

Compuestos fenólicos y análisis proximal en cuatro variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd).

S.G. Chairez-Huerta^{1*}, V.I. Trejo-Guardado¹, V. Bañuelos-Melero J.M. Cortez-Muñoz¹, C.S. Contreras-Martínez¹, A. Noriega-Maldonado¹, y J. Carranza-Concha¹.

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Programa Académico de Nutrición. C.P 98160. sofia_chairez@hotmail.com

RESUMEN: La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal con características nutricionales muy atractivas. Los polifenoles, son metabolitos secundarios de las plantas, los cuales juegan un papel importante en la prevención de enfermedades, tales como el cáncer, ayudan a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, así como eliminación de radicales libres, por lo que se le atribuye un poder antioxidante. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente así como determinar los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de 4 variedades de Quinoa (orgánica, amarilla, roja y negra). Para la determinación del contenido fenólico total, se empleó la prueba de Folin-Ciocalteu, mientras que para el análisis de la capacidad antioxidante se aplicó la técnica del ABTS^{•+}. Todos los procedimientos se realizaron por triplicado y se expresaron como valores medios y desviación estándar. Para determinar si hubo diferencias estadísticamente significativas entre los datos de las variables en las muestras de quinoa, se realizó un ANOVA unidireccional, en caso de existir diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron una mayor concentración de lípidos, fibra, cenizas y un aporte importante de proteína en la quinoa negra. Respecto al contenido de compuestos fenólicos sobresalió la quinoa amarilla, seguida por la variedad roja.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd, compuestos bioactivos, valor nutrimental.

ABSTRACT: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a pseudocereal with very attractive nutritional characteristics. Polyphenols, are secondary metabolites of plants, which play an important role in diseases prevention, such as cancer, decreasing the risk of cardiovascular disease, as well as free radicals scavenging, conferring a great antioxidant capacity. The objective of the research was to determine the nutritional value, as well as the total phenolic content and the antioxidant capacity of 4 varieties of Quinoa (organic Quinoa, yellow Quinoa, red Quinoa and black Quinoa). Total phenolic content was measured with the Folin-Ciocalteu test, while the antioxidant capacity was evaluated using the ABTS^{•+} method. All analysis were carried out in triplicate and the results were expressed as mean values \pm standard deviation. To determine statistically significant differences among the data, a one way ANOVA was carried out. If significant, a Tukey test ($p \leq 0.05$) was applied. The results showed a higher concentration of lipids, fiber, ashes and an important contribution of protein in black quinoa. Regarding the content of phenolic compounds the yellow quinoa showed the highest content, followed by the red variety.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd, bioactive compounds, nutritional value.

Área: Cereales, leguminosas y oleaginosas

INTRODUCCIÓN

La quinua o quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal -con características intrínsecas sobresalientes, entre ellas, sus amplias propiedades nutricionales expresadas según la variabilidad de la planta, el color o inflorescencia de la semilla, así como la zona y/o el ciclo de cultivo. Obteniendo una clasificación de 5 variedades, según su adaptación a las características geográficas: quinoa del valle, quinua de altiplano, quinua de terrenos salinos, quinua del nivel del mar y quinua sub-tropical (González & Prado, 2013). La quinoa es considerada como uno de los granos más completos, ya que su contenido proteico lo señala como un alimento capaz de sustituir la proteína animal, esto basado en el análisis minucioso de calidad proteica realizado por Repo-Carrasco, Espinoza y Jacobsen (2003) donde se señala la presencia de los diez aminoácidos esenciales: histidina (2.7 g), isoleucina (3.4 g), lisina (5.6 g), leucina (6.1 g), valina (4.2 g), treonina (3.4g), triptófano (1.1 g), fenilalanina (3.7 g), arginina

(8.1 g) y metionina (3.1 g), mismos que se nivelan con la presencia de aminoácidos no esenciales como el ácido aspártico (7.8 g), ácido glutámico (13.2 g), alanina (4.1 g), serina (3.9 g), prolina (3.4 g), glicina (5.0 g), tirosina (2.5 g), y cistina (1.7 g), esto en relación a los gramos de aminoácido por dieciséis gramos de nitrógeno.

Los efectos nutricionales de la quinoa se ven potencializados por la presencia de las dos variedades de fibra alimentaria, siendo mayor el contenido de fibra soluble (5.31 g/100 g) a comparación de la fibra insoluble con 2.49 g/100 g (Reyes, Ávila, & Guevara, 2006). Además Repo-Carrasco (2011) obtuvo de en su análisis un contenido lipídico que gira en un rango de 5.5 a 6.90% en muestra cruda. Sumado a las propiedades anteriores, Valencia, Cámara, Ccapa, Catacora y Quispe (2017) analizaron 24 tipos de quinoa peruana donde los resultados relativos al contenido de compuestos fenólicos arrojaron cifras que van de 0.783 hasta 3.437 mg GAE/g de muestra. Mientras tanto su capacidad antioxidante fue medida por Valencia en el 2003, a través del método DPPH, obteniendo valores que van de 40.772 y 81.851 mg GAE/100 g. en las muestras analizadas en el estudio. Por sus múltiples propiedades fisicoquímicas y nutrimentales, se considera que la quinoa puede desempeñar un papel importante en la prevención y tratamiento de enfermedades degenerativas, como la artritis reumatoide, osteoporosis, padecimientos neurológicos, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares y cáncer; considerando las últimas tres como las principales causas de mortalidad en México, según el informe divulgado por INEGI en Octubre del 2018. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es caracterizar fisicoquímicamente así como determinar los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de 4 variedades de Quinoa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron analizadas cuatro variedades de quinoa, considerando quinua orgánica (OQ), y tres especies más de origen peruano elegidas en base a su color: amarilla (YQ), roja (RQ) y negra (BQ) todas ellas adquiridas en un centro comercial en la ciudad de Lima, Perú. La caracterización proximal (% de humedad, proteína, cenizas, fibra y grasa) de las muestras mencionadas fue determinada a través de los métodos propuestos por la AOAC (1990).

Por otra parte, para la determinación de los fenoles totales así como la capacidad antioxidante, se utilizó la extracción de Thomas-Barberan *et al.* (2011). Mientras que el método utilizado para la determinación del contenido fenólico total (CFT) fue la prueba Folin-Ciocalteu (Li *et al.*, 2006), donde se mezclaron 250 μ L de extracto Quinoa con 15 mL de agua desionizada y 1.25 mL de reactivo de fenol Folin-Ciocalteu. Después de 5 minutos se añadió 3.75 mL de Na_2CO_3 (7.5%) y se aforaron a 25 mL con agua desionizada. La absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Termo Scientific 10S, Termo Fisher Scientific, EE.UU).

Con respecto al análisis de la capacidad antioxidante, se empleó el método ABTS \cdot^+ (Re *et al.*, 1999), utilizando el mismo extracto obtenido para la cuantificación de CFT. A partir de 100 μ L de extracto de quinoa se mezclaron con 900 μ L de la disolución de ABTS \cdot^+ y se midió la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresaron como μ mol de Trolox (TEAC) 100 g^{-1} en muestra fresca.

Todos los procedimientos se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como valores medios \pm desviación estándar. Para determinar si hubo diferencias estadísticamente significativas entre los datos de las variables en las muestras de quinoa, se realizó un ANOVA unidireccional. Si el ANOVA fue significativo, se aplicó la prueba Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron usando Statgraphics® Centurion XV (Statpoint Technologies Inc., Warrenton, VA, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad

La tabla I muestra los valores de los porcentajes de humedad, proteína, lípidos, cenizas y fibra de las diferentes variedades de quinoa, en donde se observó un rango entre el 6.42 y el 6.72 %, teniendo la quinoa orgánica el menor porcentaje de humedad, mientras que la cantidad mayor correspondió a la quinoa negra. Los datos obtenidos encontrados en bibliografía son menores en comparación con los

reportados por Vidaurre-Ruiz *et al.*, (2017) quienes presentaron en la variedad Pasankalla (grano rojo) 9.56 ± 1.2 % y para la quinoa Negra Collana un valor de 12.45 ± 0.89 %. Por su parte, Repo-Carrasco *et al.* (2011) reporta en su publicación un rango que va del 10.78 al 12.62%, tras el análisis de cuatro variedades de quinoa.

Proteína

La determinación del porcentaje proteico, mediante el método Kjeldahl (tabla I), arrojó un rango de 12.66 y 15.16 % en las variedades, siendo la quinoa roja la de mayor fuente de proteica con un porcentaje de 15.16, seguido de la quinoa negra con un 13.91%, mientras que la quinoa orgánica y amarilla contienen una diferencia mínima con porcentaje de 12.85 ± 0.20 y 12.66 ± 0.05 %, respectivamente.

Los valores obtenidos de esta investigación no difieren mucho a los obtenidos por Torres *et al.* (2002), ya que señala un promedio de 15.54 % de contenido proteico en las 10 variedades que estudió. En cambio, los resultados obtenidos son ligeramente menores a lo reportado por Repo-Carrasco, *et al.* (2011) donde señala que los valores obtenidos van del 14.0 % alcanzando un máximo de 15.5 % de contenido proteico, exceptuando a la quinoa roja y negra, cuyo porcentaje proteico si entró en el rango mencionado.

Por otra parte, los valores obtenidos de quinoa roja y negra (15.16 ± 0.06 y 13.91 ± 0.24 %, respectivamente) son mayores a los reportados por Vidaurre-Ruiz *et al.* (2017), quien reportó un porcentaje de proteína para la quinoa roja de 9.39 ± 0.54 y 10.42 ± 0.35 para la quinoa Negra Collana, sin embargo, en el presente estudio el valor obtenido de la quinoa roja fue mayor que la negra, contrario a lo reportado por Villaurre-Ruiz *et al.*, (2017).

Grasa

El contenido de grasa osciló entre 6.15 y 7.12 % (b.s) dependiendo de la variedad como se muestra en la tabla I; se considera un aporte mínimo lipídico por parte de la quinoa orgánica, seguido de la quinoa amarilla con un 6.32 %, b.s, y con valores más o menos cercanos se encuentran la quinoa roja y negra, considerando $7.07 \pm 0.19\%$, b.s y $7.12 \pm 0.31\%$, b.s, respectivamente.

Según la bibliografía, los valores encontrados en estas cuatro muestras, están por debajo de lo presentado por Torres *et al.* (2002), quienes reportan un aporte de grasa del 8%. Sin embargo, Repo-Carrasco *et al.* (2003) reportaron un rango de concentración que va de 5.5 al 6.90% en muestra cruda, por lo que los valores obtenidos de las variedades estudiadas son similares. Por su parte, Vidaurre-Ruiz, *et al.* (2017), encontró en la variedad Pasankalla (grano rojo) un contenido lipídico de 5.25 ± 0.76 g/100 g y 4.64 ± 0.85 g/100 g para la quinoa Negra Collana, por lo que los valores obtenidos de estos granos son mayores a los obtenidos (7.07 y 7.12%, respectivamente). Según el valor propuesto por Koziol (1992), la quinoa orgánica y la quinoa amarilla son las más cercanas a la concentración propuesta en su publicación (6.3% B.S).

Tabla I. Análisis proximal de las cuatro variedades de quinoa utilizadas.

	Quinoa Orgánica	Quinoa Amarilla	Quinoa roja	Quinoa negra
% de Humedad	6.42 (0.08)	6.66 (0.22)	6.68 (0.31)	6.72 (0.16)
% de Lípidos	6.15 (0.06)	6.32 (0.11)	7.07 (0.19)	7.12 (0.31)
% de Proteína	12.85 (0.20)	12.66 (0.05)	15.16 (0.06)	13.91 (0.24)
% de Fibra	1.45 (0.16)	3.22 (0.04)	2.47 (0.14)	11.32 (0.68)
% de Cenizas	2.25 (0.01)	2.42 (0.03)	2.41 (0.09)	2.50 (0.01)

Cenizas

El análisis de residuos inorgánicos resultantes de la ignición de la materia orgánica de la quinoa, arrojó los valores señalados en la tabla I, donde la quinoa orgánica, es la variedad con menor porcentaje de ceniza (2.25 ± 0.01 % B.S) mientras que en la quinoa Negra se registró la concentración mayor (2.50 ± 0.01 % B.S). Los valores obtenidos son medianamente cercanos a 2.9 g/100 g, correspondiente al análisis realizado por Repo-Carrasco *et al.*, (2003), sin embargo, son menores a los reportados por el mismo autor en su publicación del 2011, debido a que la obtención de cenizas de las cuatro variedades que analizó le dio valores comprendidos en el rango de 3.04 y 5.46 % B.S. Por su parte, el valor obtenido de la quinoa negra (2.50% BS) es cercano al asegurado por Vidaurre-Ruiz *et al.*, (2017), puesto que la concentración de cenizas para esta variedad (Negra collana) fue de 2.45%.

Fibra

El contenido de fibra dietaría total resultó ser mayor en la quinoa negra, destacando con un contenido de 11.32 ± 0.68 % BS, descendiendo hasta 3.22 ± 0.04 % BS en la quinoa amarilla, la quinoa roja presentando 2.47 ± 0.14 % BS y finalmente, la quinoa orgánica que contuvo la menor cantidad de fibra con 1.45 ± 0.16 % BS (Tabla I).

Según Repo-Carrasco *et al.*, (2003) reportó un valor de 4.0 g/100 g por lo que el valor obtenido en este análisis de la quinoa amarilla es el más cercano a dicho valor. Mientras tanto al compararlos con las concentraciones de fibra cruda obtenidas por el mismo autor en el año 2011^b, se encuentran en el rango propuesto (1.92-3.38% BS), a excepción de la quinoa orgánica, la cual presentó un valor menor (1.45% BS). De igual forma, al compararse los resultados con los valores obtenidos por Vidaurre-Ruiz *et al.* (2017) el contenido de fibra alimentaria resultante es mayor a lo reportado para esta misma variedad (2.59 ± 0.12 g/100g), al igual que el valor propuesto para la quinoa Pasankalla (1.93 ± 0.24 g/100 g) donde el resultado obtenido del presente análisis fue de 2.47 ± 0.1461 % BS.

Fenoles

Los compuestos antioxidantes generalmente están en forma fenólica, ejerciendo esta propiedad gracias a la pérdida de protones, formación de quelatos y eliminación de radicales libres. Estos importantes componentes de la planta ceden átomos de hidrógeno de sus grupos hidroxilo a radicales y forman radicales fenoxilo estables; por esta razón, juegan un papel importante en la actividad antioxidante. En cuanto a su contenido en las variedades

de quinoa analizadas muestran los resultados plasmados en la figura 1, donde se puede observar que la quinoa amarilla (BQ) es la variedad con mayor contenido de compuestos fenólicos reportando 102.54 ± 5.28 mg de GAE/100 g, mientras que la quinoa roja muestra un contenido más o menos cercano, la cual arrojó un contenido fenólico de 85.67 ± 6.91 mg de GAE/100 g, mientras que la quinoa orgánica y negra representan los valores mínimos encontrados alcanzando 57.07 y 50.52 mg de GAE/100 g, respectivamente.

Por lo tanto, los resultados obtenidos son medianamente similares a lo encontrado por Repo-Carrasco y Encina (2008) puesto que reportó valores delimitados en el rango de 35.29 a 139.94 mg GAE/100 g.

En cambio, Vidaurre-Ruiz (2017) encontró que la quinoa Negra Collana posee valores mayores de contenido fenólico que la quinoa Pasankalla (variedad roja), considerando 142.3 mg EAG/100 g b.s sobre 108.9 mg EAG/100 g b.s, por lo que se deduce que los valores obtenidos en nuestro estudio son

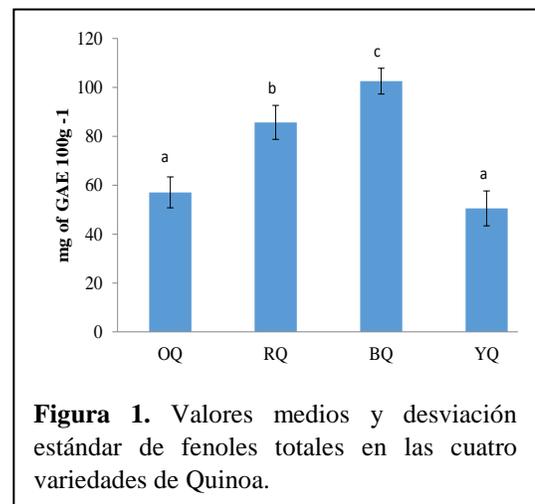


Figura 1. Valores medios y desviación estándar de fenoles totales en las cuatro variedades de Quinoa.

menores a los anteriores, ya que se obtuvo para la muestra de quinoa negra 50.52 mg de GAE/100 g, mientras que la variedad roja presentó 85.67 ± 6.91 mg de GAE/100 g.

Capacidad antioxidante

Considerando el importante papel que desempeñan los compuestos fenólicos en la eliminación de radicales libres, se cuantificó la actividad antioxidante que estos desempeñan en las muestras de quinoa analizadas utilizando el método ABTS+, cuyos resultados se observan en la figura 2.

La quinoa roja es la que presenta mayor actividad antioxidante con 105.22 ± 5.29 μmol de Trolox/100 g, mientras que el valor mínimo corresponde a la quinoa amarilla (YQ) presentando 45.26 ± 7.56 μmol de Trolox/100 g.

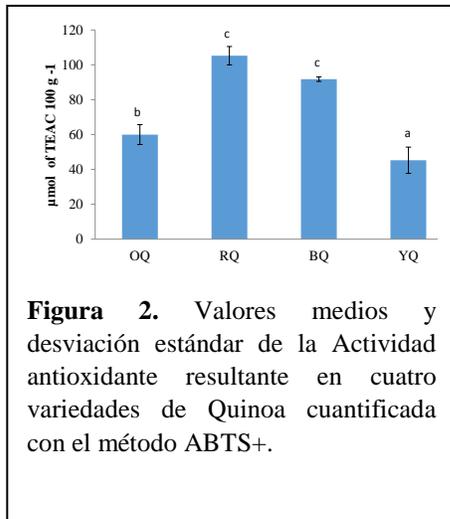


Figura 2. Valores medios y desviación estándar de la Actividad antioxidante resultante en cuatro variedades de Quinoa cuantificada con el método ABTS+.

Por lo anterior, los resultados difieren de lo dicho por Valencia (2003) tras la determinación de capacidad antioxidante por el método ABTS+ donde obtuvo valores entre los 1036.549 y 1835.784 μmol Trolox/100 g con el extracto MeOH/H₂O (2:1), mientras que los resultados correspondientes al análisis con EtOH-H₂O (1:1) fueron de 878.444 y 1507.938 μmol Trolox/100 g, como se observa en ambas determinaciones los valores obtenidos en el presente análisis son menores a los mencionados. En cambio, los resultados se encuentran en el rango propuesto por Repo-Carrasco y Encina (2008) comprendiendo valores entre 117.49 μg Trolox/g (46.94 μmol de Trolox/ 100 g) y de 2400.55 μg Trolox/g (959 μmol de Trolox/100 g), no obstante ambos determinados por el método DPPH; por otra parte, dichos autores afirman que existe una correlación altamente significativa entre el contenido de

compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA

- González, J. A., & Prado, F. E. (2013). Quinoa: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*, 5-15.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). *Características de las defunciones registradas en México durante 2017*. Cd. México.
- Koziol, M. (1992). Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 35-68.
- Re, R. e. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation. *Free Radical Biology & Medicine*, 1231-1237.
- Repo-Carrasco, R., & Encina, C. (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*, 85-99.
- 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*, 179-189.
- Reyes, E., Ávila, D., & Guevara, J. (2006). Composición Nutricional de diferentes variedades de Quinoa de la Región Andina. *Desarrollo Sostenible y Tecnología*.
- Ritva, A.-M., Repo-Carrasco, V., & Serna, L. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology*, 31, 225-230.
- Torres, M., Guzman, A., & Carvajal, R. (2002). Valoración nutricional de 10 variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) del altiplano boliviano. *BIOFARBO*, 55-60.

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

- Valencia, Z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora, P., & Quispe, F. (2017). Compuestos Bioactivos y Actividad Antioxidante de semillas de Quinoa peruana (*Chenopodium quinoa* W.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 16-29.
- Vidaurre-Ruiz, J., Días-Rojas, G., Mendoza-Llamo, E., & Losano-Cornejo, M. (2017). Variación del contenido de Betalainas, Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante durante el procesamiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 319-330.
- Tomás-Barberán F., M. Gil, P. Cremin, A. Waterhouse, B. Hess-Pierce and A. Kader. (2001). HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4748-4760.
- Li, B.B., B. Smith, and M. Hossain. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels I. Solvent extraction method. *Sep. Purif. Tech.* 48: 182-188.