

Determinación del contenido de saponina y de proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producidos en la costa central de Ecuador

Camilo Alexander Mestanza Uquillas^{1a*}, Jeniffer Alexandra Coronel Rivera^{1b}, Diana Verónica Véliz Zamora^{1c}, Gregorio Humberto Vásconez Montúfar^{2d}

¹ Carrera Agropecuaria, Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Av. Quito km. 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Ecuador, CP 120301

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo-(UTEQ), Quevedo, Los Ríos, Ecuador

^a Correo electrónico: cmestanza@uteq.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9299-170X>

^b Correo electrónico: jeniffer.coronel2013@uteq.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9958-1754>

^c Correo electrónico: dvveliz@uteq.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2039-8741>

^d Correo electrónico: gvasconez@uteq.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1260-8075>

*Autor para correspondencia

Recibido: 4 de agosto de 2023

Revisado: 25 de septiembre de 2023

Aceptado: 3 de octubre de 2023

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el contenido de proteínas y saponinas en genotipos de quinua es una práctica importante para definir su propósito de producción y poder ser comercializado en mercados que demanden por ejemplo quinuas amargas o dulces. Razón por la cual, este estudio tuvo por objeto determinar el contenido de estos componentes en 30 genotipos de quinua producidos en la costa central del Ecuador.

Metodología: Para ello, se empleó un diseño experimental completamente al azar con treinta tratamientos y tres repeticiones, evaluándose variables como: altura de la columna de espuma (cm), contenido de saponina (%) y contenido de proteína (%). La metodología empleada para la obtención de datos del contenido de saponina fue mediante el método espuma de Koziol y para proteína se empleó el método Kjeldahl. **Resultados:** En cuanto a los resultados alcanzados, se registró un mayor

contenido de saponina en los tratamientos T19 y T30 con 0,86 y 0,78% respectivamente, mientras que, los tratamientos con menor contenido de saponina T23 y T26, ambos con 0,00%. En cuanto al contenido de proteína, los tratamientos con un mayor registro fueron T26 y T28 con 19,82 y 18,65% respectivamente y en contraparte, tratamientos como presentaron un bajo valor proteico fueron T20 con 12,23 y T5 con 13,54%. **Conclusión:** Finalmente, se concluye que el 76,67% de los genotipos se catalogaron como amargos y el 23,3% como dulces. Mientras que, en relación a la proteína se registró un promedio general de todos los genotipos de 16,19% lo cual en términos de calidad es relativamente aceptable.

Palabras clave: pseudocereal, metabolitos, alimentación, semillas, grano andino.

SUMMARY

Determination of saponin and protein content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) genotypes produced on the central coast of Ecuador

Purpose: Evaluating the protein and saponin content in quinoa genotypes is an important practice to define their production purpose and to be able to be marketed in markets that demand, for example, bitter or sweet quinoa. For this reason, this study aimed to determine the content of these components in 30 quinoa genotypes produced in the central coast of Ecuador. **Methodology:** For this purpose, a completely randomized experimental design was used with thirty treatments and three replications, evaluating variables such as: height of the foam column (cm), saponin content (%) and protein content (%). The methodology used to obtain data on saponin content was the Koziol foam method and the Kjeldahl method was used for protein. **Results:** As for the results obtained, the highest saponin content was recorded in treatments T19 and T30 with 0.86 and 0.78%, respectively, while the treatments with the lowest saponin content were T23 and T26, both with 0.00%. In terms of protein content, the treatments with the highest protein content were T26 and T28 with 19.82 and 18.65%, respectively, and on the other hand, the treatments with the lowest protein content were T20 with 12.23 and T5 with 13.54%. **Conclusion:** Finally, it was concluded that 76.67% of the genotypes were classified as bitter and 23.3% as sweet. Meanwhile, in relation to protein, a general average of 16.19% was recorded for all genotypes, which in terms of quality is relatively acceptable.

Keywords: pseudocereal, metabolites, food, seeds, Andean grain.

RESUMO

Determinação do teor de saponinas e proteínas em genótipos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) produzidos na costa central do Equador

Objetivo: Avaliar o teor de proteínas e saponinas em genótipos de quinoa é uma prática importante para definir sua finalidade de produção e poder ser comercializada em mercados que demandam, por exemplo, quinoas amargas ou doces. Por este motivo, este estudo teve como objetivo determinar o conteúdo destes componentes em 30 genótipos de quinoa produzidos na costa central do Equador. **Metodologia:** Para isso foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com trinta tratamentos e três repetições, avaliando variáveis como: altura da coluna de espuma (cm), teor de saponinas (%) e teor de proteínas (%). A metodologia utilizada para obtenção dos dados sobre o teor de saponinas foi o método da espuma de Koziol e para a proteína foi utilizado o método de Kjeldahl. **Resultados:** Em relação aos resultados alcançados, foi registrado maior teor de saponina nos tratamentos T19 e T30 com 0,86 e 0,78% respectivamente, enquanto os tratamentos com menor teor de saponina T23 e T26, ambos com 0,00%. Em relação ao teor de proteína, os tratamentos com maior registro foram T26 e T28 com 19,82 e 18,65% respectivamente e em contrapartida, os tratamentos que apresentaram baixo valor de proteína foram T20 com 12,23 e T5 com 13,54%. **Conclusão:** Por fim conclui-se que 76,67% dos genótipos foram classificados como amargo e 23,3% como doce. Enquanto, em relação à proteína, foi registrada uma média geral de todos os genótipos de 16,19%, o que em termos de qualidade é relativamente aceitável.

Palavras-chave: pseudocereal, metabólitos, dieta, sementes, grão andino.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) tiene un gran potencial para contribuir con la seguridad alimentaria a nivel mundial. Posee una notable capacidad de adaptación a diferentes regiones agroecológicas y gradiente altitudinal debido a su plasticidad fenotípica. Los principales países productores de quinua en América Latina son: Perú, Bolivia y Ecuador; sin embargo, la producción se está expandiendo a otros continentes y actualmente se cultiva en varios países [1].

La quinua es considerada un súper alimento por sus excelentes propiedades nutricionales, entre las que destacan su alto contenido proteico, proporcionando un 16% de proteína por peso seco de quinua, que es más alta que la mayoría de los cereales [2] y comparable al de la leche [3]. Las proteínas de la quinua tienen niveles adecuados de aminoácidos aromáticos (fenilalanina y tirosina) y de contenidos de histidina, isoleucina, treonina, fenilalanina, tirosina y valina, de acuerdo con los requerimientos sugeridos por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) – Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo humano [4], asimismo, posee elementos traza y cantidades significativas de vitaminas [5].

No obstante, la quinua contiene saponinas, mismas que se localizan en la cáscara [6], y responsables de dar una percepción de amargor al gusto [7] si sobrepasan la concentración $>0,11$ [2]. Por ello, las semillas de quinua se procesan con la finalidad de reducir dicho amargor y ser empleadas para la preparación de diversos platos gastronómicos y en la fabricación de productos alimenticios procesados [6], razón por la cual son más demandados los genotipos de quinuas dulces ($<0,11$), cuyo contenido de saponina es mínimo [8].

Por otra parte, es preciso indicar que un mayor contenido de saponinas también puede ser ventajoso para la industria farmacológica [7], debido a que presentan propiedades antibacteriana y antifúngica [9, 10] además de emplearse para la fabricación de productos para el cuidado del cabello como lo es el champú. Por lo cual, es imperativo estudiar genotipos que puedan formar parte de sistemas productivos [11] y que a su vez tengan propósitos definidos, es decir encaminados a la alimentación, con un menor contenido de saponinas y alto contenido de proteínas y para el aprovechamiento industrial y el consumo con un mayor contenido de saponinas.

Se han descrito a nivel mundial cinco ecotipos de quinua, de los cuales el ecotipo de los valles es el predominantemente producido y consumido en Ecuador. Existiendo poca información de la adaptación de quinua a zonas costeras o tropicales de Ecuador [12].

En virtud de lo anterior, este estudio tuvo por objeto evaluar el contenido de saponinas y proteína en 30 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivados en el Campus La María, que están siendo introducidas y adaptadas a las condiciones agroclimatológicas de la costa central ecuatoriana.

METODOLOGÍA

Localización

La determinación del contenido de saponina y proteína de las muestras se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) del cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador, ubicada en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme, empleando 30 genotipos de distintos orígenes (Tabla 1) producidos y cosechados en el Campus entre 90 a 143 días posteriores a la siembra, durante la época lluviosa, específicamente entre los meses de septiembre/2017 y enero/2018. Las condiciones agroclimáticas presentes en el lugar donde se cultivaron los genotipos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Genotipos de quinua y sus orígenes

Tratamientos	Genotipos	Origen
T1	26	Chile
T2	36	Chile
T3	41	Chile
T4	42	Chile
T5	48	Chile
T6	49	Chile
T7	52	Chile
T8	54	Chile
T9	0-1	Chile
T10	0-2	Chile
T11	0-3	Chile
T12	0-4	Chile
T13	0-5	Chile
T14	0-6	Chile
T15	0-7	Chile
T16	0-8	Chile
T17	0-9	Chile
T18	0-10	Chile
T19	J4	Argentina
T20	FARO	Chile
T21	REG	Chile
T22	PV	Ecuador
T23	DULCE	Chile

(Continúa)

Tratamientos	Genotipos	Origen
T24	0-10M	Chile
T25	J4-010	Chile
T26	TUNK	Ecuador
T27	X2	Chile
T28	X3	Chile
T29	X4	Chile
T30	X5	Chile

Tabla 2. Condiciones agroclimáticas del cantón Mocache

Parámetros	Promedio
Temperatura promedio °C	25,47
Humedad relativa, %	85,84
Precipitación, anual. mm	2223,85
Heliofanía, horas luz /año	898,66
Zona ecológica	bh – T
Topografía	Ligeramente Ondulada

Fuente: Departamento Agrometeorológico del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP).

Diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos (genotipos) estuvieron dispuestos en un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y para el análisis de las medias entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando el programa estadístico Infostat. Dicho análisis se aplicó a todas las variables evaluadas.

Determinación del contenido de saponina

Para la determinación del contenido de saponina se realizó el método espuma de Koziol establecido en la Norma INEN [13], basada en las propiedades tensoactivas de las saponinas, que al disolverse en agua y agitarse, generan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponinas en los granos. Se realizó pesando 0,50 $\pm 0,02$ g enteros de quinua y se colocaron en un tubo de ensayo. Se añadió 5,0 mL de agua destilada y tapó el tubo. Se puso en marcha el cronómetro y sacudió vigorosamente el tubo durante 30 segundos. Se dejó el tubo en reposo durante 30 minutos, luego se sacudió otra vez durante 30 segundos. Se repite el proceso. Finalmente se dejó el tubo en reposo 5 minutos, luego se midió la altura de la espuma al 0,1 cm más cercano [14].

Para determinar el porcentaje de saponinas en los distintos genotipos de quinua se empleó la siguiente ecuación:

$$Ps = \frac{(0,646 \cdot h) - 0,104}{m \cdot 10}$$

Siendo:

Ps = porcentaje de saponina

h = altura de la espuma en cm

m = masa de la muestra, en gramos

Determinación del contenido de proteína por el método Kjeldahl [15]

Preparación de la muestra: Se molió 100 g de muestra en un micro molino que contenga un tamiz de abertura de 1 mm. Se transfirió rápidamente la muestra molida y homogenizada a un recipiente herméticamente cerrado, hasta el momento del análisis. Se homogenizó la muestra interviniendo varias veces el recipiente. El procedimiento a continuación:

Digestión: Se pesó aproximadamente 0,3 g de muestra sobre un papel exento de nitrógeno y colocó sobre un microtubo digestor. Se añadió al microtubo una tableta catalizadora y 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó los tubos de digestión con las muestras en el *block digest* con el colector de humus funcionando.

La digestión se realizó a una temperatura de 350 a 400 °C y un tiempo de 2 horas. Al finalizar la muestra oscura se transforma en una solución translúcida. Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente. Se evitó la precipitación agitando de vez en cuando.

Destilación: En cada microtubo adicionar 15 mL de agua destilada. Se colocó el microtubo y el matraz de recepción con 50 mL de ácido bórico al 2% en el sistema de destilación Kjeltec.

Se encendió el sistema y la adición de 30 mL de hidróxido de sodio al 40%. Se recogió aproximadamente 200 mL de destilado, se retiró del sistema los accesorios. Titulación: Del destilado recogido en el matraz se colocó tres gotas de indicador. Se tituló con ácido clorhídrico 0,1 N utilizando un agitador mecánico. Se registró el volumen de ácido consumido.

El porcentaje de proteína se obtuvo mediante el método de Kjeldahl (método directo) bajo la siguiente formula:

$$\%PB = \frac{(VHCl - Vb) \cdot 1,401 \cdot NHCl}{g. muestra} \cdot F$$

Siendo:

14,01 = Peso atómico del nitrógeno.

$NHCl$ = Normalidad de Ácido Clorhídrico 0,1 N.

F = Factor de conversión.

$VHCl$ = Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación.

Vb = Volumen del Blanco (0,01).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y para el análisis de las medias entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando el programa estadístico Infostat.

RESULTADOS

Altura de la columna de espuma en genotipos de quinua.

Para la altura de la columna de espuma existió una alta significancia estadística ($p < 0,05$). Los genotipos que presentaron los menores promedios fueron T26 y T23 con 0,00 cm; mientras que, el mayor promedio lo obtuvo el T20 con 6,83 cm. (Tabla 3).

Tabla 3. Promedios de la altura de la columna de espuma en genotipos de quinua.

Tratamientos	Genotipos	Altura de la columna de espuma (cm)					
		0,77	a	b	c	d	e
T1	26	0,77	a	b	c	d	e
T2	36	4,17					
T3	41	1,93	a	b	c		
T4	42	1,50	a	b	c		
T5	48	2,03		b	c		
T6	49	1,60	a	b	c		
T7	52	1,07	a	b	c		
T8	54	1,50	a	b	c		
T9	0-1	1,37	a	b	c		

(Continúa)

Tratamientos	Genotipos	Altura de la columna de espuma (cm)					
T10	0-2	4,80					e
T11	0-3	0,90	a	b	c		f
T12	0-4	1,50	a	b	c		
T13	0-5	1,43	a	b	c		
T14	0-6	1,30	a	b	c		
T15	0-7	1,43	a	b	c		
T16	0-8	2,13		b	c		
T17	0-9	0,97	a	b	c		
T18	0-10	1,53	a	b	c		
T19	J4	2,17		b	c		
T20	FARO	6,83					g
T21	REG	5,50				e	f
T22	P.V	6,13					f
T23	DULCE	0,00	a				
T24	0-10M	6,07			c	e	f
T25	J4-010	0,77	a	b			g
T26	TUNK	0,00	a				
T27	X2	2,43		b	c	d	
T28	X3	4,30				d	e
T29	X4	2,83			c	d	f
T30	X5	6,23					f
C.V (%)					24,08		
Probabilidad ($p<0,05$)					0,0001**		

Letras iguales no difieren estadísticamente Tukey ($p\leq 0,05$). C.V: Coeficiente de variación, NS: No significativo; *Significativo, **Alta significancia.

Contenido de saponina (%)

En el contenido de saponina se registró una alta significancia estadística entre tratamientos ($p<0,05$). Los tratamientos: T1, T7, T11, T17, T18, T23, T25 y T26 presentaron un contenido por debajo del 0,12%. Mientras que T19 obtuvo el contenido más alto de saponina con 0,86% (Tabla 4).

Tabla 4. Promedios de contenido de saponina (%) en genotipos de quinua.

Tratamientos	Genotipos	Contenido de saponina (%)					
T1	26	0,08					g

(Continúa)

Tratamientos	Genotipos	Contenido de saponina (%)							
				c	d		e	f	g
T2	36	0,52							
T3	41	0,23					e	f	g
T4	42	0,17					e	f	g
T5	48	0,24					e	f	g
T6	49	0,18					e	f	g
T7	52	0,12					f	g	h
T8	54	0,17					e	f	h
T9	0-1	0,16					f	g	h
T10	0-2	0,60		b	c				
T11	0-3	0,10						g	h
T12	0-4	0,17					e	f	h
T13	0-5	0,16					f	g	h
T14	0-6	0,15					f	g	h
T15	0-7	0,16					f	g	h
T16	0-8	0,26					e	f	g
T17	0-9	0,11					g	h	i
T18	0-10	0,02						h	i
T19	J4	0,86	a						
T20	FARO	0,69	a	b	c				
T21	REG	0,73	a	b					
T22	P.V	0,77	a	b					
T23	DULCE	0,00							i
T24	0-10M	0,76	a	b					
T25	J4-010	0,08						g	h
T26	TUNK	0,00							i
T27	X2	0,29					e	f	
T28	X3	0,54			c				
T29	X4	0,35				d	e		
T30	X5	0,78	a						
C.V (%)						17,86			
Probabilidad (p<0,05)						0,0001**			

Letras iguales no difieren estadísticamente Tukey ($p \leq 0,05$). C.V: Coeficiente de variación, NS: No significativo; *Significativo, **Alta significancia

Clasificación de los genotipos en base al contenido de saponina

De acuerdo con los resultados de los treinta genotipos evaluados el 23,3% son dulces, es decir estuvieron por debajo del 0,11% de contenido de saponina. Mientras que, en contraparte, el 76,67% correspondió a la categoría de amargo, dado que sobrepasaron el contenido de 0,11% (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de los genotipos de quinua producidos en el Campus La María.

Tratamientos	Genotipos	Dulce < 0,11%	Amargo > 0,11%
T1	26	0,08	
T2	36		0,52
T3	41		0,23
T4	42		0,17
T5	48		0,24
T6	49		0,18
T7	52		0,12
T8	54		0,17
T9	0-1		0,16
T10	0-2		0,60
T11	0-3	0,10	
T12	0-4		0,17
T13	0-5		0,16
T14	0-6		0,15
T15	0-7		0,16
T16	0-8		0,26
T17	0-9	0,11	
T18	0-10	0,02	
T19	J4		0,86
T20	FARO		0,69
T21	REG		0,73
T22	P.V		0,77
T23	DULCE	0,00	
T24	0-10M		0,76
T25	J4-010	0,08	
T26	TUNK	0,00	
T27	X2		0,29
T28	X3		0,54
T29	X4		0,35
T30	X5		0,78

Contenido de proteína (%)

El porcentaje de presentó alta significancia estadística entre tratamientos ($p<0,05$). El T23 presentó el mayor promedio con 19,82% el cual es estadísticamente igual al T27 con 18,65% de proteína en los granos de quinua. El T20 registró el menor promedio con 12,23% (Tabla 6).

Tabla 6. Promedios de porcentaje de proteína en genotipos de quinua.

Tratamientos	Genotipos	Porcentaje de proteína (%)							
			b	c	d	e	f	g	h
T1	26	15,88							
T2	36	18,07	a	b	c				
T3	41	15,73		b	c	d	e	f	
T4	42	15,73		b	c	d	e	f	
T5	48	13,54					f	g	
T6	49	16,75		b	c	d	e		
T7	52	16,46		b	c	d	e	f	
T8	54	16,61		b	c	d	e		
T9	0-1	16,61		b	c	d	e		
T10	0-2	14,13					e	f	g
T11	0-3	15,44			c	d	e	f	
T12	0-4	16,32		b	c	d	e	f	
T13	0-5	17,48	a	b	c	d			
T14	0-6	15,29			c	d	e	f	
T15	0-7	16,46		b	c	d	e	f	
T16	0-8	14,56				d	e	f	g
T17	0-9	14,71				d	e	f	g
T18	0-10	16,02		b	c	d	e	f	
T19	J4	16,75		b	c	d	e		
T20	FARO	12,23						g	
T21	REG	15,29			c	d	e	f	
T22	PV	17,05	a	b	c	d	e		
T23	DULCE	18,07	a	b	c				
T24	0-10M	15,15			c	d	e	f	g
T25	J4-010	17,48	a	b	c	d			
T26	TUNK	19,82	a	b					
T27	X2	15,44			c	d	e	f	
T28	X3	18,65	a	b					
T29	X4	17,78	a	b					
T30	X5	16,17		b	c	d	e	f	
C.V (%)			5,88						
Probabilidad (p<0,05)			0,0001**						

Letras iguales no difieren estadísticamente Tukey ($p \leq 0,05$). C.V: Coeficiente de variación, NS: No significativo; *Significativo, **Alta significancia.

DISCUSIÓN

Cuando las muestras de quinua se disuelven en agua y se agitan, las saponinas generan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponina en los granos [16], demostrando que existe excelente correlación entre la altura de la columna de espuma y el contenido de saponina [2, 17].

El T26 (TUNK), que es una variedad registrada en Ecuador como quinua de bajo contenido de saponina [18], presentó valores de 0,00% empleando el método de Koziol, contenido de saponina al igual a lo reportado en otras investigaciones [12, 19], quienes señalan un 0,03% para contenido de saponinas. El T22 (genotipo P.V) dio como resultado 0,77% (clasificado como quinua amarga), contrastando con lo reportado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), quienes liberaron esta variedad como una quinua de grano dulce [20]. Este resultado, podría estar influenciado con el manejo inadecuado de la semilla por parte de los agricultores y el flujo de genes existente con quinuas silvestres de grano amargo contiguas a las plantaciones de la variedad P.V. (Eduardo Peralta, investigados del INIAP, comunicación persona).

Mediante el método afrosimétrico, las quinuas que contienen 0,11% de saponinas o menos en base al peso fresco, pueden considerarse dulces [16]. En base a aquello, se pudo definir que la mayoría de los genotipos utilizados en esta investigación se catalogan como amargos (76,67%). El promedio del contenido de saponina de los genotipos de quinua producidos en el Campus La María es de 0,32% por lo cual [21], se clasifican como granos de contenido amargo que van desde 0,12 a 1%. La cáscara de aquellos genotipos considerados amargos suele ser muy útiles en la elaboración de productos y subproductos de la industria farmacéutica [6].

Es preciso indicar que, el hecho de que un genotipo de quinua sea amargo, no significa que no sirva para el consumo humano, ya que para eliminar el amargor de los granos es preciso llevar a cabo un proceso de desaponificación, que consiste en la eliminación de la capa delgada que se encuentra en la periferia del grano mediante el lavado y/o enjuagado constante, de tal manera que el contenido de saponinas en la quinua sin lavar puede ser de 0,24%, mientras que para la quinua desaponificada solo el 0,01% [22].

El porcentaje de proteína en los granos obtenidos por los distintos tratamientos en este estudio fluctuó entre el 12,33 y el 19,82%. Lo cual, podría considerarse dentro del promedio, ya que en rasgos generales el contenido de proteína de los granos de quinua puede a llegar a oscilar entre el 8% al 22%, valores mayores en comparación a cereales comunes como el arroz, el trigo y la cebada [12, 23].

Es preciso indicar que, si la quinua presenta un contenido de proteína entre 17,1 a 18,5% se podría considerar una fuente importante para el desarrollo de productos alimenticios [24, 25]. La capacidad de la quinua para producir proteínas de gran calidad nutricional, bajo condiciones ecológicamente extremas [12, 26], la convierte en una planta importante no sólo para la alimentación de las comunidades andinas, sino también para diversificación de los sistemas agrícolas futuros, siendo un cultivo con alto potencial para ser explotado en el litoral ecuatoriano.

Las condiciones que favorecen los altos porcentajes de proteína y saponina son: la especie y el ecotipo, es decir la genética, y la fertilización nitrogenada que se aplique al suelo [27]. De manera específica, llama la atención los resultados obtenidos tanto para saponina y proteínas en los genotipos TUNK y Dulce, quienes presentan un bajo contenido de saponinas y alto contenido de proteína. Estos resultados podrían estar relacionados con aspectos involucrados con el uso del nitrógeno para generar cada una de dichas estructuras [28, 29]. Un mayor contenido de proteína y saponina está relacionado con un mayor uso de nitrógeno. No obstante, contenido de saponinas [27] está correlacionado con un mayor uso de nitrógeno. No obstante, la genética propia de cada genotipo condiciona la traslocación de nutrientes, haciendo que un mayor porcentaje de nitrógeno se destine para la formación de proteínas que para la formación de saponinas [30, 31]. Razón por la cual podría deberse a que, si un genotipo posee alto contenido de proteínas, poseería un bajo nivel de saponinas, dado que las dos estructuras emplean nitrógeno. Aunque también, un bajo contenido de proteínas está relacionado con una mayor producción de aceites [32], aspecto que no fue evaluado en este trabajo.

CONCLUSIONES

Se logró identificar los genotipos dulces y amargos, correspondiendo siete de ellos a la categoría de dulces lo cual representa el 23,33% del total. Mientras que, en contraparte 23 genotipos se categorizaron como amargos, lo cual representa el 76,67% del total. El contenido proteico de las semillas de quinua en promedio dio como resultado 16,19% lo cual en términos de calidad es relativamente aceptable.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no presentar ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. H.A. Castro-Albán, R.d.P. Castro-Gómez, Y. Alvarado-Capó, Variabilidad morfoagronómica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) nativa tipo Chimborazo en Ecuador, *Agronomía Mesoamericana*, **34**(3), 53229 (2023).
2. A.C. Morillo, E.H. Manjarres, M.S. Mora, Afrosymetric method for quantifying saponins in *Chenopodium quinoa* Willd. from Colombia, *Brazilian Journal of Biology*, **82**, e262716 (2022).
3. A. Agarwal, Rizwana, A.D. Tripathi, T. Kumar, K.P. Sharma, S.K.S. Patel, Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds, *Antioxidants* (Basel), **12**(7), 1413 (2023).
4. J. Campos, K. Acosta, L. Paucar, Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination, *Scientia Agropecuaria*, **13**(3), 209–220 (2022).
5. D.E. Jarvis, Y.S. Ho, D.J. Lightfoot, S.M. Schmöckel, B. Li, T.J.A. Borm, *et al.*, The genome of *Chenopodium quinoa*, *Nature*, **542**(7641), 307–312 (2017).
6. A. Ahumada, A. Ortega, D. Chito, R. Benítez, Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico, *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, **45**(3), 438–469 (2016).
7. K. El Hazzam, J. Hafsa, M. Sobeh, M. Mhada, M. Taourirte, K.E.L. Kacimi, *et al.*, An insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review, *Molecules*, **25**(5), 1059 (2020).
8. C. Salcedo, E. Peralta, C. Subía, M. Rivera, N. Mazón, Evaluación de 18 líneas de quinua de bajo contenido de saponina en dos localidades de la provincia de Pichincha en Ecuador, en: *Informe Anual de Subproyectos 2003*, Preduza, Quito, 2004, p. 135–143. URL: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3177>
9. R. Apaza, H. Smeltekop, Y. Flores, G.A. Ii, L. Salcedo, Efecto de saponinas de *Chenopodium quinoa* Willd contra el fitopatógeno *Cercospora beticola* Sacc, *Revista de Protección Vegetal*, **31**(1), 63–69 (2016).
10. C. López-Sánchez, C.Y. González-Martínez, M.D. Méndez-López, F.D.J. Palma-Cruz, Las saponinas y su uso farmacéutico, *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*, **37**(96), 120–126 (2022).

11. A. Delgado, J. Palacios, C. Betancourt, Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia), *Agronomía Colombiana*, **27**(2), 159–167 (2009).
12. L. Hinojosa, A. Leguizamo, C. Carpio, D. Muñoz, C. Mestanza, J. Ochoa, *et al.*, Quinoa in Ecuador: Recent advances under global expansion, *Plants* (Basel), **10**(2), 298 (2021). URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/2/298>
13. Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Quinua. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina)*, Norma INEN 1672, Quito, Ecuador, 1988. URL: <https://ia801400.us.archive.org/25/items/ec.nte.1672.1988/ec.nte.1672.1988.pdf>
14. M.J. Koziol, Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **54**(2), 211–219 (1991).
15. J. Kjeldahl, Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körpern [New method for the determination of nitrogen in organic substances], *Zeitschrift für Analytische Chemie*, **22**(1), 366–383 (1883).
16. M. Koziol, Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Journal of Food Composition and Analysis*, **5**(1), 35–68 (1992).
17. M.S. Mora-Ocación, A.C. Morillo-Coronado, E.H. Manjarres-Hernández, Extraction and quantification of saponins in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes from Colombia, *International Journal of Food Science*, **2022**, 7287487 (2022).
18. C. Nieto, C. Vimos, C. Monteros, C. Caicedo, M. Rivera, *Obtención de dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina, para la Sierra ecuatoriana*, Plegable 228, Estacion Experimental Santa Catalina, INIAP, Quito, Ecuador, 1992, 24 p.
19. R. Lozano, I.L. Tapia, V.J. Taco, Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP-Tunkahuan con potencial uso en la nutrición humana, *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, **44**(1), 48–56 (2019).
20. N. Mazón, E. Peralta, C. Monar, C. Subía, M. Rivera, “*Pata de Venado*” (*Tarhúa chaqui*). Nueva variedad de quinua, precoz y de grano dulce, Plegable 261, Estacion Experimental Santa Catalina, INIAP, Quito, Ecuador, 2005. p. 2.

21. R. Escalera-Vásquez, C. Quiroga-Ledezma, L. Arteaga-Weill, Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor, *Investigación & Desarrollo*, **10**(1), 32–48 (2010).
22. R. Castañeda, M.J. Andrade-Cuvi, Y. Argüello, M.G. Vernaza, Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa* wild) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) malteada, *Enfoque UTE*, **9**(2), 15–26 (2018).
23. I. Tabatabaei, S. Alseekh, M. Shahid, E. Leniak, M. Wagner, H. Mahmoudi, *et al.*, The diversity of quinoa morphological traits and seed metabolic composition, *Scientific Data*, **9**(1), 323 (2022).
24. N. Maldonado-Taipe, F. Barbier, K. Schmid, C. Jung, N. Emrani, High-density mapping of quantitative trait loci controlling agronomically important traits in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Frontiers in Plant Science*, **13**, 916067 (2022).
25. E. Villacrés, M. Quelal, S. Galarza, D. Iza, E. Silva, Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Plants* (Basel), **11**(2), 213 (2022).
26. A.C. Morillo-Coronado, M.A. Castro-Roberto, Y. Morillo-Coronado, Caracterización de la diversidad genética de una colección de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, **15**(2), **49** (2017).
27. D. Bilalis, I. Kakabouki, A. Karkanis, I. Travlos, V. Triantafyllidis, D. Hela, Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, **40**(1), 42–46 (2012).
28. T. Moses, K.K. Papadopoulou, A. Osbourn, Metabolic and functional diversity of saponins, biosynthetic intermediates and semi-synthetic derivatives, *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, **49**(6), 439–462 (2014).
29. S.N. Thanapornpoonpong, S. Vearasilp, E. Pawelzik, S. Gorinstein, Influence of various nitrogen applications on protein and amino acid profiles of amaranth and quinoa, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **56**(23), 11464–11470 (2008).

30. Å Grimberg, G.V. Saripella, R.A.M. Repo-Carrasco-Valencia, T. Bengtsson, G. Alandia, A.S. Carlsson, Transcriptional regulation of quinoa seed quality: Identification of novel candidate genetic markers for increased protein content, *Frontiers in Plant Sciences*, **13**, 816425 (2022).
31. S. Granado-Rodríguez, N. Aparicio, J. Matías, L.F. Pérez-Romero, I. Maestro, I. Gracés, *et al.*, Studying the impact of different field environmental conditions on seed quality of Quinoa: The case of three different years changing seed nutritional traits in Southern Europe, *Frontiers in Plant Sciences*, **12**, 649132 (2021).
32. O. Rosero, M. Marounek, N. Břeňová, D. Lukešova, Actividad de la fitasa y comparación en la composición química, contenido de ácido fitico en cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Acta Agronómica*, **62**(1), 13–20 (2013).

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO

C.A. Mestanza-Uquillas, Jeniffer A. Coronel-Rivera, D.V. Véliz-Zamora, G.H. Vásconez-Montúfar, Determinación del contenido de saponina y de proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producidos en la costa central de Ecuador, *Rev. Colomb. Cienc. Quim. Farm.*, **52**(3), 1302-1319 (2023). <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v52n3.110445>