

Artículo de investigación

Nutritional value of quinoa forage silage (*Chenopodium quinoa willd*) with the addition of efficient microorganisms

*Valor nutricional del ensilaje de forraje de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) con adición de microorganismos eficientes*

*Valor nutricional da silagem de forragem de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) com adição de microorganismos eficientes*

Néstor Julián Pulido Suárez ¹, MVZ, Msc, [CvLAC](#); María Isabel Escobar ^{1*} ✉, MVZ, Esp., MSc(c), [CvLAC](#); Carlos Eduardo Rodríguez Molano ¹, Zoot, Esp, Msc, [CvLAC](#)

Fecha correspondencia:

Recibido: 23 de agosto de 2019.

Aceptado: 21 de octubre de 2019.

Forma de citar:

Pulido Suárez NJ, Escobar MI, Rodríguez Molano CE. Valor nutricional del ensilaje de forraje de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) con adición de microorganismos eficientes. Rev. CES Med. Zootec. 2019; Vol 14(3): 16-28.

Open access

© Copyright

Creative commons

Éthics of publications

Peer review

Open Journal System

DOI: [http://dx.doi.org/10.21615/](http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.14.3.2)

[cesmvz.14.3.2](#)

ISSN 1900-9607

Comparte



Abstract

The cultivation of grasses and legumes with high nutritional value to meet the nutritional requirements of animals, is an alternative for reducing costs in animal production. The objective of the study was to characterize the nutritional quality of the quinoa silage (*Chenopodium quinoa willd*) yellow variety of marangani with the addition of efficient microorganisms in relation to the age of quinoa and the different periods of silage fermentation. The quinoa plant material (leaves and stems) was collected, three cutting ages were evaluated: 60, 90 and 120 days and four periods of silage fermentation: seven, fourteen, twenty one and thirty days. Four treatments were performed: treatment 1 (T1) refers to the control without applying any type of MS, treatments T2, T3 and T4 were applied MS at the dose indicated on the label as silage additive, each treatment was performed in triplicate. The plant material was dehydrated for a period of 5 hours and subsequently the quinoa foliage microsyls were made. The nutritional value (dry matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ash and crude protein) was determined to the foliage and quinoa microsilos. A completely randomized design (DCA) with an arrangement of time-divided plots was used, an analysis of variance was made using the Mixed Linear Model and a separation of means by the Duncan method and a correlation of Pearson variables. For the humidity variable, a range of 81,3 – 87,7% was found for T1 and a range of values of 57,3 – 90,3% for the other treatments. The ashes were maintained in values similar to the quinoa foliage in relation to the different ages of regrowth, the highest percentage of ashes was obtained at 21 days of silage fermentation with a value of 20,3% for T3 with the silage of Quinoa foliage 90 days of regrowth; while the crude protein content decreased slightly in relation to T1 in the 120-day regrowth age, presenting significant variations between treatments with values of 11,3-17,3%. A directly positive proportion directly proportional ($P \leq 0,01$) was presented

Filiación:

*Autor para correspondencia: María Isabel Escobar. Correo electrónico: maria.escobar02@uptc.edu.co.

1. Grupo GIBNA –UPTC, línea de investigación en bioquímica y nutrición animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

2. Estudiante Maestría en Ciencias Veterinarias, línea de profundización en producción animal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Carrera 2 # 41-15 Terrazas de Santa Inés, Tunja, Boyacá, Colombia.

between the FDA and FDN averages ($r=0.975$) for all the treatments evaluated. The quinoa plant would allow multipurpose use of the crop, generating grain for human consumption and foliage for animal consumption.

Keywords: *ashes, dry matter, neutral detergent fiber, protein.*

Resumen

El cultivo de gramíneas y leguminosas con alto valor nutritivo para suplir los requerimientos nutricionales de los animales, es una alternativa para la reducción de costos en la producción animal. El objetivo del estudio fue caracterizar la calidad nutricional del ensilaje de forraje de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad amarilla de maranganí con adición de microorganismos eficientes en relación con la edad de la quinua y los diferentes periodos de fermentación del ensilaje. Se recolectó el material vegetal (hojas y tallos) de quinua, se evaluaron tres edades de corte: 60, 90 y 120 días y cuatro periodos de fermentación del ensilaje: siete, catorce, veinte uno y treinta días. Se realizaron 4 tratamientos: tratamiento 1 (T1) se refiere al control sin aplicar ningún tipo de EM, los tratamientos T2, T3 Y T4 se les aplicó EM a la dosis indicada en la etiqueta como aditivo para ensilajes, cada tratamiento se realizó por triplicado. El material vegetal se deshidrató durante un periodo de 5 horas y posteriormente se elaboraron los microsilos de follaje de quinua. se determinó el valor nutritivo (materia seca, fibra detergente neutra, fibra detergente acida, cenizas y proteína cruda) al follaje y a los microsilos de quinua. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo de parcelas divididas en el tiempo, se hizo un análisis de varianza utilizando el Modelo Lineal mixto y una separación de medias por el método de Duncan y una correlación de variables de Pearson. Para la variable humedad se encontró un rango de 81,3 – 87,7% para el T1 y un rango de valores de 57,3 – 90,3% para los demás tratamientos. Las cenizas se mantuvieron en valores similares al follaje de quinua en relación a las diferentes edades de rebrote, el mayor porcentaje de cenizas se obtuvo a los 21 días de fermentación del ensilaje con un valor de 20,3% para el T3 con el ensilaje de follaje de quinua de 90 días de rebrote; mientras que el contenido de proteína cruda disminuyó ligeramente en relación al T1 en la edad de rebrote de los 120 días presentando variaciones significativas entre los tratamientos con valores de 11,3-17,3%. Se presentó una relación positiva perfecta directamente proporcional ($P\leq 0,01$) entre los promedios de FDA y FDN ($r=0,975$) para todos los tratamientos evaluados. La planta de quinua permitirá un uso multipropósito del cultivo, generando grano para el consumo humano y follaje para el consumo animal.

Palabras clave: *cenizas, fibra detergente neutra, materia seca, proteína.*

Resumo

O cultivo de gramíneas e leguminosas com alto valor nutricional para suprir os requerimentos nutricionais dos animais, é uma alternativa para a redução de custos na produção animal. O objetivo do estudo foi caracterizar a qualidade nutricional da silagem de forragem de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedade amarela de maranganí com adição de microorganismos eficientes na relação com a idade da quinua e os diferentes períodos de fermentação da silagem. Recoletou-se o material vegetal (folhas e talos) de quinua, avaliaram-se três idades de corte: 60, 90 e 120 dias e quatro períodos de fermentação da silagem: sete, quatorze, vinte e um e trinta dias. Realizaram-se 4 tratamentos: tratamento 1 (T1) se refere ao control sem aplicar nenhum tipo de EM, aos tratamentos T2, T3 Y T4 se aplicou EM nas dosa-

gens indicadas na etiqueta como aditivo para silagens, cada tratamento se realizou por triplicado. O material vegetal se desidratou durante um período de 5 horas e posteriormente se elaboraram os microsilos de follaje de quinua. Se determinó el valor nutritivo (materia seca, fibra em detergente neutra, fibra em detergente acida, cenizas y proteína cruda) al follaje y a los microsilos de quina. Se utilizou um desenho completamente aleatório (DCA) com uma organização de parcelas divididas no tempo, se fez uma análise de variação utilizando o Modelo Linear Misto e uma separação de médias pelo método de Duncan e uma correlação de variáveis de Pearson. Para a variável humidade se encontrou um intervalo de 81,3 – 87,7% para el T1 e um intervalo de valores de 57,3 – 90,3% para os demais tratamentos. As cinzas se mantiveram em valores similares à folhagem de quinoa em relação às diferentes idades de rebrote, a maior porcentagem de cinzas se obteve aos 21 dias de fermentação da silagem com um valor de 20,3% para T3 com a silagem de folhagem de quinoa de 90 dias de rebrote; entanto que o conteúdo de proteína crua diminuiu ligeiramente em relação ao T1 na idade de rebrote dos 120 dias apresentando variações significativas entre os tratamentos com valores de 11,3-17,3%. Se apresentou uma relação positiva perfeita diretamente proporcional ($P \leq 0,01$) entre as médias de FDA e FDN ($r=0,975$) para todos os tratamentos avaliados. A planta de quinoa permitiria um uso multipropósito do cultivo, gerando grão para o consumo humano e folhagem para o consumo animal.

Palavras-chave: *cinzas, fibra detergente neutra, matéria seca, proteína.*

Introducción

El cultivo de leguminosas, gramíneas y pseudo-cereales que aportan los requerimientos nutricionales de los animales son una alternativa para disminuir los costos de producción en los periodos prolongados de sequía.

Tanto el grano como el follaje de la quinua presentan características nutritivas sobresalientes para los animales^(1,2,3) y para el ser humano^(4,5). Además, tiene buena adaptabilidad y resistencia a factores edáficos y ecológicos adversos⁽⁶⁾.

El desarrollo de la agricultura en el mundo ha tomado importancia debido a la demanda constante de alimentos requeridos por la población⁽⁷⁾. La quinua es considerada un "alimento perfecto" por la Organización de las Naciones Unidas⁽⁷⁾. Es el alimento más completo y balanceado que existe, contiene minerales, vitaminas y aminoácidos en proporciones excepcionales, para una nutrición humana y animal completa y basada en proteínas de origen vegetal^(8,9,10).

El cultivo de quinua en Colombia fue abundante en el pasado; sin embargo, está casi abandonado en las sabanas colombianas. En Colombia, el desarrollo diversificado de especies asociadas con el cultivo de quinua ha generado valor agregado en las cadenas agroindustriales⁽¹¹⁾.

La producción de quinua es de 4781 toneladas que son cultivadas en 2550 hectáreas principalmente en los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Cauca y Boyacá⁽¹¹⁾.

El uso de los microorganismos eficientes aventajan a otros tipos de aditivos como los ácidos ya que son seguros de manipular y son más amables ambientalmente⁽¹²⁾. Consecuentemente, su uso se ha expandido ampliamente en las últimas décadas. Quizá ningún otro tema vinculado al manejo del ensilaje ha recibido tanta atención, como los inoculantes bacterianos^(13,14,15). La adición de microorganismos eficientes

ayuda a disminuir más rápido el pH, inhibiendo otras bacterias y conservando la proteína de la planta. Una rápida disminución en el pH además de acelerar la fermentación y al momento de ser ingerido por los animales, los microorganismos ya han hecho una predigestión del material, aumentando la digestibilidad del mismo, su contenido proteico y además de que aportan otras sustancias como enzimas, hormonas, aminoácidos, vitaminas y antioxidantes.

De acuerdo a estas consideraciones esta investigación tiene como objetivo caracterizar la calidad nutricional del ensilaje de forraje de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad amarilla de maranganí con adición de microorganismos eficientes en relación con la edad de la quinua y los diferentes periodos de fermentación del ensilaje.

Materiales y métodos

Localización geográfica

El cultivo y cosecha del material vegetativo de quinua, para la elaboración de los microsilos se realizó en el municipio de Nuevo Colón-Boyacá que pertenece a la provincia de Márquez, su cabecera está localizada a los 05° 21' 30" de latitud norte y 73° 27' 38" longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 2,500 metros; tiene una temperatura media de 16 °C. Está a una distancia de 34 Kilómetros de Tunja y de Santafé de Bogotá a 120 Kilómetros; tiene una población de 5799 habitantes y su área municipal es de 51 km²(16).

Para el estudio se utilizó la planta completa de la quinua variedad amarilla de Maranganí (*Chenonopodium quinoa wild*) la cual fue recogida a los 60, 90 y 120 días de edad de rebrote. Al material vegetal se le realizó un proceso de pre marchitamiento el cual consistió en exponer al aire libre el material vegetal durante un corto período de tiempo (1 hora), para posteriormente ser picado a un tamaño de partícula de 2 - 2,5 cm.

La conservación de los microsilos, al igual que los análisis de laboratorio para determinar la composición nutricional fue evaluada de acuerdo al periodo de fermentación (7, 14, 21 y 30 días) y se realizó bajo condiciones ambientales.

La determinación del valor nutricional de la quinua y del ensilaje, se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, situada en la ciudad de Tunja-Boyacá.

Preparación de los microsilos y toma de la muestra

Se elaboraron microsilos de 1,0 kg de peso fresco, en bolsas de polietileno negro. Para el llenado de los microsilos se emplearon porciones aleatorias de material vegetal de 60, 90 y 120 días de edad de rebrote. El material se preparó con niveles de microorganismos eficientes a razón de 2 Litros de EM® activados por tonelada según recomendaciones de Fundases (Uniminuto), para esta investigación fue de 2 mL EM® activados por cada microsilo.

Al inicio del experimento, se tomó una muestra compuesta del material preparado de cada periodo de fermentación, esta muestra fue utilizada como referencia (día cero), previa al proceso de ensilaje. Al finalizar el periodo de fermentación (7, 14, 21 y 30 días), se procedió a abrir los microsilos y se separó el material en 2 muestras, las cuales se emplearon para la caracterización del material ensilado, respectivamente.

Evaluación de la calidad nutricional

Se determinó la composición química de las muestras recolectadas antes y después del proceso fermentativo como se describe a continuación:

Contenido de materia seca (MS) y humedad (H) fue determinado por secado en estufa a una temperatura de 60°C por un tiempo >48 horas. La preparación de las muestras se realizó por medio de un molino de fricción a un tamaño de partícula de 2 mm⁽¹⁸⁾; proteína cruda (PC) a partir del nitrógeno total mediante el método Kjeldahl⁽¹⁸⁾. Cenizas (CZ), por incineración de la materia seca a 550 °C durante 4 horas en horno mufla⁽¹⁹⁾, y fibra detergente neutra (FDN y FDN)⁽²⁰⁾. Para la determinación del pH se tomaron 5 g de muestra de ensilaje y se depositaron en un Erlenmeyer de 100 ml, al cual se les adicionó 45 ml de agua destilada estéril. La preparación se agitó durante 30 minutos y se filtró por medio de gasas estériles y se usó un potenciómetro automático, metodología desarrollada por Elías *et al.* 2001⁽²¹⁾.

Diseño experimental

Se empleó un diseño de parcelas divididas en el tiempo (60, 90 y 120 días de rebrote de la quinua). La distribución de los tratamientos en campo se realizó bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones y las sub-parcelas fueron los periodos de tiempo del proceso de fermentación (7, 14, 21 y 30 días) con adición de microorganismos eficientes (EM®).

Se realizaron 4 tratamientos: tratamiento 1 (T1) se refiere al control sin aplicar ningún tipo de EM, los tratamientos T2, T3 Y T4 se les aplicó EM a la dosis indicada en la etiqueta como aditivo para ensilajes; detallados en la siguiente [tabla 1](#).

Tabla 1. Tratamientos del diseño experimental.

Nro.	Código	Descripción
1	T1	Control absoluto sin EM®
2	T2	EM® en dosis de 2 mL/kg
3	T3	EM® en dosis de 2 mL/kg
4	T4	EM® en dosis de 2 mL/kg

Análisis estadístico

Se efectuó el procesamiento de la información para evaluar la significación del experimento, se utilizó el programa SPSS versión 23. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo de parcelas divididas en el tiempo, se hizo un análisis de varianza utilizando el Modelo Lineal mixto y una separación de medias por el método de Duncan.

Resultados

De acuerdo a los resultados de la [tabla 2](#) se presentaron diferencias entre las diferentes edades del follaje de la quinua en relación al porcentaje de CZ y PC. El mayor contenido de proteína cruda se obtuvo a los 60 días de edad de la planta.

En este estudio no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$) para el porcentaje de H y FDN ([Tabla 2](#)).

Tabla 2. Análisis bromatológico realizado al follaje de quinua en diferentes edades de rebrote.

Edad de rebrote	H (%)	CZ (%)	PC (%)	FDN (%)
60 días	84,94 ^a	16,98 ^a	16,86 ^a	60,24 ^a
90 días	86,36 ^a	15,19 ^b	15,13 ^{a,b}	60,19 ^a
120 días	81,88 ^a	13,07 ^c	14,06 ^b	62,00 ^a
**EE	0,148	0,071	0,065	0,241

*H=humedad; CZ=cenizas; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro
 Los valores son promedios de 3 réplicas. ** EE = error estándar.^(a-c) Diferentes letras en sentido vertical indican diferencias significativas estadísticas según la prueba de Tukey (P≤0,05).

En la [tabla 3](#) se aprecian los valores promedio de pH obtenidos en cada uno de los tratamientos, el cual se valoró para llevar un control del ensilaje de quinua durante el transcurso del estudio, presentándose un rango de pH 4,14 - 5,14.

Tabla 3. Comportamiento del valor de pH del ensilaje de quinua a diferentes días de fermentación.

Edad de rebrote	Días			
	7	14	21	30
60 días	4,14 ^a	4,46 ^a	4,54 ^a	4,5 ^a
90 días	4,81 ^b	4,81 ^b	4,78 ^{a,b}	4,74 ^{a,b}
120 días	5,04 ^b	4,83 ^b	5,14 ^b	4,94 ^b
**DE	0,468	0,208	0,302	0,220

Los valores son promedios de 3 réplicas. ** DE = Desviación estándar. ^(a-c) Diferentes letras en sentido vertical indican diferencias significativas estadísticas según la prueba de Tukey (P≤0,05).

Como se puede apreciar en la [tabla 4](#), se presentaron diferencias estadísticas significativas P≤0,05 entre tratamientos para la variable humedad, materia seca, cenizas y proteína cruda, pero no se presentaron diferencias significativas entre las edades de fermentación y las edades de rebrote del follaje de quinua.

La inclusión de microorganismos eficientes provocó un ligero incremento en los tratamientos T2, T3 y T4 en el contenido de materia seca en relación al tratamiento (T1) en relación a los periodos de fermentación del ensilaje.

Las cenizas se mantuvieron en valores similares al follaje de quinua en relación a las diferentes edades de rebrote, el mayor porcentaje de cenizas se obtuvo a los 21 días de fermentación del ensilaje con un valor de 20,3 % con el ensilaje de follaje de quinua de 90 días de rebrote; mientras que el contenido de proteína cruda disminuyó ligeramente en la edad de rebrote de los 120 días presentando variaciones significativas entre los tratamientos.

Los tratamientos con adición de microorganismos eficientes (T2, T3 y T4) obtuvieron valores de proteína cruda de 19,3 a 11,3 % presentándose una relación inversamente proporcional entre la edad de rebrote del follaje de quinua y los valores de proteína, presentando los mejores valores proteicos (p≤0,05) para los ensilajes con follaje de quinua con edad de rebrote de 60 días ([Tabla 4](#)).

De acuerdo a la [figura 1](#) se presentó una relación positiva perfecta directamente proporcional ($P \leq 0,01$) entre los promedios de FDA y FDN ($r=0,975$). La FDN presentó una media de 60,81 % con una desviación típica de 4,85 y la FDA presento una media de 44,37% con una desviación típica de 4,39. El mayor promedio de FDA Y FDN se observó en el ensilaje de follaje de quinua de 120 días de rebrote y 30 días de fermentación del ensilaje.

Tabla 4. Composición nutricional del ensilaje de quinua en relación a los tratamientos y las edades de fermentación.

	Edad de rebrote	60 días												90 días				120 días				Intervalo de confianza 95%	***EE
		Tratamientos																					
		*Edad de Fermentación	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	**Sig.	Límite inferior	Límite superior						
Humedad (%)	I	88,1	87,2	87,1	88,6	86,9	86,4	90,3	87,3	83,2	83	83,8	82,1	0,31									
	II	87,8	87,4	87,1	87,3	86,1	86,3	87	86,5	83,3	84,9	57,3	85,4	0,014	80,24	91,58	1,317						
	III	87,8	66,7	87,4	89	86,2	74,7	87,9	87,3	84,2	84,2	81,5	81,3	0,014									
	IV	87,6	63,9	88,4	87,7	86,5	87,2	87,7	87,4	83,1	84,1	85,3	83,3	0,016									
Materia seca (%)	I	11,9	12,8	12,9	11,4	13,1	13,6	9,7	12,7	16,8	17	16,2	17,9	0,031									
	II	12,2	12,6	12,9	12,7	13,9	13,7	13	13,5	16,7	15,1	42,7	14,6	0,014	8,42	19,76	1,317						
	III	12,2	33,3	12,6	11	13,8	25,3	12,1	12,7	15,8	15,8	18,5	18,7	0,014									
	IV	12,4	36,1	11,6	12,3	13,5	12,8	12,3	12,6	16,9	15,9	14,7	16,7	0,016									
Cenizas (%)	I	16,5	16,9	17	17,4	14,5	15,4	13,8	14,8	10,8	10,7	10,6	10,5	0,066									
	II	16,6	17,6	17,8	17,1	12,7	14,9	11,8	14,9	13	13,1	13,3	13,4	0,035	10,38	10,66	1,218						
	III	14,2	17,1	17,7	17,9	13,7	15,9	18,1	20,3	12,9	11,7	15,2	16,1	0,027									
	IV	16,7	17,2	17,4	16,5	15,2	15,4	15,7	15,9	15,3	14,9	14,1	13,5	0,033									
Proteína cruda (%)	I	16,5	16,9	17,2	17,2	16,3	15,9	15,4	15,3	16,6	11,3	17,2	17,3	0,06									
	II	16,7	16,5	18,4	19,3	15,2	15,8	14,8	14,2	18	17,7	6,9	14,2	0,022	13,89	17,42	0,615						
	III	16,1	17,5	17,4	17,6	14,6	16	14,6	14,4	14,5	11,7	11,3	11,4	0,019									
	IV	15,5	17,3	13,3	16,3	15	14,7	14,9	15,01	14,4	14,5	13,5	14,4	0,026									

Elaboración propia.

*Edad de fermentación: I=7 días; II=14 días; III=21 días y IV=30 días. **EE= Error estándar. ***Sig.= Significancia ($P \leq 0,05$). n=16

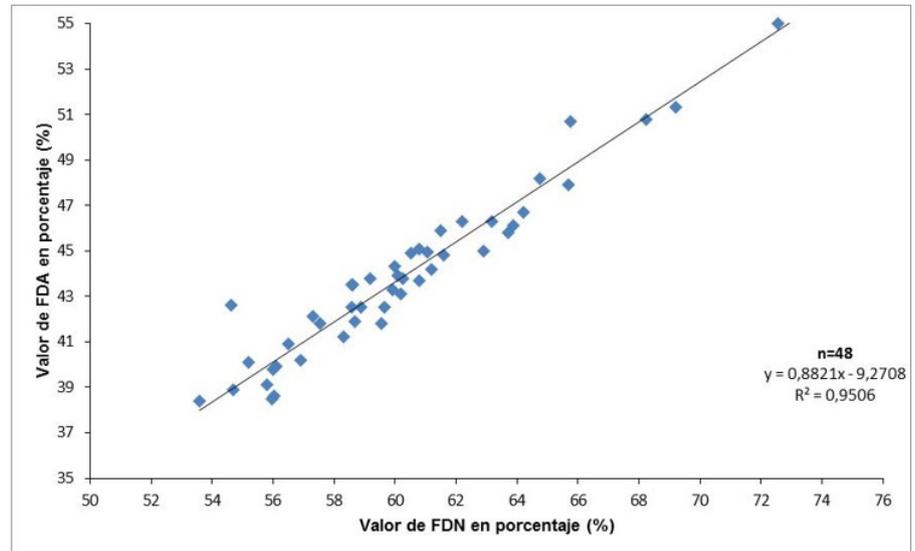


Figura 1. Correlación entre promedios de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

Discusión

Existe poca información sobre el potencial forrajero del follaje de la quinua, esto a pesar de que es usada en otros países latinoamericanos en la alimentación de aves, cerdos y principalmente rumiantes. Las hojas frescas y la broza de la cosecha de la quinua son apetecibles por los ovinos, bovinos, camélidos, caprinos y peces ⁽¹⁹⁾. La quinua se utiliza principalmente para la producción de granos para consumo humano, pero también ha sido estudiada como forraje por sus características nutritivas ^(22,8) y utilizada como una alternativa forrajera en zonas de baja precipitación ⁽²³⁾.

El contenido de MS aumento en relación a la edad de rebrote del follaje para la edad de los 90 días y su posterior disminución. Según Vélez *et al.* ⁽²⁴⁾ es de esperar que los forrajes pierdan al menos 5% de la humedad inicial por hora; sin embargo la pérdida de humedad está determinada por los factores climáticos, principalmente radiación solar, temperatura ambiental, velocidad del viento y humedad relativa. A la variación en estos factores se le atribuye que los descensos en humedad no sean uniformes.

Los valores de FDN son altos en comparación a los reportados en un estudio que indican que el valor de FDN en hojas oscila entre 21,7 a 44% y que podría ser utilizado para alimentación directa ⁽²⁵⁾, o bien en mezclas con otras especies que se utilizan. Además según lo reportado en otro estudio se encontró que los valores promedio de proteína cruda en varias variedades de quinua fue de 15,7% para hojas y 9,9% para tallos ⁽²⁶⁾.

Alanguia ⁽²⁷⁾ evaluó diferentes variedades de quinua para medir su potencial forrajero, indicando que la variedad Amarilla de Marangani destaco un contenido de materia seca de 22,23% para proteína 28,00%; el contenido de FDN fue de 25,8% es así como en los resultados obtenidos en esta investigación se encontró un porcentaje de proteína en un rango de 14,06 -16,08% se debe mencionar que esto es a consecuencia que se realizó la mezcla de hojas y tallos para el respectivo análisis del follaje de quinua.

Se reporta que el pH se debe mantener entre 3,5 y 6 para un adecuado crecimiento de microorganismos en proceso de la fermentación^(28,29,30). Según Weinberg *et al.*⁽³¹⁾, el proceso de ensilaje tiene cuatro fases: la fase aeróbica que es cuando la planta todavía respira y tiene un pH de 6,0 a 6,5. La fase fermentativa, que puede durar entre días y semanas, es cuando las bacterias acidolácticas predominan y producen suficiente ácido láctico para bajar el pH a 3,8–5,0. La fase estable en la que como su nombre lo indica no hay muchos cambios y la fase de apertura que es cuando el silo se expone nuevamente al oxígeno y se reactivan las bacterias aeróbicas que pueden ocasionar grandes pérdidas. Durante la fase fermentativa, la velocidad con la que baja el pH es un determinante importante de la pérdida de nutrientes. Entre más humedad tenga el silo, más lento será el descenso del pH, lo que se observa en esta investigación teniendo en cuenta que se utilizó el forraje de la planta de quinua a edades en estado fenológico tierno.

Los resultados bromatológicos realizados a los diferentes microsilos en este estudio para cenizas en relación a las diferentes edades de fermentación, se observa un valor máximo de 17,56% y un valor mínimo de 13,13% de cenizas (minerales), estos valores concuerdan con lo reportado en la determinación de minerales de una muestra de quinua obteniendo valores de cenizas cercanas al 20%⁽³²⁾.

Los valores promedio obtenidos en esta investigación son similares a los citados en quinua por Primero Rubio y Rojas Lemus⁽³³⁾. Sin embargo hay que tener en cuenta que estos porcentajes son considerablemente mayores a los de forraje de alfalfa que rondan el 10 al 12%^(33,34), asimismo, en este ensayo no se discriminó los minerales presentes en las cenizas.

Es así como el contenido de proteína cruda (PC) presentó diferencias significativas por efecto de la adición de microorganismos eficientes y en relación a la edad del follaje de quinua en los diferentes microsilos, existiendo una tendencia que al aumentar el periodo de rebrote del follaje de quinua disminuyó el porcentaje de PC. Esto concuerda con González⁽³⁴⁾ quien observó que sobre los 70 días de corte recomendados como adecuados para una pradera permanente de *Lolium perenne* la PC disminuyó fuertemente. También concuerda con lo obtenido por Keating y O'kiely⁽³⁶⁾, quienes en dos años de evaluación encontraron el mismo efecto en *Lolium perenne* y *Lolium multiflorum*. Fulkerson y Donaghy⁽³⁷⁾ explican que la proteína cruda disminuye a medida que la planta va madurando; además es de destacar que los valores de PC obtenidos en este estudio en los microsilos son altos frente a otras plantas y forrajes utilizadas en la producción animal como ensilajes como es lo reportado por Jiménez *et al.* (2009)⁽³⁸⁾, donde observo valores de proteína cruda de 8,46 - 10,83% en el ensilaje de maíz cultivado en asocio con vicia (*Vigna radiata*), así mismo se han reportado valores de 14% de proteína cruda a los 91 días de rebrote en un estudio sobre la calidad nutricional de un ensilaje de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*), valores que son muy similares a los encontrados en este estudio.

Por otro lado, el proceso de almacenamiento del forraje puede alterar sus propiedades nutricionales. Von Rutte⁽³⁹⁾ realizó investigaciones sobre el ensilaje de quinua, encontrando que los valores de grasa, cenizas y proteínas eran similares a los de quinua fresca, mientras que se incrementaron los valores de fibra e hidratos de carbono en quinua ensilada, afirmando que el porcentaje de proteínas de la quinua fue más alto que el de las gramíneas, pero más bajo que el de las leguminosas y que el ganado demostró preferencia por la quinua verde en comparación a la cebada forrajera.

El contenido de FDN en los tratamientos evidenció un efecto directamente proporcional con el contenido de FDA a medida que aumentó el periodo de fermentación de los ensilajes de forraje de quinua con adición de microorganismos eficientes; por lo tanto al día 30 los niveles de FDN y FDA fueron más altos en todos los tratamientos, efecto similar al mencionado por Ferreira *et al.*⁽⁴⁰⁾, quienes en una evaluación del ensilaje con caña de azúcar inoculado con 0,5% de urea en tres periodos de tiempo (14, 28, 56 días) observaron un aumento el porcentajes de FDN con relación al tiempo de apertura. Este efecto como lo menciona el autor puede ser dado por la cantidad de carbohidratos solubles que poseen estos ensilajes y que hacen parte de la FDN. Paiva *et al.*⁽⁴¹⁾, afirman que los niveles de FDN y hemicelulosa disminuyen de forma lineal con dosis crecientes de fuentes de amoniaco debido a la solubilización de estos componentes bajo la presencia del NNP; datos que coinciden con los obtenidos por Granzin y Dryden⁽⁴²⁾ quienes trabajaron con heno de pasto Braquiaria y pasto Rhodes amonizados, estudio en el que concluyeron que la urea a medida que aumentó su inclusión aumento los niveles de FDN y FDA.

Además el alto contenido de fibra del ensilaje de quinua supera casi tres veces al contenido de otros ensilajes lo cual podría ser una ventaja para regular una tasa de pasaje de las partículas de alimento más equilibrado⁽⁴³⁾ y por ende un mayor tiempo de retención y mayor aprovechamiento de los nutrientes⁽⁴⁴⁾.

Conclusiones

Los valores bromatológicos de la planta completa a sus diferentes edades de rebrote y los microsilos con adición de microorganismos eficientes en la mayoría de sus principales componentes (MS, CZ, PC, FDA Y FDN) incrementaron su valor nutricional. Por tal motivo uso de la quinua como materia prima para la elaboración de ensilajes permitiría el uso multipropósito del cultivo de la quinua, generando grano para el consumo humano y follaje para el consumo animal. Es una planta que adaptarse a las condiciones de deterioro ambiental de la región, lo que puede aumentar el interés de los productores regionales por este cultivo, en especial los de menores recursos.

Referencias

1. Alcaíno Yáñez, EE, Benedetti Ruiz S, Perret S, Valdebenito Rebolledo GA. *Acacia saligna*. Una especie multipropósito: su potencial forrajero en la provincia de Choapa, IV Región. 1995.
2. Anrique R, Viveros MP. Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana. Arch Med Vet. 2002; 34(2): 189-197.
3. Araiza-Rosales E, Delgado-Licon E, Carrete-Carreón FO, Medrano-Roldán H, Solís-Soto A, Murillo-Ortiz M, *et al.* Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. Av Invg Agropecuaria. 2013;17(2): 79-96.
4. Bazile D, Bertero HD, Nieto C. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO; 2014.
5. Bazile D, Santivañez T. Introducción al estado del arte de la quinua en el mundo. FAO, 2014.

6. Benavides Núñez AS. La demanda de quinua en el Departamento de Nariño-Colombia y la producción en la Provincia del Carchi [B.S. thesis]. 2014.
7. Bojanic A. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. D-FAO; 2011.
8. Bravo M, Reyna J, Huapaya M. Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amarantus caudatus*). Rev. Peru. Quím. 2013;16(1): 54-60.
9. Capelo BW. Evaluación del potencial forrajero y alimenticio de la quinua dulce Sajama y quinua amarga Chanca (*Chenopodium quinoa* W) en tres épocas de corte. Ecociencia 1983; 1: 212.
10. Carrillo Quevedo RJ, Montilla Montezuma CA. Cálculo de los factores de industrialización, productividad y calidad del clúster agroindustrial de la quinua en el departamento del Cauca [B.S. thesis]. 2019.
11. Cerón LE. Proyecto sobre fomento del cultivo de quinua en Colombia. Primera mesa redonda sobre investigación de la quinua en Colombia, ICBF, Bogotá. 1976.
12. Napasirth V, Napasirth P, Sulinthone T, Phommachanh K, Cai Y. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. Animal Science Journal. 2015; 86(9): 842-848.
13. Bolsen KK. Silage management in North America in the 1990s. En Biotechnology in the Feed Industry, Proc. of the 15th. Annual Symposium (TP Lyons and KA Jacques, eds.), Nottingham Univ. Press. 1999; 233-244.
14. Schroeder JW. Silage fermentation and preservation. Ndsu extension service. North dakota state university, 2004.
15. D' Mello JPF. Microbiology of animal feeds. FAO Animal Production and Health Paper. 2004; 89-106.
16. Chemists AA. Official methods of analysis Vol I 15th ed AOAC. Arlington, VA. 1990.
17. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle: 2001. National Academies Press; 2001.
18. Elizalde ADD, Pismag RY, Chaparro D. Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y soya. Biotecnol sector agropecuario agroind. 2011; 9(1): 51-59.
19. Prado FE, Boero C, Gallardo MRA, Gonzalez J.A Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugars content in *Chenopodium quinona* seeds. Bot Bull Acad Sin. 2000; 41: 27-34.
20. Fonseca-López D, Saavedra-Montañez G, Rodríguez-Molano CE. Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente. Rev colomb cienc hortic. 2018;12(1): 175-182.

21. Buono V, Paradiso A, Serio F, Gonella M, De Gara L, Santamaría P. Tuber quality and nutritional components of "early" potato subjected to chemical haulm desiccation. *J Food Comp Anal* .2009;22(6): 556-562.
22. García PJ, Leon-Medina JX, Cardenas-Flechas LJ, Giraldo JF. Modelado numérico del proceso de secado solar de manzanas en el municipio de Nuevo Colón-Boyacá. *Revista UIS Ingenierías* 2018;17(1): 201-208.
23. Gonzalez JA, Konishi Y, Bruno M, Valoy M, Prado FE. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *J Sci Food Agric* 2012;92(6):1222–1229.
24. Veléz JJ, Hincapié J, Matamoros, Santillán F. Producción de ganado lechero en el trópico. Edit. Academic Press, El Zamorano, Honduras. 2002; 326.
25. González JA, Martín GO, Bruno M, Prado FE. La " quinoa" (*Chenopodium quinoa*) como alternativa forrajera en la zona de los Valles Calchaquíes (Noroeste Argentino). 2016; 53(1): 74-81.
26. Gutiérrez JA. Evaluación del ritmo de crecimiento y desarrollo de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Estación Experimental de Choque-naira (Bolivia) [PhD Thesis]. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía; 2003.
27. Alanguia M. Evaluación Forrajera de diez cultivares de Quinua en el CIP Illpa. [Thesis]. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. 2013.
28. Herencia L, Alía M, González JA, Urbano P. Cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la región Centro. Editorial Eumedra, Madrid, España *Revista N°87*. 1999; 28-33.
29. Jacob J. Using quinoa in organic poultry diets. University of Kentucky Recuperado de <http://articles.extension.org/pages/70244/using-quinoa-in-organic-poultry-diets>. 2014.
30. Larrazabal AG, Hernández MS, Castañeda CL, Martínez GDM, Velásquez AG, Castillo MCM. Nitratos, oxalatos y alcaloides en dos etapas fenológicas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en riego y temporal. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2004;27(4):313-322.
31. Weinberg ZG, Muck RE. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*. 1996;19(1): 53-68.
32. López-Arboleda D, Saavedra-Montañez GF, Arreaza LC, Muñoz-Maldonado JG, Rodríguez-Molano CE. Evaluación de sistemas de alimentación como estrategia para afrontar la estacionalidad en ganado lechero. *Cien Agri*, 2012; 9(2): 39–46.
33. Primero Rubio, Rojas Lemus, E.N. Forraje de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) como sustituto de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dietas para conejos de engorda. [Thesis]. Universidad Autónoma Chapingo, México, 2007.

34. Calsamiglia S, Ferret A, Bach A. 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el desarrollo de la nutrición animal. Madrid. 2004.
35. González M. 1994. Análisis y composición química de ensilajes. In: González, M. y Bortolameolli, G. (eds.) II Seminario "Producción y utilización de ensilajes de pradera para agricultores de la zona sur". Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Remehue. Serie Remehue n° 52. 1994; 165-182.
36. Keating T, O'Kiely P. Comparison of old permanent grassland, *Lolium perenne* and *Lolium multiflorum* swards grown for silage: 3. Effects of varying fertiliser nitrogen application rate. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 2000; 39(1): 35-53.
37. Fulkerson WJ, Donaghy DJ. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian journal of experimental agriculture*. 2001; 41(2): 261-275.
38. Jiménez MC, Bourrillón AR, WingChing-Jones R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna ("*Vigna radiata*"). *Agronomía costarricense: Rev. de cien. agrí.* 2009; 33(1):133-146.
39. Von Rütte S. Producción de quinua verde para forraje fresco y ensilaje para ganado. En VI congreso internacional sobre cultivos andinos. Quito, Ecuador. CIID-Canadá, 1988.
40. Ferreira DA, Gonçalves LC, Molina LR, Castro Neto AG, Tomich TR. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2007; 59(2): 423-433.
41. Paiva F, Garcia R, Viera A, Pereira O, Pinto G, de Souza C. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2009; 38(11): 2111-2115.
42. Granzin BC, Dryden GM. (2003). Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of rhodes grass (*Chloris gayana* cv. Callide). *Animal Feed Science and Technology*. 2003; 103: 113-122.
43. Podkowka Z, Gęsiński K, Podkowka L. The influence of additives facilitating ensiling on the quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) silage. *J cent Eur agric* 2018; 19(3): 607-614.
44. Ramos JA, Elías A, Herrera F. Procesos para la producción de un alimento energético-proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 2006; 40(1): 51-58.