



## Producción de forraje y composición química de ocho cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Illpa, Puno

### Forage production and chemical composition of eight cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Illpa, Puno

Choque, J.<sup>a</sup>, Larico, J.<sup>a</sup>, Mamani, J.<sup>a</sup>, Canaza-Cayo, A.W.<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.

#### ARTICLE INFO

##### Keywords:

Quinoa cultivars  
Dry matter yield  
Chemical composition of forage  
Quinoa silage

Original Research Article,  
Animal Science

##### \*Corresponding author:

Ali William Canaza-Cayo  
E-mail address:  
[alicanaza@unap.edu.pe](mailto:alicanaza@unap.edu.pe)

#### ABSTRACT

The objectives of the present study were to measure the fresh matter (FM) and dry matter (DM) yield of eight quinoa cultivars; to determine the chemical composition of the forage of quinoa cultivars and to evaluate the organoleptic quality and chemical composition of mixed silages of quinoa and oat forage. A randomised complete block design was used with eight treatments (quinoa cultivars) and three replications. The evaluated variables were: Dry matter yield (DM), protein content, ethereal extract (EE) and neutral detergent fiber (NDF) of the quinoa forage and organoleptic quality of mixed silages of quinoa and oat forage. The results showed that the highest plant height and highest density of plants per unit area was obtained by the cultivars Huariponcho, C1 08-661 and Pandela. Quinoa Pandela stood out due to its high yield of 13,538 kg DM ha<sup>-1</sup>, followed by the cultivars Huariponcho, C8 03-996 and C4 08-708 with yields of 12,049, 10,133 and 10,899 kg DM ha<sup>-1</sup>, respectively. The Quinoa Pandela cultivar obtained the highest yield of stems with 6,594 kg DM ha<sup>-1</sup>, leaves with 5,477 kg DM ha<sup>-1</sup> and panicle with 1,279 kg DM ha<sup>-1</sup>. The forage of the eight quinoa cultivars, cut at the beginning of flowering, has a high average content of 27.1% crude protein, 6.1% of EE and 30.3% of NDF in dry base. Silages of 50% quinoa + 50% oats and 25% quinoa + 75% oats presented good organoleptic quality with a high content of crude protein, EE and low NDF.

#### RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron: medir el rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS) de ocho cultivares de quinua. Determinar la composición química del forraje de cultivares de quinua. Evaluar la calidad organoléptica de ensilajes de quinua mezclado con forraje de avena y su composición química. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con ocho tratamientos (cultivares de quinua) con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca (MS), contenido de proteína, extracto etéreo (EE) y fibra detergente neutro (FDN) del forraje de quinua y calidad organoléptica de ensilajes de quinua mezclados con avena. Los resultados obtenidos fueron: la mayor altura de planta y mayor densidad de plantas por unidad de área lo obtuvieron los cultivares Huariponcho, C1 08-661 y Pandela. Quinoa Pandela destacó por su alto rendimiento de 13.538 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por los cultivares Huariponcho, C8 03-996 y C4 08-708 con rendimientos de 12.049, 10.133 y 10.899 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Quinoa Pandela sobresalió por el alto rendimiento de sus tallos de 6.594 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, hojas con 5.477 kg MS ha<sup>-1</sup> y panoja con 1.279 kg MS ha<sup>-1</sup>. Forraje de los ocho cultivares quinua cortada al inicio de floración posee alto contenido promedio de 27,1% proteína cruda, 6,1% de EE y 30,3% de FDN en base seca. Los ensilajes de quinua 50% + avena 50% y quinua 25% + avena 75% presentaron buena calidad organoléptica con contenido alto de proteína cruda, EE y bajo de FDN.

**Palabras clave:** Cultivares de quinua, rendimiento materia seca, composición química del forraje y de ensilajes de quinua.

#### INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie cultivada desde tiempos inmemorables en la región andina peruana, el interés por el cultivo de quinua se ha incrementado en los últimos años por su alto valor alimenticio de sus hojas y grano, que aportan proteínas de alta calidad, almidón, vitaminas, minerales especialmente calcio, hierro, fósforo y otros nutrientes.

Alanguía *et al.* (2010), en un estudio de evaluación de diez cultivares de quinua con fines forrajeros en el CIP ILLPA, reportan que los cultivares Blanca de Juli y Cheweca alcanzaron altura de planta promedio 97,95 cm y 78,30 cm a los 120 días. Mayores rendimientos a los 120 días alcanzaron los cultivares Amarilla de Marangani, Cheweca y Blanca de Juli, con rendimientos de 39.333, 34.667 y 27.333 kg ha<sup>-1</sup> de materia verde, respectivamente.

Bañuelos *et al.* (1995), en un estudio de evaluación forrajero de 18 variedades de quinua en el estado de México, encontró diferencias ( $p \leq 0,05$ ) para el rendimiento de materia seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) entre variedades (tardías 9.243 y precoces 1.733). No hubo diferencias en la concentración de fibra insoluble en detergente neutro (59,06%) y proteína cruda (18,69%).

La densidad de plantas más adecuada que debe llegar a la cosecha es de 12 a 20 plantas de quinua por metro lineal, es decir 150.000 plantas como mínimo por hectárea y 250.000 plantas como máximo (SENASA, 2014).

Ramírez (2009), indica que para mejorar la calidad del ensilado es importante la altura de corte al momento de la cosecha y tamaño de picado. Por lo tanto, si se ensila con un tamaño de partículas 1 a 1,5 cm, se puede obtener un ensilado de mayor calidad. Si el tamaño de partícula es demasiado grande va a dificultar la compactación porque queda mucho aire atrapado entre las capas de forraje picado.

En el altiplano de Puno, la información sobre producción forrajera de cultivares de quinua son estudios preliminares, aún no se ha evaluado el rendimiento de materia verde de los componentes de la planta de quinua y calidad nutritiva del forraje de las variedades quinua.

Por estas consideraciones, los objetivos del presente estudio fueron: i) estimar el rendimiento de materia verde y seca en la fase de floración en ocho cultivares de quinua, ii) determinar la composición química proximal en la materia seca de cultivares de quinua y iii) evaluar calidad organoléptica de ensilajes de quinua mezclado con forraje de avena y su composición química.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Lugar experimental y cultivares de quinua

El experimento se instaló en el potrero “Mayo Pampa” del Centro de Investigación y Producción Illpa de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la UNA-Puno a una altitud de 3827 m s. n. m., localizado entre las coordenadas geográficas  $15^{\circ} 41' 39''$  de Latitud Sur y  $70^{\circ} 36' 24''$  de Longitud Oeste del meridiano Greenwich. La temperatura media fue  $9.4^{\circ}\text{C}$  con leves cambios y la escasa precipitación de octubre a abril fue de 434 mm. El suelo del campo experimental es de textura franco arcilloso, con pH 7,35, con contenido medio de nitrógeno total (0,75%) al igual que fósforo disponible (13,17 ppm-Pratt) y contenido alto de potasio intercambiable ( $242 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

La semilla de ocho cultivares de quinua se obtuvieron del Banco de Germoplasma de quinua del CIP Camacani y del Programa de Mejoramiento Genético de la Quinua de la UNA-Puno. El 30 de octubre del 2016 se sembró  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de semilla, se aplicó  $3 \text{ t ha}^{-1}$  de estiércol de ovino y; como fertilizantes químicos se utilizaron

urea a la dosis de  $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$  y superfosfato triple a la dosis de  $60 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ . Los cultivares fueron C1 08-661, C3 08-680, C4 08-708, C8 03-996, Blanca de Juli, Kcancolla, Pandela y Huariponcho.

### Evaluación de variables

La densidad de plantas de quinua, se determinó utilizando el método de “conteo de plantas en línea”, expresados en número de plantas por metro lineal y por hectárea. Para la medición del tamaño de planta, se tomaron al azar 10 plantas de quinua, luego se midió con cinta métrica desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la panoja. La producción de materia verde de los cultivares de quinua, se midió en la fase fenológica inicio de floración, cortando las plantas de los dos surcos centrales de cada parcela experimental y paralelamente se pesó la materia verde cosechada con una balanza tipo reloj. Para la medición del rendimiento de materia verde de los componentes de las plantas de cada cultivar de quinua, en los surcos centrales de cada parcela, se cortaron al azar diez plantas de quinua, luego se separaron las hojas, panoja y tallos verdes, enseguida se pesó cada componente con balanza tipo reloj en materia verde y posteriormente en materia seca. Las características organolépticas de los ensilajes elaborados en bolsas de plástico, se evaluó a través de los sentidos de la vista (color), olfato (olor), gusto (sabor) y al tacto con las manos (humedad).

### Elaboración de ensilaje

En la fase de grano lechoso se cortó plantas enteras de avena cv. Tayko. Los porcentajes de forraje verde de quinua que se mezclaron con forraje verde avena fueron: ensilaje quinua 100% (T1), ensilaje mezcla 75% quinua + 25% avena (T2), ensilaje 50% quinua + 50% avena (T3) y ensilaje 25% quinua + 75% avena (T4). Para la elaboración de los ensilajes, se pesó 15 kg forraje fresco de quinua mezclado con forraje de avena verde picado, enseguida se depositó dentro de una bolsa de plástico tipo manga y; tuvo la siguiente secuencia: Picado del forraje de quinua y avena en trozos pequeños de 5-6 cm de tamaño. Pesaje de los forrajes. Llenado y compactación. Etiquetado y almacenamiento de bolsas de ensilaje para su fermentación y maduración.

### Análisis químico proximal

Los contenidos de materia seca, proteína cruda (Kjeldahl), extracto etéreo (Soxhlet) y fibra detergente neutro (Van Soest) de los ocho cultivares de quinua y de los ensilajes fueron determinados en el Laboratorio de Pastos y Forrajes de la EPIA de la UNA-Puno, utilizando los protocolos de trabajo descrito por Wawrzkiwicz *et al.* (2013).

## Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloque completo al azar con ocho tratamientos (cultivares) y tres repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales. Se hizo análisis de varianza para cada variable, las diferencias estadísticas significativas entre los cultivares en estudio, se determinó por medio de la prueba de comparación múltiple de Tukey.

## RESULTADOS

### Cualidades forrajeras de las plantas de cultivares de quinua

Los cultivares de quinua Huariponcho, Pandela y C8 03-996 tienen plantas más ramificadas con abundante follaje, los cuales sin diferencia estadística, alcanzaron mayor tamaño de 128, 126 y 121 cm de altura, respectivamente, en comparación al resto de los cultivares de quinua que fueron de tamaño menores a 118 cm. En el cultivar Huariponcho se encontró la mayor densidad de 12 plantas m<sup>-2</sup> y 240.000 plantas ha<sup>-1</sup>, seguido por los cultivares C1 08-661 (160.000 plantas ha<sup>-1</sup>), Pandela (120.000 plantas ha<sup>-1</sup>), C3 08-680 (120.000 plantas ha<sup>-1</sup>) y Kcancolla (120.000 plantas ha<sup>-1</sup>); encontrándose menos de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> en los cultivares C4 08-708, Blanca de Juli y C8 03-996.

### Materia verde y materia seca de los cultivares de quinua

En la Tabla 1, se presentan la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para el rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS) de los cultivares de quinua. Donde se observa, que el cultivar Pandela alcanzó el más alto rendimiento 92.400 kg MV ha<sup>-1</sup> y 13.538 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo

estadísticamente superior a los demás cultivares; luego en orden decreciente siguen los cultivares Huariponcho, C8 03-996 y C4 08-708 que tuvieron rendimientos estadísticamente similares de 75.33, 71.000 y 70.583 kg MV ha<sup>-1</sup>, y rendimientos de 12.049, 10.133 y 10.899 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El menor rendimiento de materia verde lo obtuvieron los cultivares C1 08-661, Kcancolla, y Blanca de Juli con 57.817, 56.433, 56.217 kg ha<sup>-1</sup>, rendimientos de 8.567, 8.375 y 8.219 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente. El cultivar C3 08-680, ocupó el último lugar con rendimiento de 52.250 kg MV ha<sup>-1</sup> y 7.555 kg MS ha<sup>-1</sup>. El contenido porcentual de materia seca varió entre 14,3% hasta 16%.

### Rendimiento de materia verde y materia seca de los componentes de la planta de los cultivares de quinua

La prueba de Tukey de la Tabla 2, indica que los cultivares de quinua no difieren estadísticamente en los rendimientos de tallos y hojas, pero se halló diferencias significativas para el rendimiento de la panoja de los cultivares de quinua; se aprecia la variabilidad en el rendimiento de MV y MS de los tallos, hojas y panoja de los cultivares de quinua. Donde se verifica nuevamente la superioridad del cultivar Pandela por su alto rendimiento de sus tallos de 51.500 kg MV ha<sup>-1</sup> con 6.594 kg MS ha<sup>-1</sup>, hojas 32.400 kg MV ha<sup>-1</sup> con 5.477 kg MS ha<sup>-1</sup> y panoja 8.500 kg MV ha<sup>-1</sup> con 1.279 kg MS ha<sup>-1</sup>. También sobresale el cultivar Huariponcho con valores intermedios en el rendimiento promedio de los tallos de 42.917 kg MV ha<sup>-1</sup> con 6.170 kg MS ha<sup>-1</sup>, hojas de 26.583 kg MV ha<sup>-1</sup> con 4.712 kg MS ha<sup>-1</sup> y panoja 1.358 kg MV ha<sup>-1</sup> con 2.116 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por el cultivar C4 08-708.

El resto de los cultivares tuvieron menores rendimientos de tallos que varía entre 4.358 a 5.209 kg MS ha<sup>-1</sup>, hojas 2.686 a 3.951 kg MS ha<sup>-1</sup> y panoja 692 a

**Tabla 1.** Rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS) de ocho cultivares de quinua.

**Table 1.** Fresh matter (FM) and dry matter (DM) yield of eight quinoa cultivars.

Nº	Cultivares quinua	MV (kg ha <sup>-1</sup> )	MS (%)	MS (kg ha <sup>-1</sup> )
1	Pandela	92.400 a	14,7	13.538 a
2	Huariponcho	75.733 b	16,1	12.049 b
3	C8 03-996	71.000 b	14,3	10.133 b
4	C4 08-708	70.583 b	15,4	10.899 b
5	C1 08-661	57.817 c	14,9	8.567 bc
6	Kcancolla	56.433 c	15,3	8.375 c
7	Blanca de Juli	56.217 c	14,6	8.219 c
8	C3 08-680	52.250 c	14,5	7.555 c

Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente obtenidas por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

1.182 a 692 kg MS ha<sup>-1</sup> en C8 03-996 y Kancolla, respectivamente.

### Composición química proximal del forraje de los cultivares de quinua

En el análisis de variancia no hubo diferencia estadística significativa en la concentración de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y fibra detergente neutro (FDN) en la materia seca de los ocho cultivares de quinua cortados al inicio de floración. En la Tabla 3, se observa un contenido elevado de PC en los ocho cultivares de quinua con porcentajes que oscilaron entre 24,9% (C8 03-996) y 29,8% (Pandela). Asimismo, se encontró un alto contenido de EE que oscila desde 5,4 a 6,7% y niveles medios de 29,7 a 31,3% para FDN, que estadísticamente son iguales. Los cultivares de quinua Pandela, C4 08-708, C1 08-661, C3 08-680 y Huariponcho, tuvieron mayor contenido de PC de 29,9, 28,5, 27,2 y 26,9%, contenido de EE de 5,4, 6,5, 5,8 y 6,7%, respectivamente; seguidos por los cultivares Kancolla, C3 08-680, Blanca de Juli y C8 03-996. El contenido de FDN fue bajo en los cultivares Pandela (29,7%), C4 08-708 (29,4%) y Kancolla (29,8%), y ligeramente mayor de FDN en los cultivares Blanca de Juli (31,3%), Huariponcho (31,1%), C3 08-680 (30,5%), C8 03-996 (30,4%) y C3 08-661 (30,3%).

De acuerdo a la Tabla 4, numéricamente el contenido promedio de PC y EE fue alto en hojas (31,7% PC y 6% EE) y en panoja (32,4% PC y 6,7% EE) que en tallos (17% PC y 5,7% EE), mientras que el contenido de FDN fue mayor en tallos (31,4%), menor en hojas (29,6%) y panoja (30%). En los tallos de los cultivares de quinua, se encontraron valores promedios que variaron entre 15,9-18% para PC, 4,9-6,7% para EE y 29,8-33,6% para FDN. En las hojas de las plantas de quinua se encontraron contenidos de 27,5-35,7% de PC, 5,2-7,3%

de EE y 29,2-30,1% de FDN. En la panoja el porcentaje de PC osciló entre 29,6-36,1%, EE entre 5,9-7,6% y FDN entre 29,2-30,8%.

### Composición química proximal de ensilajes de quinua mezclado con avena

En el análisis de varianza no se encontró significación estadística para la concentración de nutrientes entre los ensilajes. Sin embargo, en la Tabla 5, se observa que ensilaje solo de quinua (100%) tiene un pH alto de

**Tabla 3.** Concentración de proteína cruda, extracto etéreo y fibra detergente neutra en base seca en la planta completa de los cultivares de quinua al inicio de floración.

**Table 3.** Concentration of crude protein, ethereal extract and neutral detergent fiber in dry base of the whole plant in quinoa cultivars at the beginning of flowering.

N°	Cultivares de quinua	Proteína cruda	EE	FDN
		(% )		
1	Pandela	29,8	5,4	29,7
2	C4 08-708	28,5	6,5	29,4
3	C1 08-661	27,2	5,8	30,3
4	Huariponcho	26,9	6,7	31,1
5	Kancolla	26,7	6,4	29,8
6	C3 08-680	26,6	6,1	30,5
7	Blanca de Juli	25,9	5,9	31,3
8	C8 03-996	24,9	5,9	30,4
<b>Promedio</b>		<b>27,1 ± 1,5</b>	<b>6,1 ± 0,4</b>	<b>30,3 ± 0,7</b>

**Tabla 2.** Rendimiento de materia verde y materia seca de los componentes de la planta de cultivares de quinua.

**Table 2.** Fresh matter (FM) and dry matter (DM) yield of the components of the plant in quinoa cultivars.

Cultivares de Quinua	Materia verde (kg ha <sup>-1</sup> )			Materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )		
	Tallos	Hojas	Panoja	Tallos	Hojas	Panoja
Pandela	51.500	32.400	8.500 b	6.594	5.477	1.279 b
Huariponcho	42.917	26.583	13.583 a	6.170	4.712	2.116 a
C4 08-708	42.917	24.167	3.500 b	5.443	4.490	543 d
C8 03-996	40.333	26.000	4.667 b	5.209	3.951	692 d
C1 08-661	34.750	20.267	2.800 b	4.385	3.197	462 e
Blanca de Juli	33.467	15.250	7.500 b	4.140	2.539	1.111 c
Kancolla	31.833	16.500	8.100 b	4.358	2.686	1.182 bc
C3 08-680	30.750	17.500	4.000 b	3.832	2.783	605 d

Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente obtenidas por la prueba de Tukey (p ≤ 0,05).

**Tabla 4.** Contenido de proteína cruda, extracto etéreo y fibra detergente neutra en los componentes de las plantas de cultivares de quinua.**Table 4.** Content of crude protein, ether extract and neutral detergent fiber in the components of the plant in quinoa cultivars.

Cultivares	Tallos			Hojas			Panoja		
	PC	EE	FDN	PC	EE	FDN	PC	EE	FDN
	(%)			(%)			(%)		
C1 08-661	16,6	4,9	31,7	33,7	4,9	29,2	31,4	7,4	30,1
C3 08-680	16,8	6,3	31,8	31,4	5,5	29,8	31,6	6,4	30,0
C4 08-708	16,6	6,7	29,8	34,1	5,3	29,0	34,6	7,5	29,5
C8 03-996	17,1	5,2	31,0	27,9	6,7	30,1	29,6	5,9	30,1
Blanca de Juli	15,9	5,5	33,6	27,5	6,4	30,1	34,1	6,1	30,3
Kcancolla	17,5	6,4	30,1	31,3	6,6	29,4	31,3	6,3	30,0
Pandela	17,6	4,8	30,7	35,7	5,4	29,3	36,0	6,0	29,2
Huariponcho	18,0	5,4	32,8	31,8	7,3	29,7	30,9	7,6	30,8
<b>Promedio</b>	<b>17,0</b>	<b>5,7</b>	<b>31,4</b>	<b>31,7</b>	<b>6,0</b>	<b>29,6</b>	<b>32,4</b>	<b>6,7</b>	<b>30,0</b>

**Tabla 5.** Contenido de proteína cruda, extracto etéreo y fibra detergente neutra de los ensilajes de quinua mezclado con avena.**Table 5.** Raw protein content, ethereal extract and neutral detergent fiber of quinoa silage mixed with oats.

Ensilajes	pH	Proteína	EE	FDN
	(%)			
Quinoa 100%	6,1	21,6	6,7	28,0
Quinoa 75% + Avena 25%	5,4	19,9	6,7	29,7
Quinoa 50% + Avena 50%	5,5	17,6	5,9	29,9
Quinoa 25% + Avena 75%	5,1	16,9	5,7	30,2

6,1 que ensilaje quinua 75% + avena 25% con pH 5,4, ensilaje quinua 50% + avena 50% con pH 5,5, y ensilaje quinua 25% + avena 75% con pH de 5,1. Ensilaje de quinua 100%, numéricamente superó en contenido de PC (21,6%), EE (6,7%) y medio en FDN (28%) a los demás ensilajes.

En los ensilajes de quinua 75% + avena 25%, quinua 50% + avena 50% y quinua 25% + avena 75% se encontró un contenido de 19,9%, 17,6% y 16,9% de PC; 6,7, 5,9 y 5,7% de EE; 29,7, 29,9 y 30,2% de FDN, respectivamente.

#### Calidad organoléptica de los ensilajes de quinua mezclado con avena

En la Tabla 6, se aprecia que los ensilajes quinua 25% + avena 75% y quinua 50% + avena 50% presen-

taron una buena calidad organoléptica por mostrar un color verde dorado, sabor poco agradable, olor poco aromático. Mientras ensilaje de quinua 75% + avena 25% fue de regular calidad organoléptica, en cambio el ensilaje de quinua 100% presentó una mala calidad organoléptica, por presentar un color marrón, sabor desagradable, olor a moho, en este ensilaje al ser exprimido, goteo jugo. Los ensilajes de quinua C4 08-780, Pandela y Huariponcho mezclado con 50% y 75% de avena presentaron similares cualidades organolépticas.

#### DISCUSIÓN

En quinua Huariponcho se encontró mayor densidad de plantas  $\text{ha}^{-1}$ , seguido por los cultivares C1 08-661 y Pandela, encontrándose menos de 100 plantas  $\text{ha}^{-1}$  en los cultivares C4 08-708, Blanca de Juli y C8 03-996. Estas diferencias encontradas pueden atribuirse a la sequía prolongada que se presentó en diciembre y enero después de la siembra, las que afectó la emergencia de las plántulas y el crecimiento en las primeras etapas de su desarrollo vegetativo. La densidad de plantas de quinua por unidad de área obtenida en el presente estudio, son similares a lo reportado por SENASA (2014), que para la producción de quinua la densidad de plantas más adecuada debe llegar a la cosecha con 150.000 plantas como mínimo por hectárea y 25.000 plantas como máximo.

Se encontró diferencias significativas entre los cultivares de quinua en el rendimiento de materia verde y materia seca. En los cultivares Pandela, Huariponcho, C8 03-996 y C4 08-708 se obtuvieron los más altos rendimientos. Los resultados obtenidos son mayores

**Tabla 6.** Calidad organoléptica de los ensilajes de quinua mezclado con avena.**Table 6.** Organoleptic quality of quinoa silage mixed with oats.

Ensilajes	Color	Sabor	Olor	Humedad	Calidad
<b>Quinua 100%</b>	<b>Marrón</b>	<b>Desagradable</b>	<b>A moho</b>	<b>Gotea jugo</b>	<b>Mala</b>
-C1 08-661	Marrón	P. agradable	A vinagre	Gotea jugo	
-C4 08-780	Marrón	P. agradable	P. aromático	Gotea jugo	
-C8 03-996	Marrón	Desagradable	A moho	Gotea jugo	
- Pandela	V. claro	Desagradable	A moho	Gotea jugo	
-Huariponcho	V. oscuro	Desagradable	A moho	Gotea jugo	
<b>Quinua (75%+Avena 25%)</b>	<b>V. Claro</b>	<b>P. Agradable</b>	<b>P. Aromático</b>	<b>Gotea jugo</b>	<b>Regular</b>
-C1 08-661	V. oscuro	P. agradable	P. aromático	Gotea jugo	
-C4 08-780	V. claro	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	
-Blanca de Juli	V. claro	P. agradable	Aromático	Sale jugo	
-Pandela	V. claro	Desagradable	A moho	Gotea jugo	
-Huariponcho	V. dorado	Desagradable	P. aromático	Gotea jugo	
<b>Quinua (50%+Avena 50%)</b>	<b>V. Dorado</b>	<b>P. Agradable</b>	<b>P. Aromático</b>	<b>Sale jugo</b>	<b>Buena</b>
-C1 08-661	V. verde	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	
-C4 08-780	V. dorado	P. agradable	Aromático	Sale jugo	
-C8 03-996	V. verde	P. agradable	Aromático	Sale jugo	
-Pandela	V. dorado	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	
-Huariponcho	V. dorado	P. agradable	P. aromático	Gotea jugo	
<b>Quinua (25%+Avena 75%)</b>	<b>V. Dorado</b>	<b>P. Agradable</b>	<b>P. Aromático</b>	<b>Sale jugo</b>	<b>Buena</b>
-C1 08-661	V. claro	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	
-C4 08-780	V. dorado	Agradable	P. aromático	Sale jugo	
-C8 03-996	V. verde	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	
-Blanca de Juli	V. claro	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	
-Pandela	V. dorado	Agradable	P. aromático	Sale jugo	
-Huariponcho	V. dorado	P. agradable	P. aromático	Sale jugo	

V= Verde; P= Poco

a lo reportado por Alanguía *et al.* (2010), quienes en los cultivares Amarilla de Marangani, Cheweca y Blanca de Juli encontraron rendimientos de 39.333, 34.667 y 27.333 kg MV ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De igual manera, Bañuelos (1995), en un estudio de evaluación de 18 variedades de quinua, encontró diferencias ( $p \leq 0,05$ ) para el rendimiento de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>) entre variedades (tardías 9.243 y precoces 1.733).

Existió diferencias numéricas entre los ocho cultivares de quinua en el rendimiento de sus tallos con un rango de variación comprendido entre 4.358 a 6.594 kg MS ha<sup>-1</sup>, hojas 2.686 a 5.477 kg MS ha<sup>-1</sup> y panoja 1.182 a 1.279 kg MS ha<sup>-1</sup>. Estas diferencias encontradas pueden atribuirse a las características propias de los órganos vegetativos de cada cultivar de quinua, como también están relacionadas a la densidad de plantas por metro lineal y tamaño de planta.

De acuerdo a las Tablas 4 y 5, no hubo significación estadística en la concentración porcentual de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y fibra detergente neutro tanto en el forraje de la planta completa como en tallos, hojas y panoja de los cultivares de quinua, esto

debido a la variabilidad entre las plantas de los cultivares de quinua. En el forraje de la planta completa de los ocho cultivares de quinua cortada al inicio de floración, se encontró un promedio 27,1% de PC, 6,1% de EE y 30,3% de fibra detergente neutro en base seca. La panoja y hojas de los cultivares, contienen mayores niveles de PC (32,4 y 31,7%) y EE (6,6 y 6%) que en planta completa (27,1% PC y 6,1% EE).

Los ensilajes quinua 25% + avena 75% y quinua 50% + avena 50% presentaron una buena calidad organoléptica, esta buena calidad se atribuye a la influencia del forraje de avena en la fermentación láctica. Mientras los valores altos de 5,1 a 6,1 de pH registrados en los ensilajes de quinua mezclado con forraje de avena, se atribuye a que el ensilaje de los cultivares de quinua fueron elaborados con elevado contenido de humedad que generó una fermentación incompleta y no se crearon las condiciones de acidez necesarias para una buena conservación (Choque, 2005).

En cuanto, a la mala y regular calidad organoléptica de los ensilajes solo de quinua 100% y quinua 75% + avena 25% pueden atribuirse al hecho de que para

la elaboración del ensilaje se cortaron las plantas de quinua a 5 cm del suelo, tallos y hojas se picaron en trozos de 5-6 cm de tamaño lo que dificultó la compactación del forraje de quinua y posiblemente quedó aire atrapado interior de las bolsas de plástico, las que favorecieron una fermentación aeróbica afectando la calidad de los ensilados de quinua. Al respecto, Ramírez (2009), indica que para mejorar la calidad del ensilado es importante la altura de corte al momento de la cosecha y tamaño de picado para la elaboración de un buen ensilado. Si el tamaño de partícula es demasiado grande va dificultar la compactación porque queda mucho aire atrapado entre las capas de forraje picado.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio, los mayores rendimientos de materia seca, contenido de proteína cruda, extracto etéreo fueron encontrados en los cultivares de quinua dulce Pandela, Huariponcho, C8 03-996 y C4 08-708, los que se evidencian como un forraje alternativo proteico y energético para utilizarlos en la alimentación del ganado.

Ensilajes de quinua 50% + avena 50% y quinua 25% + avena 75% presentaron buena calidad organoléptica, con alto contenido de proteína cruda y extracto etéreo.

## REFERENCIAS

- Alanguía, M., Bueno, A., Beltrán, P., Ramos, D., 2010. Evaluación de altura de planta, producción de materia verde y materia seca de diez cultivares de Quinua (*Chenopodium quinoa* Will.) con fines forrajeros. Revista Ciencias Agrarias (Puno) 4, 10-14.
- Bañuelos, O., Mendoza, G., Rodríguez, J., Muñoz, A., 1995. Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Montecillo, México. Revista Facultad Agronomía 12, 71-79.
- Choque, J., 2005. Producción y Manejo de Especies Forrajeras. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias Oficina Universitaria de Investigación. Editorial Universitaria UNA-Puno, Perú.
- Ramírez, H., 2009. Ensilado de maíz para ganado lechero. Consejos prácticos ilustrados para mejorar la calidad del ensilado. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/ensilado-maiz-ganado-lechero-t27781.htm>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), 2014. Guía de Buenas Prácticas para el cultivo de Quinua. <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2016/04/GUIA-BPA-QUINUA.pdf>
- Wawrzkievicz, M., Jaurena, G., Martínez, R., Cantet, J., 2013. Laboratorio de Servicios de Nutrición Animal, Protocolos de trabajo LASERNU y PROMEFA. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, pp. 23-48.

