respectivamente [20]; comparando con los valores obtenidos en el trabajo en los lugares de muestreo muestran cifras relativamente menores.

Amao y Repo [21], al evaluar la composición química en base seca de muestras de quinua de las variedades “Blanca de Junín”, “Amarilla Sacaca” cultivadas en las zonas agroecológicas Yunga (Arequipa) y Valle Interandino (Cusco) respectivamente, y la variedad “Kancolla” cultivada en las zonas agroecológicas Yunga (Arequipa) y Altiplano (Puno); encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de proteína (14,3-18,96 %), grasa (4,25-7,88 %), ceniza (3,03-4,02 %), fibra bruta (2,23-2,91 %) y carbohidratos (68,52-72,27 %), observándose que todas las muestras cultivadas en la zona agroecológica Yunga presentaron los valores más altos de contenido de proteína [21]. Al comparar con los datos de nuestro trabajo se observa que los granos de quinua Blanca de los diversos distritos muestran mayor contenido de proteínas y grasas, lo que guarda correlación con los autores referidos.

De acuerdo a Repo-Carrasco et al. [22], la quinua, kañiwa y kiwicha son cultivos altamente nutritivos. Es muy conocido que el ecotipo de la quinua de más amplio uso, la quinua blanca, tiene una buena cantidad de proteínas, de fibra dietética, vitaminas y minerales. Comparativamente a nuestro trabajo también se obtuvo mayores niveles de proteínas en la accesión Blanca. Con respecto a la fibra dietética soluble, las mejores fuentes fueron kañiwa, quinua Kancolla y quinua Salcedo. Estos granos se podrían utilizar para desarrollar productos con alto contenido de fibra dietética para personas con problemas de alto nivel de glucosa o el nivel de colesterol [22]. Sería muy importante estudiar el efecto de la fibra de granos andinos sobre el colesterol en la sangre y el nivel de la glucosa utilizando ensayos clínicos.

La habilidad de la planta para producir granos de alto contenido en proteínas bajo condiciones ecológicas extremas, la hace muy importante para la diversificación de los sistemas agrícolas futuros. De esta manera, ha sido introducida en Europa, América del Norte, Asia y África, con muy buenos resultados, lo que demuestra el potencial de la quinua como cultivo industrial y alimentario [14,22], que podría contribuir a atenuar la escasez de alimentos en países en vías de desarrollo. Es sabido que las semillas de quinua son una excelente fuente de proteínas, lípidos y carbohidratos, dado que el embrión ocupa una mayor proporción de la semilla que en los cereales comunes, por lo que el contenido de proteína y aceite son relativamente altos [22, 23].

De acuerdo al análisis de varianza realizado con los resultados obtenidos en la determinación proximal, se demuestra que al menos una variable es diferente; es decir, los contenidos de los macronutrientes difieren de acuerdo al cultivar de la quinua y su procedencia, aceptando la hipótesis alterna; sin embargo, con el test de Tukey estas diferencias son significativas en algunas comparaciones. Los valores obtenidos pueden abarcar variaciones como consecuencia de: variabilidad de los cultivares y genotipos diferentes, ecotipos cultivados en diferentes zonas, un mismo genotipo cosechado en diferente año, un mismo cultivar cosechado bajo diferentes condiciones para su



desarrollo; semillas no tratadas o con tratamiento previo a la determinación de su composición química y la metodología de análisis, entre otros factores son causas de variación [24].

Uno de los aspectos respecto al contenido de nutrientes en un determinado lugar, es el tipo de suelo, del cual dependerá el contenido de proteínas en las semillas de quinua, cuyos valores se encuentra en promedio del 15% [25], siendo influenciado por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, debido a la presencia de materia orgánica a nivel rizosférico que facilita la absorción de minerales por parte de las raíces [26, 4, 27].

El aporte final de la investigación radica en que se está conociendo la calidad de la quinua en diferentes pisos altitudinales, averiguar cuál de las accesiones es más importante económicamente, su siembra y cosecha en un determinado piso ecológico. La certificación de origen de las plantas manifiesta su potencial genético que al ser trasladado a otro lugar puede adaptarse; sin embargo, genéticamente es diferente y por tanto su calidad nutricia no iguala a su lugar de origen.

## EXPERIMENTAL

### *Sobre el material a analizar*

Las muestras de quinua procedieron de tres distritos de la provincia de Huamanga. En base al Sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) y altitud *in situ*: **Acocro**: 18 L, 604141.80 m E, 8538219.54 m S, 3254 msnm. **Chiara**: 18 L, 643681.00 m E, 8466544.94 m S, 3261 msnm. **Tambillo**: 18 L, 596390.50 m E, 8541038.27 m S, 3083 msnm.

El clima de los distritos muestreados se clasifica como cálido y templado. En invierno hay menos lluvia que en verano. La temperatura media anual se encuentra a 12.0 °C. En un año, la precipitación media es 893 mm. La temporada de *lluvia dura 7,1 meses, (16-set. al 21-abril)*, con una acumulación total promedio de 74 mm. La agricultura en mayor magnitud se realiza bajo lluvia y de alto riesgo a la sequía, por lo tanto existe demanda insatisfecha de disponibilidad de infraestructura de riego y carencia de gestión del agua. A nivel departamental, la superficie de siembra intencionada para la campaña agrícola 2018, de quinua es 14 711 ha. En el año 2017 fue: siembras 12378 ha; superficie perdida 1135 ha; cosechas 11466 ha; rendimiento 1,26%; producción; 14414 t [3, 28].

Las muestras de quinua en estudio fueron las accesiones Blanca, Amarilla, Roja y Negra, de los distritos de **Acocro**, **Chiara** y **Tambillo**. En total se dispuso de 12 muestras.

### *Variables e indicadores*

#### *Independiente:*

Accesiones de quinua blanca, amarilla, roja y negra.

#### *Dependiente:*

Contenido de nutrientes de *Chenopodium quinoa* Willd (concentración de proteínas, carbohidratos, grasas y fibra en % en peso seco).

### *Cuantificación de metabolitos primarios*

La cuantificación de metabolitos primarios: proteínas, carbohidratos, grasas y fibra por el método universal de AOAC [9]. Para cada accesión por triplicado. Además se realizaron las pruebas complementarias como la determinación de humedad y ceniza.

#### *Determinación de la humedad por método gravimétrico por desecación:*

Se colocó 2 g en la estufa por 2 horas a 105 °C, se dejó enfriar en un desecador hasta peso constante.

#### *Determinación de cenizas por método de incineración:*



2 g de muestra en crisoles correspondientes fueron sometidos a carbonización. En seguida se colocaron en la mufla para su calcinación al rojo oscuro a 500°C, durante 2 horas. Luego, se trasladaron los crisoles al desecador para que enfríen y hacer el registro de peso.

#### **Determinación de proteínas por el método Kjeldahl:**

La digestión se realizó en el digestor CMIM, con solución digestora (ácido sulfúrico conc., sulfato dipotásico, selenito de sodio, sulfato de cobre y óxido de mercurio). La destilación en el destilador Buchi Unit K-350, con hidróxido de sodio al 40%, ácido bórico al 2% y gotas del indicador Tashiro. Se tituló con ácido sulfúrico 0,025 N, hasta observar un color violeta.

#### **Determinación de grasas por el método Randall de extracción continua de Soxhlet:**

Para el efecto se utilizó el extractor de Soxhlet. La extracción se realizó con isopropanol, recuperandose la mayor cantidad del solvente y una vez frío y seco se registró el peso del balón previamente tarado.

#### **Determinación de carbohidratos:**

Se estimó por diferencia, % Carbohidratos totales = 100 – (% humedad + % proteína + % grasa + % ceniza).

#### **Determinación de fibra total:**

La muestra final del análisis de grasas fue digerido en un equipo de destilación a reflujo con ácido sulfúrico al 1,25% e hidróxido de sodio al 1,25%.

#### **Análisis estadístico**

Las variables en estudio fueron:

Independiente: accesiones de quinua (Blanca, Amarilla, Roja y Negra) y lugar de procedencia.

Dependiente: contenido de nutrientes de *Chenopodium quinoa* Willd (concentración de proteínas, carbohidratos, grasas y fibra en % en peso seco).

Los datos fueron procesados con el análisis de varianza (ANVA) y cuando éste indicó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre las variables independientes, se procedió a determinar las diferencias entre ellas con la prueba de Tukey, usando el programa estadístico R 3.4.3. [29].

## **CONCLUSIONES**

Se encontró valores próximos en los contenidos de carbohidratos (62,46 a 68,8%), grasas (5,03 a 6,27%) y proteínas (11,66 a 15,17%) en las accesiones Blanca, Amarilla, Negra y Roja de *Chenopodium quinoa* Willd de los distritos de **Acocro**, **Chiara** y **Tambillo** de la provincia de Huamanga; se obtuvo mayor contenido de niveles de proteínas y grasas en la accesión Blanca al realizar las comparaciones correspondientes. En cambio, en la accesión Negra el contenido de carbohidratos fue mayor; los resultados obtenidos en el análisis proximal están dentro de los parámetros establecidos por la FAO.

## **RECONOCIMIENTOS**

Se agradece el financiamiento del presente trabajo a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga a través del acceso a la ayuda financiera a la investigación. [Asimismo](#), a la Dra. Luz Carrasco por la revisión y sugerencias en la redacción.

## **REFERENCIAS**



1. MINAGRI, 2015, Quinoa Peruana: Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015, *Ministerio de Agricultura y Riego*, Lima, Julio (1), 39-40.
2. Bazile, D., Bertero, D., Nieto, C., (editores). 2014, *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia), 42 (2) 49-64.
3. MINAGRI-DRA, 2018 Dirección Regional Agraria de Ayacucho, Gobierno Regional de Ayacucho. Acceso nov. 2018. <http://www.agroayacucho.gob.pe/images/Archivos/intenciones2017-2018.pdf>. Acceso feb 2019.
4. García-Parra, M.A., García-Molano, J.F., Carvajal-Rodríguez, D.C. 2018, Evaluación del efecto de la fertilización química y orgánica en la composición bromatológica de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Boyacá – Colombia, *Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja – Colombia, Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9, (2) 99-107.
5. Jarvis, E.D., Ho, Y.S., Lightfoot, D.J., Schmöckel, S.M., Li, B., Borm, T.J.A., Ohyanagi, H., Mineta, K., Michell, C.T., Saber, N., Kharbatia, N.M., Rupper, R.R., Sharp, A.R., Dally, N., Boughton, B.A., Woo, Y.H., Gao, G., Schijlen, E.G.W.M., Guo, X., Momin, A.A., Negrão, S., Al-Babili, S., Gehring, C., Roessner, U., Jung, C., Murphy, K., Arold, S.T., Gojobori, T., Van der Linden, C.G., Van Loo, E.N., Jellen, E.N., Maughan, P.J., Tester, M. 2017, The genome of *Chenopodium quinoa*, *Nature*, 542, 307-312. <https://doi.org/10.1038/nature21370>.
6. Ibañez, M., y Gómez, L. 2017. "Variación de caracteres fisicoquímicos de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de la colección de quinua de la Universidad Nacional Agraria La Molina". Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
7. Collazos, C. 1975, La composición de los Alimentos Peruanos. Perú. Instituto de Nutrición-Ministerio de Salud.
8. Gorbitz, A., Luna, R. 2013, *Ministerio de Agricultura*. Obtenido de Quinoa.PE: [quinoa.pe/quinoa-valor-nutricional/](http://quinoa.pe/quinoa-valor-nutricional/) 6-10.
9. AOAC. 1995, *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 16 th edition. Vol. II. Edited by Kenneth Helrich. Washington, EUA.
10. Sedó P. 2001, Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químicas - nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria, *Revista Costarricense de Salud Pública*, 10, 34-39.
11. Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., Espinoza, C. 2015, Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra Collana, Pasankalla roja y blanca Junín, Universidad Nacional del Centro del Perú, *Rev. Soc. Quím. Perú*, 81 (1) 42-52.
12. INDECOPI. C. N. 2009, Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Requisitos. *Norma Técnica Peruana*, Lima, NTP 205, 62.
13. Apaza, V. 2005, *Manejo y mejoramiento de quinua orgánica*. Perú. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, 32-38.
14. Abugoch, J., Lilian, E. 2009, Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): Composition, chemistry, nutritional and functional properties, *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1-31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
15. Marca, S., Lucca, O., Baptista, J. 2017, Metodología para análisis de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de laboratorio, Universidad Nacional del Altiplano-Puno-Perú, *VI Congreso Mundial Quinoa*, Perú, 46.
16. Koziol, M. 1992, Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Journal of Food Composition and Analysis*, 5 (1) 35-68.
17. Bhargava, A., Srivastava, S. 2013, *Taxonomy, In Quinoa: botany, production and uses*. Wallingford, UK: CAB International (CABI), 48-60.
18. Valcárcel-Yamani, B., Caetano da Silva, L. 2012, Applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and amaranth (*Amaranthus* spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods, *Food and Public Health*, 2 (6), 265-275.
19. Alvarez-Jubete, Wijngaard L, Arendt H, E.K., Gallagher E. K., 2010, Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking, *Food Chemistry*, 119 (2), 770-778.
20. Bergesse, A., Boiocchi, P., Calandri, E., Cervilla N., Gianna, G. 2017, Aprovechamiento integral del grano de quinua: obtención de saponinas, harina integral, germen, almidón, aceite y aislado proteico, *VI Congreso Mundial Quinoa*, Perú, 70.
21. Amao, H., Repo-Carrasco, R. 2017, Composición química, perfil de aminoácidos, contenido de minerales y capacidad antioxidante en cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivadas en diferentes zonas agroecológicas, Universidad Nacional Agraria La Molina, *VI Congreso Mundial Quinoa*, Perú, 96.
22. Repo-Carrasco, R., Melgarejo, S., Pihlava, J. 2017, Valor nutricional y compuestos bioactivos en granos andinos quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, *VI Congreso Mundial de Quinoa*, Perú, 106.
23. FAO. 2013, Dietary protein quality evaluation in human Nutrition, Report of an FAO. Expert Consultation. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>. Access date 02/20/2018.
24. Padrón, C., Oropeza, R., Montes, A. 2015, Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas, *Rev. Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 5 (2), 166-218.
25. Andrews, D. 2017, Race, Status, and Biodiversity: The social climbing of quinoa. *Culture, Agriculture, Food and Environment*, 39 (1), 15-24. <https://doi.org/10.1111/cuag.12084>.
26. Bello, O.F., García, J.F., Cuervo, W.J. 2016, Cuantificación de diazótrofos en la rizófita del olivo (*Olea europea* L.) cultivado en Boyacá, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(2), 109-115. <https://doi.org/10.15446/acagv65n2.44270>.
27. Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M. 2013, Controlled water stress to improve functional and nutritional quality in quinoa seed, *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12 (5), 457-468.
28. INIA, I. N., 2016, *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe>. Access date 02/20/2018
29. R Core Team 2018, R, A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. Access date 02/20/2018.