



Caracterización de residuos poscosecha de dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivadas en Tucumán como ingredientes para la formulación de alimentos balanceados

Characterization of post-harvest waste of two varieties from quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivated in Tucumán as ingredients for balanced foods formulation

Cárdenas, Romina V.¹; Sebastián Buedo¹; Juan F. Castro¹; Juan A. González¹; Luis Erazzu^{2,3}; María A. Gordillo³; Emilio Lizarraga^{1,4*}

¹ Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Argentina.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ruta Provincial 301, Km. 32 (T4132) Famaillá, Tucumán, Argentina.

³ Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria, Universidad Nacional de Tucumán. Avda. Pte. N. Kirchner 1900, (T4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

⁴ Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 205, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Argentina.

* Autor corresponsal: <eflizarraga@lillo.org.ar>

RESUMEN

Se estudió la composición y toxicidad de restos de panojas y tallos de *Chenopodium quinoa* Willd. de las variedades Faro y CICA-17 cultivadas en Amaicha del Valle, Provincia de Tucumán. Luego de la cosecha y trilla, se procesaron restos de panojas y tallos de ambas variedades y se obtuvieron extractos hidroalcohólicos por maceración convencional y por extracción asistida con microondas. El contenido de compuestos fenólicos fue mayor en los extractos de restos de panojas obtenidos por extracción asistida con valores de $14,81 \pm 0,07$ y $14,20 \pm 0,15$ mg EAG/ g ps para las variedades CICA-17 y Faro, respectivamente. La determinación de saponinas indicó su presencia sólo en los extractos de restos de panojas de ambas variedades

► Ref. bibliográfica: Cárdenas, R. V.; Buedo, S.; Castro, J. F.; González, J. A.; Erazzu, L.; Gordillo, M. A.; Lizarraga, E. 2024. Caracterización de residuos poscosecha de dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivadas en Tucumán como ingredientes para la formulación de alimentos balanceados. *Lilloa* 61 (2): 341-358. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/1983>

► Recibido: 25 de julio 2024 – Aceptado: 7 de octubre 2024 – Publicado: 4 de noviembre 2024.



► URL de la revista: <http://lilloa.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

en una concentración muy baja, comparados con los que habitualmente se informa para los granos de quinoa. En tallos de ambas variedades, se determinó el contenido de nitrógeno orgánico, proteínas, grasas totales, iones Ca^{+2} y Mg^{+2} , humedad y cenizas totales. Los resultados para los restos de tallos mostraron que el contenido de nitrógeno orgánico y el porcentaje de proteínas fueron similares en ambas variedades, mientras que la concentración de lípidos totales fue mayor para la variedad Faro (4,68 mg Lip/g ps). En cuanto al contenido de cenizas totales, humedad total, iones calcio y magnesio, se observaron mayores valores para la variedad Faro. Los extractos de los residuos de ambas variedades de quinoa no exhibieron actividad hemolítica frente a eritrocitos humanos ni toxicidad aguda frente a *Artemia salina*. En base a los resultados obtenidos se propone que los residuos poscosecha de ambas variedades de quinoa podrían ser empleados como ingredientes para la formulación de alimentos balanceados de animales que forman parte de la producción pecuaria de la región, reforzando la idea que la quinoa debe ser considerada como una planta multipropósito.

Palabras clave: Toxicidad; composición; var. CICA-17; var. Faro; quinoa; residuos poscosecha.

ABSTRACT

Composition and toxicity of panicles and stems of *Chenopodium quinoa* Willd. were studied, varieties Faro and CICA-17 cultivated in Amaicha del Valle (Tucumán Province). After harvesting and threshing, the residues from both varieties were processed obtaining hydroalcoholic extracts by conventional maceration and microwave-assisted extraction. The phenolic compound content was higher in panicle extracts resulting from assisted extraction, the values were 14.81 ± 0.07 and 14.20 ± 0.15 mg EAG/g dw for CICA-17 and Faro varieties, respectively. Saponins were detected only in panicle extracts of both varieties at very low concentrations compared to the typically reported values for quinoa grains. The chemical composition of stem residues, including organic nitrogen, moisture, protein, total lipids, ash, Ca^{+2} , and Mg^{+2} ions content was determined. Results showed similar organic nitrogen and protein percentages in the residues of both quinoa varieties, whereas the total lipid concentration was higher in Faro variety (4.68 mg Lip/g dw). Faro also exhibited higher content values regarding calcium and magnesium ions, total ash, and total moisture. The extracts of the residues of both quinoa varieties showed neither hemolytic activity against human erythrocytes nor acute cytotoxicity against *Artemia salina* nauplii. Based on the results obtained, it is proposed that the post-harvest residues from both quinoa varieties could be used as supplement/comple-

ment forage in the formulation of balanced animal feed in regional livestock production, reinforcing the idea that quinoa is a multipurpose crop.

Palabras clave: Composition; acute toxicity; CICA-17 and Faro varieties; panicles; quinoa; stems.

INTRODUCCIÓN

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie andina (Mujica y Jacobsen, 2000) que se expandió desde su centro de origen (zona del Lago Titicaca, entre el límite de Bolivia y Perú), tanto hacia el norte (Ecuador) como hacia el sur de Chile e incluso una rama en dirección hacia el Noroeste Argentino (NOA) (Jellen *et al.*, 2014). Esta especie posee también una amplia distribución altitudinal que incluye poblaciones creciendo desde el nivel del mar hasta por arriba de los 4000 m de altitud. En base a ese rango de distribución altitudinal, Tapia (2015) distinguió cinco ecotipos: quinoa de valles, quinoa del altiplano, quinoa de salares, quinoa de nivel de mar y quinoas subtropicales. El grano de quinoa, cualquiera sea el ecotipo que se considere, presenta excelentes propiedades alimenticias (González *et al.*, 2015). Esto llevó a que Naciones Unidas declarara al año 2013, como el Año Internacional de la Quinoa, lo que generó interés a nivel mundial por investigar, producir y consumir este grano andino por sus reconocidas propiedades nutricionales y alimenticias (Bazile y Santivañez, 2014).

Sin embargo, se conoce también que la quinoa puede ser una especie multipropósito (Mujica y Jacobsen, 2006; González, 2011). En línea con esta idea se ensayaron sus granos como alimento para pollos (Mosquera *et al.*, 2009), tallos y hojas como forrajes para animales (Blanco Callisaya, 2014; González *et al.*, 2016), y hojas frescas en ensaladas para alimentación humana (Abd El-Samad *et al.*, 2018); incluso en otras formas como harina para panes, fideos, magdalenas, aperitivos, jugos, comida para niños, hojuelas y extrusados (Abugoch James, 2009; Dogan y Karwe, 2003). La revisión bibliográfica indica que hasta el momento se tuvo en cuenta, principalmente, al grano de quinoa para alimentación y recientemente, el uso de los tallos y hojas para otros fines. No obstante, existe también la posibilidad de utilizar los residuos poscosecha, es decir, tanto de la cosecha de la quinoa (restos de tallos) como así también los de la limpieza de los granos (restos de la panoja), ya que poseen constituyentes bioactivos con distintas aplicaciones potenciales (Lizarraga *et al.*, 2018; Mercado *et al.*, 2019; Oviedo *et al.*, 2019; Tomei *et al.*, 2019; Cárdenas *et al.*, 2019). Estos residuos de poscosecha podrían dar orígenes a otros usos, como el desarrollo de alimentos balanceados para animales. Esta posibilidad requiere el conocimiento previo sobre el valor nutritivo de sus constituyentes como así también sobre aquellos componentes antinutricionales (saponinas). De esta manera se suma la posibilidad de utilizar tanto el grano de quinoa como los residuos de la cosecha y limpieza del grano, como una alternativa para

el sistema socio-económico de la región del NOA, cuya actividad principal es la agrícola-ganadera y como tal el desarrollo de alimentos balanceados a partir de materias primas de bajo costo sería un aporte significativo a su sistema productivo. Por otro lado, en el NOA se han ensayado diferentes variedades de quinoa, tanto nativas como aquellas introducidas desde Bolivia, Chile y Perú (González *et al.*, 2011). Así se prevé que en los próximos años las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán y Catamarca, podrían incrementar la producción de quinoa pero, aún no se vislumbra el aprovechamiento de los residuos mencionados. Por ello, la caracterización química y biológica de los residuos poscosecha de quinoa sería un aporte fundamental para el desarrollo de alimentos balanceados a partir de los mismos. En la actualidad lo más importante para la industria de la alimentación animal es la producción de alimentos balanceados de bajo costo que aseguren una alimentación equilibrada y cumplan los requerimientos nutricionales necesarios de cada caso (Llaguno y Masabamda, 2008). El estudio de la composición de los residuos poscosecha de quinoa de las variedades Faro y CICA-17 cultivadas en Amaicha del Valle, Provincia de Tucumán, es el inicio para determinar si los mismos pueden ser aptos para la formulación de alimentos balanceados, en especial para animales de la zona donde las pasturas son escasas.

El presente trabajo tiene por objetivos la caracterización química, la determinación de toxicidad general y de los parámetros nutricionales de los residuos postcosecha de quinoa de las variedades Faro y CICA-17 para ser empleados potencialmente como ingredientes de alimentos balanceados.

MATERIALES Y METODOS

Lugar de cultivo

Los cultivos de quinoa se realizaron en el Campo Experimental de Encallilla (22° 31' S y 65° 59' O, Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina). Este lugar se ubica a 1995 m snm y según la clasificación climática de Köppen corresponde al tipo desértico (BWkaw) (Minetti, 2005). El régimen anual de precipitaciones promedio es de 220 mm. Las temperaturas máximas y mínimas (promedios diarios) registradas son de 30,4 y 11,2 °C respectivamente, mientras que la humedad relativa oscila entre el 44,2 % y 54,2 %. Los datos de radiación solar indican valores, a medio día, que oscilan entre 1403 y 1993 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Variedades de quinoa utilizadas

Se utilizaron residuos poscosecha pertenecientes a la campaña 2017-2018 de dos variedades contrastantes, CICA-17 la cual es originaria de las zonas altas de Perú y la variedad Faro considerada como una quinoa de nivel de mar cultivada en Chile.

Se tomaron 5 plantas al azar de cada variedad, las cuales fueron procesadas para la obtención de semillas, los residuos frescos obtenidos fueron separados en restos de tallos y restos de panojas. Los mismos fueron reservados a la sombra en el lugar de cultivo hasta secarse a peso constante. Por último, se trasladó el material al laboratorio para su procesamiento y posterior obtención de los extractos a ensayar.

Extracción

Se emplearon dos técnicas de extracción para la preparación de los extractos vegetales, la extracción asistida con microondas (EAM) y la extracción convencional (EC). En la primera técnica, el material vegetal fue extraído con el solvente en un horno a microondas durante 5 minutos a 50 W de potencia. Mientras que en la segunda, el material vegetal seco fue extraído con etanol al 70 % (v/v) por maceración a temperatura ambiente durante 24 horas, una vez obtenidos los extractos, el solvente se eliminó en evaporador rotatorio y se recuperó el residuo (extracto) de cada muestra.

Caracterización química de los extractos

3.1. Fenoles Totales (FT).— Se estimó por el método de Folin-Ciocalteu con modificaciones según las especificaciones de Singleton *et al.* (1999). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG) por gramo de peso seco (g ps).

3.2. Flavonoides totales (FlavT).— Se determinó mediante el método de acomplejamiento con cloruro de aluminio propuesto por Chang *et al.* (2002). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de quercetina (mg EQ) por gramo de peso seco.

3.3. Ácidos hidroxicinámicos totales (AHCT).— Se realizó empleando el método espectroscópico propuesto por Dao y Friedman (1992). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido clorogénico (mg EAC) por gramo de peso seco.

3.4. Orto-dihidroxifenoles totales.— Fue determinado mediante la reacción con reactivo de Arnow según las especificaciones propuestas por Chand Meena *et al.* (2014) con modificaciones. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de catecol (mg ECat) por gramo de peso seco.

3.5. Detección y dosaje de saponinas totales (ST).— Se realizó una determinación cualitativa de la presencia de saponinas mediante la prueba de la espuma (PE) propuesto por Domínguez (1983). Para expresar los resultados se usaron las siguientes convenciones: (+) detectado y (-) no detectado (Sánchez *et al.*, 2010). El contenido de ST fue determinado fotocolorimétricamente mediante la reacción con vainillín en medio ácido

con modificaciones según las especificaciones de Helaly *et al.* (2001). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido oleanólico (mg EAO) por gramo peso seco.

3.6. Dosaje del contenido de azúcares totales (AT).— La determinación de AT de los extractos se realizó con el método fenol-ácido sulfúrico de acuerdo con las indicaciones de Dubois *et al.* (1956). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de glucosa (mg EG) por gramo de peso seco.

3.7. Cuantificación de otros constituyentes y parámetros en tallos.— El contenido de nitrógeno de tallos de ambas variedades de quinoa fue determinado mediante el método de Kjeldahl (Caballero *et al.*, 2015). Los resultados de nitrógeno total se expresaron como gramos de nitrógeno orgánico por 100 g de peso seco (g N/100g ps), mientras que para proteínas el resultado por 100 g de muestra se multiplicó por el factor 6,25 para expresar el resultado de proteínas en porcentaje (%).

El contenido de lípidos totales se realizó por el método de extracción en un equipo Soxhlet de acuerdo a Nielsen (2003) y los resultados se expresaron como mg de lípidos (Lip) por gramo de peso seco.

El porcentaje de cenizas totales (CT) se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Pearson (1993). El contenido de iones calcio y magnesio se evaluó mediante el uso de espectrometría de absorción atómica con llama de acuerdo a las especificaciones de Van Loon (1980) y los resultados se expresaron en $\mu\text{g/g}$ de peso seco de tallo.

El porcentaje de humedad en cada muestra se realizó mediante el método de secado en termobalanza según lo propuesto por Nollet (1996).

Evaluación de la actividad hemolítica y tóxica aguda

Se evaluó el efecto de los extractos de panojas y tallos de ambas variedades de quinoa sobre eritrocitos humanos a los fines de determinar la acción hemolítica por medición de hemoglobina libre y su correlación con el contenido de saponinas totales de acuerdo con Cantillo *et al.* (2007). Mientras que para evaluar la toxicidad aguda de los extractos se realizó el “*brine shrimp test*” utilizando nauplios de *Artemia salina* (Solís *et al.*, 1993). Para ambos ensayos, los extractos fueron disueltos con etanol al 50 % (v/v) y evaluados en concentraciones decrecientes de 2 a 0,01 mg/mL.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el test de Shapiro para comprobar la normalidad de los datos y luego una prueba F (Fisher) para determinar la homogeneidad de las varianzas. Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$), se

aplicó el análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico InfoStat (versión 2012), Universidad Nacional de Córdoba (Di Renzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extractos obtenidos

En los últimos años, se han evaluado una serie de procesos alternativos de extracción de principios activos vegetales, con el objetivo de contar con nuevas técnicas de extracción que mejoren los rendimientos del proceso, para el empleo de un menor tiempo de procesamiento, uso de solventes menos nocivos o inertes y a la vez, que las condiciones operativas se vuelvan favorables durante la obtención de compuestos termolábiles. Asimismo, en el trabajo presentado se determinó, que mediante la EAM se alcanzaron mayores rendimientos de extractos secos de residuos de poscosecha frente a los proporcionados por la EC. Esto fue válido tanto para los extractos de residuos poscosecha de panojas y tallos de ambas variedades de quinoa (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimientos de extracción de residuos de poscosecha de panojas (P) y tallos (T) de las dos variedades de quinoa según la técnica de extracción.

Table 1. Extraction yields from panicles (P) and stems (T) residues of two quinoa varieties according to the extraction technique.

		Residuos	Extractos (g)	g extracto / g ps	Rendimiento (%)
EC	Panoja	Faro	1,52 ± 0,01A	0,10 ± 0,02E	10,13
		CICA-17	1,77 ± 0,02B	0,12 ± 0,01F	11,80
	Tallos	Faro	1,00 ± 0,02C	0,10 ± 0,03G	10,00
		CICA-17	1,06 ± 0,03D	0,11 ± 0,02H	10,60
EAM	Panoja	Faro	2,90 ± 0,01a	0,19 ± 0,03e	19,33
		CICA-17	3,31 ± 0,02b	0,22 ± 0,04f	22,06
	Tallos	Faro	1,34 ± 0,03c	0,13 ± 0,02g	13,40
		CICA-17	1,35 ± 0,02d	0,13 ± 0,03h	13,50

Los resultados se expresan como la media ± σ del triplicado realizado para cada determinación. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Results are expressed as mean ± σ of triplicate determinations. Means with common letters are not significantly different ($p \leq 0,05$).

Cuantificación de compuestos fenólicos

El ensayo llevado a cabo para la cuantificación de FenT evidenció que los extractos de residuos de panojas por EAM de ambas variedades de quinoa presentaron mayor contenido que los extractos de tallos. Así, la extracción de FenT (mediante EAM) en las panojas de CICA-17 y Faro mejora un 51 % y 105 % respectivamente, comparado con la extracción convencional (Tabla 2). Sin embargo, el mismo análisis para los FenT, contenidos en los tallos, de las dos variedades analizadas, no mostró diferencias significativas entre ambos métodos de extracción.

La cuantificación de FlavT permitió determinar que la concentración de los mismos en los residuos de las panojas, de ambas variedades, no mostró diferencias significativas, cualquiera sea el método de extracción. Sin embargo, la extracción por EAM mejora notablemente los valores de concentración. Así, en el caso de CICA-17 se extrae un 206 % con EAM mientras que en Faro el valor es de un 173 %. La concentración de FlavT en tallos presentaron dos situaciones; en el caso de CICA-17 no hubo diferencias significativas entre ambos métodos de extracción, pero sí en la variedad Faro donde la diferencia fue de un 73 %.

El análisis del contenido de AHCT reveló un mayor contenido de los mismos en los extractos de residuos de panojas obtenidos por EAM de ambas variedades y no se detectaron *o*-dihidroxifenoles en ninguno de los extractos testeados. Los valores obtenidos de cada ensayo se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de compuestos fenólicos en extractos de residuos de panojas y tallos de dos variedades de quinoa.

Table 2. Phenolic compounds content of extracts from panicles and stems of two quinoa varieties.

	Extractos	FenT (mg EAG/g ps)	FlavT (mg EQ/g ps)	AHCT (mg EAC/g ps)
EC	Faro	6,92 ± 0,05 ^A	0,88 ± 0,01 ^E	2,84 ± 0,02 ^I
	CICA-17	9,82 ± 0,02 ^B	0,79 ± 0,07 ^F	3,75 ± 0,01 ^J
	Faro	4,52 ± 0,03 ^C	0,41 ± 0,01 ^G	1,17 ± 0,03 ^K
	CICA-17	3,01 ± 0,01 ^D	0,38 ± 0,01 ^H	1,24 ± 0,02 ^L
EAM	Faro	14,20 ± 0,15 ^a	2,40 ± 0,03 ^e	6,29 ± 0,06 ⁱ
	CICA-17	14,81 ± 0,07 ^b	2,42 ± 0,04 ^f	5,61 ± 0,02 ^j
	Faro	4,85 ± 0,04 ^c	0,71 ± 0,02 ^g	1,89 ± 0,12 ^k
	CICA-17	3,40 ± 0,01 ^d	0,45 ± 0,02 ^h	1,33 ± 0,01 ^l

Los resultados se expresan como la media ± σ del triplicado realizado para cada determinación. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Results are expressed as the mean ± σ of the triplicate performed for each determination. Means with common letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

Determinación y cuantificación de saponinas totales y azúcares totales

La determinación cualitativa de saponinas mediante PE (Prueba de Espuma), indicó la presencia de estos metabolitos sólo en los extractos de residuos de panojas de ambas variedades. De acuerdo a esta prueba, las ST sólo fueron cuantificadas en los extractos provenientes de residuos de panojas, observándose que los extractos obtenidos por EAM de ambas variedades fueron los que presentaron las mayores concentraciones de ST. En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos del análisis.

Cabe destacar, que tradicionalmente se ha estudiado la presencia de saponinas solo en los granos de diferentes variedades de quinoa. Esto obedece a que las saponinas son consideradas como compuestos antinutricionales y las variedades que las presentan se consideran amargas precisamente por el sabor que les confieren a los granos que no son lavados (Kuljanabhagavad y Wink, 2009). Así, en la literatura se reportan datos sobre la presencia de saponinas en granos de *Chenopodium quinoa* de las variedades en estudio, siendo para la variedad Faro un porcentaje medio de 2,6 % y para la variedad CICA-17 uno de 2,48 % (Ahumada *et al.*, 2016; González *et al.*, 2020). Mientras que, la revisión bibliográfica ha demostrado, que no existen datos sobre el contenido de saponinas en tallos y residuos de panojas de las variedades analizadas, lo cual pone de manifiesto la necesidad de realizar el estudio de saponinas en otros órganos de la planta de quinoa, ya que no se conocen satisfactoriamente los mecanismos regulatorios de la síntesis de las mismas ni su acumulación en diferentes tejidos vegetales como respuesta a factores ambientales. De modo tal, que para lograr una mayor comprensión se requiere un estudio sistemático del contenido de saponinas en cultivares genéticamente uniformes en múltiples localidades geográficas y en diferentes cultivos en igualdad de condiciones (Hong *et al.*, 2005). Estas consideraciones surgen del hecho de que estudios detallados del contenido de saponinas en alfalfa (*Medicago sativa* L.) por ejemplo, han demostrado que las mismas varían entre cultivares y órganos de las plantas (Golawska *et al.*, 2006) y también se encuentran fuertemente influenciadas por factores intrínsecos y externos, incluyendo el estado fisiológico de la planta, el momento de recolección, las condiciones edáficas y climáticas.

Por otro lado, el estudio sobre azúcares demostró que existe una diferencia significativa entre el contenido de AT entre los extractos de residuos de panojas y tallos, como así también entre ambas variedades de quinoa y las técnicas empleadas de extracción. Determinándose un mayor contenido en residuos de panojas de la variedad Faro por la técnica de EAM. Los resultados para todos los extractos se presentan en la Tabla 3.

De manera similar a ST, la revisión bibliográfica demuestra que solo existen datos sobre el contenido de azúcares totales y azúcares solubles (glucosa, fructosa y sacarosa) en los granos de quinoa (González *et al.*, 1989; Rosa *et al.*, 2004); lo que significa que, los datos obtenidos en este estudio para tallos y residuos de panojas de ambas variedades son inéditos.

Tabla 3. Detección y contenido de saponinas, dosaje de azúcares totales en extractos de residuos de panojas y tallos.**Table 3.** Detection and saponins content, total sugars dosage in panicles and stems extracts.

	Extractos	PE	ST (mg EAO/g ps)	AT (mg EG/g ps)
EC	Faro	+	5,30 ± 0,04 ^A	26,13 ± 0,05 ^C
	CICA-17	+	6,33 ± 0,25 ^B	8,28 ± 0,03 ^D
	Faro	-	-	4,45 ± 0,04 ^E
	CICA-17	-	-	7,37 ± 0,03 ^F
EAM	Faro	+	10,27 ± 0,04 ^a	82,45 ± 0,21 ^c
	CICA-17	+	11,03 ± 0,10 ^b	30,15 ± 0,04 ^d
	Faro	-	-	5,92 ± 0,03 ^e
	CICA-17	-	-	7,61 ± 0,02 ^f

Los resultados se expresan como la media ± σ del triplicado realizado para cada determinación. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Results are expressed as mean ± σ of triplicate determinations. Means with common letters are not significantly different ($p \leq 0,05$).

Determinación de nitrógeno total

Durante la determinación de nitrógeno total, se obtuvo que el contenido del mismo y el porcentaje de proteínas fue similar en el material vegetal seco de tallos de ambas variedades de quinoa (Tabla 4).

Previamente González *et al.* (2016) informaron valores de 1,52 g N/100 g ps en muestras de tallo para la variedad CICA-17, lo cual implica un valor de 9,5 % de proteínas. Mientras que, para otra variedad de quinoa, como la Molina-89 desarrollada en Perú, se informó que 63 líneas mutantes de la misma presentaron contenidos promedios de 9,9 % de proteínas en tallos (Sánchez Valencia, 2015). Cabe señalar, que la diferencia de la reseña bibliográfica con los datos de nuestro estudio podría explicarse por el tipo de labores culturales realizadas más las condiciones climáticas en que se desarrollaron los cultivos.

Por otra parte, se comunica que para el caso de la variedad Faro no se encontraron datos bibliográficos.

Tabla 4. Contenido de nitrógeno y proteínas en tallos de quinoa de las variedades CICA-17 y Faro.**Table 4.** Nitrogen and protein content in quinoa stems from CICA-17 and Faro varieties.

Extractos	g N / 100 g ps	% de proteína
CICA-17	0,70 ± 0,05 ^A	4,37
Faro	0,75 ± 0,04 ^A	4,36

Los resultados se expresan como la media ± σ del triplicado realizado para cada determinación. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Results are expressed as mean ± σ of triplicate determinations. Means with common letters are not significantly different ($p \leq 0,05$).

Otras mediciones en quinoa (Morales, 2012) y en trigo han demostrado que el contenido de nitrógeno en tallos decrece a medida que la planta avanza en su desarrollo (Simpson *et al.*, 1982, 1983). En relación a ello, es importante mencionar que el material empleado en este estudio corresponde a residuos poscosecha de ejemplares adultos, en los que es posible que el contenido de nitrógeno y proteínas se vea afectado.

Determinación de lípidos totales

La concentración de lípidos totales en el material vegetal seco de tallos fue mayor para la variedad Faro (4,68 mg Lip/g ps) mientras que, con los tallos de la variedad CICA-17 se obtuvieron 3,82 mg Lip/g ps. En comparación se menciona que el contenido de lípidos totales en los granos de diferentes variedades de quinoa oscila entre 2,05 % a 10,88 % con un valor promedio de 6,39 % (Rojas y Pinto, 2015), de manera que los valores que se encontraron en este estudio si bien son inferiores al promedio en granos, no dejan de ser relevantes en cuanto a su porcentaje.

En la revisión bibliográfica no se constataron datos sobre el contenido de lípidos totales en los tallos de quinoa de las variedades analizadas, pero si datos detallados sobre la composición de lípidos en el grano de diferentes variedades de quinoa, entre ellas las variedades CICA y Faro (Masson y Mella, 1985; Maradini Filho *et al.*, 2015; González *et al.*, 2023). Además, existen datos reportados de diferentes análisis de lípidos en hojas y tallos jóvenes de otras variedades de quinoa, pues se considera que estos órganos pueden ser consumidos también en ensaladas verdes (Nam y Jang, 2022).

Contenido de cenizas totales

Se observó una diferencia significativa del contenido de CT entre las muestras de tallos de ambas variedades. Mostrando para la variedad Faro un porcentaje de CT de 14,03 % mientras que para la variedad CICA-17 fue de 9,53 %. El valor registrado en Faro se encuentra dentro de los valores informados en un estudio previo para cinco variedades de quinoa donde los valores de cenizas encontrados en tallos fueron entre 14,6 % y 16,65 % (Matías y Cruz, 2020). Sin embargo, se debe mencionar que los valores de cenizas son altamente dependientes del tipo de suelo y de las condiciones fisiológicas en las que se encuentra el cultivo (Prado *et al.*, 2014; Craine y Murphy, 2020).

Concentración de iones calcio y magnesio

La concentración de iones bivalentes en tallos fue mayor en la variedad Faro y los resultados se muestran en la Tabla 5. Según la bibliografía existente la concentración de calcio y magnesio en tallos de la variedad CICA-17 fue de 2,5 % y 0,9 % respectivamente (González *et al.*, 2016).

Por otro lado, el promedio de las concentraciones de calcio y magnesio, en tallos de otras variedades de quinoa, estudiadas en España, arrojaron datos de 1,2 % y 0,64 % respectivamente (Matias y Cruz, 2020).

Determinación de humedad

El contenido de humedad es uno de los factores críticos a determinar ya que de acuerdo a su contenido se pueden brindar las condiciones apropiadas para garantizar una calidad sanitaria y organoléptica de un alimento.

La variedad Faro presentó un mayor porcentaje de humedad siendo del 20,52 % mientras que para la variedad CICA-17 fue de 15,71 %.

Ensayos de actividad hemolítica y toxicidad aguda

Los extractos vegetales de residuos de panojas y tallos en diferentes concentraciones de ambas variedades de quinoa no exhibieron actividad hemolítica frente a eritrocitos humanos. Tampoco presentaron efectos tóxicos frente a *Artemia salina*. Para todos los casos la concentración letal media (CL₅₀) obtenida fue superior a 1000 µg/mL.

Los resultados obtenidos mediante este ensayo, muestran una relación directa con los valores de actividad hemolítica nula obtenidos para los extractos de las dos variedades de quinoa en estudio. La ausencia de efectos tóxicos es un punto muy importante a tener en cuenta, ya que la finalidad de los residuos poscosecha es que sean empleados en la formulación de alimentos balanceados, y este parámetro aporta datos sobre la inocuidad de los mismos.

Tabla 5. Contenido de Ca⁺² y Mg⁺² en los tallos de quinoa de las variedades CICA y Faro.

Table 5. Ca⁺² and Mg⁺² content in quinoa stems from CICA-17 and Faro varieties.

Extractos	Ca ⁺² (µg / g ps)	Mg ⁺² (µg / g ps)
CICA-17	3281 ± 30A (0,32%)	1220 ± 90B (0,12%)
Faro	9938 ± 57a (0,99%)	3671 ± 40b (0,36%)

Los resultados se expresan como la media ± σ del triplicado realizado para cada determinación. Medias con letra común no son significativamente diferentes (p ≤ 0,05).

Results are expressed as mean ± σ of triplicate determinations. Means with common letters are not significantly different (p ≤ 0,05).

CONCLUSIONES

El rendimiento de la extracción de metabolitos primarios y secundarios de tallos y residuos de panojas utilizando la técnica de extracción asistida por microondas resultó mayor que el de la técnica convencional, permitiendo además disminuir el tiempo de extracción. De esto se desprende que para una mejor extracción y consecuente aprovechamiento de los compuestos analizados es mejor reemplazar las técnicas convencionales por la técnica de extracción asistida por microondas.

Los extractos de residuos de panojas de ambas variedades presentaron una concentración escasa de saponinas, no detectándose éstas en los extractos de tallos, lo cual refuerza la idea de utilizar los mismos como ingredientes de un alimento balanceado al no poseer estas sustancias antinutricionales.

Se comprobó que los extractos de residuos de panojas y tallos de las dos variedades no exhiben actividad tóxica general, lo cual pone de manifiesto un importante parámetro sobre la inocuidad de los órganos vegetativos que pueden ser consumidos por los animales. Este trabajo fue planteado para comprobar si los residuos poscosecha de ambas variedades de quinoa estudiadas, podrían ser empleados como ingredientes en la formulación de alimentos balanceados de animales, reforzando la idea que la quinoa debe ser considerada como una planta multipropósito y además, resolviendo una problemática sobre la disposición final de los residuos generados durante la cosecha del grano. Acorde a ello, podemos observar que los resultados de este trabajo son promisorios para sustentar la idea de utilizar *Chenopodium quinoa* Willd., (variedades Faro y CICA-17) como una especie multipropósito, ya que además, de ser productora de granos para la alimentación humana, lo es para la nutrición animal mediante su incorporación en alimentos balanceados de bajo costo. El aprovechamiento de estos residuos brindaría una solución a diferentes problemáticas que se originan desde su generación hasta su disposición final. Los residuos poscosecha abordados en el presente estudio, se encuentran disponibles en la zona de los Valles Calchaquíes; y es precisamente en esta región donde se crían animales para carne y/o leche y en donde las pasturas son escasas en tiempos invernales. Se considera que estos residuos poscosecha deberían ser sometidos a un mayor estudio para su incorporación en los alimentos balanceados y sobre todo teniendo en cuenta el tipo de ganado predominante de la zona y la finalidad de la cría de los animales. Asimismo y como es conocido, el sector agrícola aporta más del 80% de los ingredientes que se emplean en la elaboración de alimentos balanceados, por lo que el uso de los residuos poscosecha de quinoa generaría mayor rentabilidad e interés por su cultivo y aprovechamiento integral de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd El-Samad, E. H., Hussin, S. A., El-Naggar, A. M., El-Bordeny, N. E. y Eisa, S. S. (2018). The potential use of quinoa as a new non-traditional leafy vegetable crop. *Bioscience Research* 15 (4): 3387-3403.
- Abugoch James, L. E. (2009). Chapter 1 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)
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D. y Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana. Ciencia, Química y Farmacia* 45 (3): 438-469.
- Bazile, D. y Santivañez, T. (2014). Introducción al estado del arte de la quinua en el mundo. En: Bazzile et al. (Ed.), Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013, (pp. 1-2). FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia).
- Blanco Callisaya, J. A. (2014). Forraje y Alimentación Animal. Capítulo 3.2. In: Bazile, D. et al. [Editores], “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO [Santiago de Chile] y CIRAD, [Montpellier, Francia]: pp. 331-340.
- Caballero, A., Maceda, W., Miranda, R. y Bosque, H. (2015). Rendimiento y contenido de proteína de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cinco fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 2 (1): 7-118.
- Cantillo, J., Güete, J., Baldris, R., Jaramillo, B. y Olivero J. (2007). Evaluación de la toxicidad aguda (LC₅₀) frente a *Artemia franciscana* y la actividad hemolítica de los extractos acuosos, en diclorometano y metanólico parcial de *Justicia secunda* (Vahl.) *Scientia et Technica* 8: 257-258.
- Cárdenas, R. V., Buedo, S., González, J. A., Gordillo, M. A. y Lizarraga, E. (2019). Composición y valor nutricional de tallos de dos variedades de quinoa para la formulación de alimentos balanceados. Libro de resúmenes de las XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán, p. 73.
- Chand Meena, M., Kesh Meena, R. y Prakash Meena, V. (2014). In vivo and in vitro biochemical estimation of primary metabolites from *Citrullus colocynthis* (Linn.) Schrad: an important medicinal herb. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 3 (9): 931-941.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H. y Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis* 10: 178-182.
- Craine, E. B. y Murphy, K. M. (2020). Seed composition and amino acid profiles for quinoa grown in Washington State. *Frontiers in Nutrition* 7: 126.

- Dao, L. y Friedman, M. (1992). Chlorogenic acid content of fresh and processed determined by ultraviolet spectrophotometric. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 2152-2156.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. (2012). InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Dogan, H. y Karwe, M. (2003). Physicochemical properties of quinoa extrudates. *Food Science Technology International* 9: 101-114.
- Domínguez, X. A. (1983). Métodos de Investigación Fitoquímica, 4ª Edición. Editorial Limusa S.A., México.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P. y Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Biochemistry* 28 (3): 350-356.
- Golawska S., Leszczyński, B. y Oleszek, W. (2006). Effect of low and high-saponin lines of alfalfa on pea aphid. *Journal of Insect Physiology* 52: 737-743.
- González, J. A., Martín, G. O. (h), Bruno, M. A. y Prado, F. E. (2016). La "quinoa" (*Chenopodium quinoa*) como alternativa forrajera en la zona de los Valles Calchaquíes (Noroeste Argentino). *Lilloa* 53 (1): 74-81.
- González, J. A. (2011). La quinoa. Especie multipropósito. Miniforo IBERO-EKA sobre "Innovación Tecnológica en la transformación de alimentos nativos". Cochabamba (Bolivia). 27 al 29 de junio de 2011.
- González, J. A., Eisa, S., Hussin, S. y Prado, F. E. (2015). Quinoa: an Incan Crop to Face Global Changes in Agriculture. En: Murphy, K. S., Matanguihan, J. (Eds.). Quinoa: Improvement and Sustainable Production (pp. 1-18). Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA.
- González, J. A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M. y Prado, F. E. (2011). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 1222-1229.
- González, J. A., Lizarraga, E. F., Erazzú, L. E., Martínez-Calsina, L., Buedo, S. E. y González, D. A. (2020). Goat manure fertilization effect on saponin and protein content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) grain of different origin. *Middle East Journal of Agriculture* 9 (2): 434-443. <https://doi.org/10.36632/mejar/2020.9.2.x>
- González, J. A., Roldán, A.; Gallardo, M., Escudero, T. y Prado, F. E. (1989). Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca Crops: *Chenopodium quinoa* ("quinoa"). *Plant Foods for Human Nutrition* 39: 331-337.
- González, J. A., Sawsan, K. M., Yousif, L. E., Erazzu, L. E. et al. (2023). Effects of goat manure fertilization on grain nutritional value in two contrasting quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties cultivated at high altitudes. *Agronomy* 13: 918. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030918>

- Helaly, F., Soliman, H., Soheir, A. y Ahmed, A. (2001). Controlled release of migration of molluscicidal saponin from different types of polymers containing *Calendula officinalis*. *Advances in Polymer Technology* 20 (4): 305-311.
- Hong, D. Y. Q., Lau, A. J., Yeo, C. L., Yang, C. R., Koh, H. L. y Hong, Y. (2005). Genetic diversity and variation of saponin contents in *Panax notoginseng* roots from a single farm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 8460-8467. <https://doi.org/10.1177/1082013203009002006>
- Jellen, E. N., Maughan, P. J., Fuentes, F. y Kolano, B. A. (2014). Botánica, Filogenia y Evolución CAPÍTULO 1.1. En: "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 12-25.
- Kuljanabhadgavad, T. y Wink, M. (2009). Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochemistry Reviews* 8: 473-490.
- Lizarraga, E., Castro, F., Erazzu, L., Buedo, S. y González, J. A. (2018). Characterization of residues obtained from the mechanical cleaning of quinoa grains. *Biocell* 43 (Supl. 1): A 35.
- Llaguno, D. y Masabamda, V. (2008). Influencia de tres dietas alimenticias balanceadas en el engorde y calidad de carne de Tilapia (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Maradini Filho, A. M., Ribeiro Pirozi, M., Da Silva Borges, J. T., Pinheiro Sant'Ana H. M, Paes Chaves, J. B. y Dos Reis Coimbra, J. S. (2015). Quinoa: nutritional, functional and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57 (8): 1618-1630.
- Masson, L. y Mella, M. (1985). Materias grasas de consumo habitual en Chile. Composición en ácidos grasos. Universidad de Chile.
- Matías, J. y Cruz, V. (2020). Yield and composition of quinoa stems under Mediterranean conditions. 2nd International Quinoa Research Symposium. August 17th -August 19th, 2020.
- Mercado, M. I., Lizarraga, E., González, J. A., Castro, F., Erazzu, L., Buedo, S., Coll Aráoz, M. V. y Ponessa, G. I. (2019). Caracterización histológica y química de mojuelo de granos de quinoa. Libro del VII Congreso Mundial sobre la Quinoa y otros granos andinos, p. 186.
- Minetti, J. L. (2005). El clima del Noroeste Argentino. Laboratorio Climatológico Sudamericano. Editorial Magna.
- Morales, J. L. (2012). Manual de nutrición y fertilización de la quinua. (En línea). CARE Perú. Lima, Perú. Pág.16. Consultado 15 diciembre 2014. Disponible en: <http://coin.fao.org/coin-static/cmslmedia/16/13709771404480/manual-defertilizacion-de-la-quinua-def.pdf>
- Mosquera, M. L., Portilla, S. y López, F. J. (2009). Evaluación del efecto nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) con diferentes niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 7 (1): 76-90.

- Mujica, A. y Jacobsen, S. E. (2000). Agrobiodiversidad de las aynokas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la seguridad alimentaria. Seminario Agrobiodiversidad en la Región Andina y Amazónica, pp. 151-156.
- Mujica, A. y Jacobsen, S. E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. En: M. Moraes, B. Ollgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius, H. Balslev, H. (Eds.), Botánica Económica de los Andes (pp. 449-457). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Nam, J. D. y Jang, H. L. (2022). Nutritional compositions in young leaves and stem from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown in Korea. *Korean Journal of Food Preservation* 29 (6):861-872. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.6.861>
- Nielsen, S. (2003). Food analysis second edition. An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Nollet, L. (1996). Handbook of food analysis; M. Dekker, New York.
- Oviedo, A., Tomei, C. E., Erazzu, L., Martínez Calsina, L., González, J. A. y Lizarraga, E. (2019). Evaluación preliminar de la eficacia de un extracto de mojuelo de quinua sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Lillo, Educación, Ciencia y Transferencia. Serie Monográfica y Didáctica* 5: 156.
- Pearson, D. (1993). Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos. Acribia S.A. Zaragoza.
- Prado, F. E., Fernandez-Turiel, J. L., Tsarouchi, M., Psaras, G. K. y González, J. A. (2014). Variation of seed mineral concentrations in seven quinoa cultivars grown in two agroecological sites. *Cereal Chemistry* 91: 453-459.
- Rojas, W. y Pinto, M. (2015). *Ex situ* conservation of Quinoa: The Bolivian experience. En: Murphy, K. & Matanguihan, J. (Eds), Quinoa: Improvement and sustainable production. Capítulo 8 (pp. 25-160). Primera Edición.
- Rosa, M., Hilal, M., González, J. A. y Prado, F. E. (2004). Changes in soluble carbohydrates and related enzymes induced by low temperature during early developmental stages of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seedlings. *Journal of Plant Physiology* 161 (6): 683-689.
- Sánchez Valencia, M. V. R. (2015). Identificación preliminar de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno. (Tesis de grado), Universidad Nacional Agraria Lamolina Facultad de Agronomía. Lima-Perú.
- Sánchez, Y., Rondón, L., Hermosilla, R. E. y Almeida, M. (2010). Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólico, etéreo y acuoso de las hojas, tallos y flores de *Elychrysum bracteatum*. *Revista Química Viva* 1: 40-45.
- Simpson, R. J., Lambers, H. y Dalling, M. J. (1982). Translocation of nitrogen in a vegetative wheat plant (*Triticum aestivum*). *Physiologia Plantarum* 56 (1): 11-17.

- Simpson, R. J., Lambers, H. y Dalling, M. J. (1983). Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) 1: IV. Development of a quantitative model of the translocation of nitrogen to the grain. *Plant Physiology* 71 (1): 4-14.
- Singleton, V., Orthofer, R. y Lamuela-Raventos, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299: 152-178.
- Solís, P., Wright, C., Anderson, M., Gupta, M. y Phillipson, J. (1993). A microwell cytotoxicity assay using *Artemia salina*. *Planta Medica* 59: 250-252.
- Tapia, M. 2015. The long journey of Quinoa: who wrote its history. En: State of the art report on Quinoa around the World in 2013. Bazile, D., Bertero, H. D., Nieto, C. (Eds.), 1: 1-7. FAO and CIRAD: Rome.
- Tomei, C. E., Buedo, S., Erazzu, L., Martínez Calsina, L., González, J. A. y Lizarraga, E. (2019). Recuperación de metabolitos bioactivos y con interés económico a partir de residuos de limpieza de granos de quinoa. *Lillo, Educación, Ciencia y Transferencia. Serie Monográfica y Didáctica* 5: 181.
- Van Loon, J. C. (1980). Analytical atomic absorption spectroscopy. Academic Press New.