

## Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno

### Performance and nutritional quality of oats for the region of Puno

Javier Mamani Paredes<sup>1\*</sup> y Félix Hugo Cotacallapa Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

\*Autor para correspondencia, e-mail: [xaviuna@hotmail.com](mailto:xaviuna@hotmail.com)

#### ARTÍCULO ORIGINAL

##### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido: 23-08-2018  
Artículo aceptado: 29-09-2018  
On line: 29-10-2018

##### PALABRAS CLAVES:

Avena sativa,  
rendimiento,  
composición química,  
calidad nutritiva.

#### ORIGINAL ARTICLE

##### INFORMATION OF ARTICLE

Artículo recibido: 23-07-2018  
Artículo aceptado: 29-09-2018  
On line: 29-10-2018

##### KEYWORDS:

Avena sativa,  
performance,  
chemical composition,  
nutritious quality.

#### RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de determinar el rendimiento, composición química y valor nutricional del cultivo de avena forrajera, bajo condiciones del altiplano de Puno. Las muestras fueron analizadas para determinar la composición química del forraje mediante el método de análisis de Weende, así como la determinación de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de Van Soest; con estos resultados fueron calculados los valores nutricionales de materia seca digestible (MSD), el consumo de materia seca (CMS), el valor relativo del forraje (VRF) y la energía neta de lactancia (ENL). Los resultados, evidencian un rendimiento promedio de  $23.04 \pm 3.86$  t ha<sup>-1</sup> de materia verde; el promedio de la composición química fue  $27.95 \pm 1.58$  % de MS,  $5.60 \pm 0.67$  % de ceniza total (CT),  $8.67 \pm 0.64$  % de proteína cruda (PC),  $7.99 \pm 0.70$  % de extracto etéreo (EE),  $30.77 \pm 3.33$  % de carbohidratos no fibrosos (CNF),  $46.97 \pm 3.59$  % de FDN,  $28.78 \pm 1.94$  % de FDA,  $18.19 \pm 2.56$  % de hemicelulosa (HC), siendo los valores nutricionales  $66.48 \pm 1.59$  % de MSD,  $2.63 \pm 0.26$  % de CMS,  $136.39 \pm 15.85$  de VRF y  $1.33 \pm 0.04$  Mcal kg<sup>-1</sup> MS de ENL. Se concluye que el cultivo de avena forrajera, es una excelente alternativa productiva para el ganado lechero bajo condiciones del altiplano de Puno, con gran potencial de rendimiento y calidad nutritiva.

#### ABSTRACT

The study was carried out with the objective of determining the yield, chemical composition and nutritional value of the forage oat crop, under conditions of the Puno highlands. The samples were analyzed to determine the chemical composition of the forage using the Weende analysis method, as well as the determination of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) using the Van Soest method; with these results were calculated the nutritional values of digestible dry matter (DMD), the dry matter consumption (CMS), the relative value of the forage (VRF) and the net energy of lactation (ENL). The results show an average yield of  $23.04 \pm 3.86$  t ha<sup>-1</sup> of green matter; the average chemical composition was  $27.95 \pm 1.58$  % DM,  $5.60 \pm 0.67$  % total ash (TC),  $8.67 \pm 0.64$  % crude protein (PC),  $7.99 \pm 0.70$  % ether extract (EE),  $30.77 \pm 3.33$  % of non-fibrous carbohydrates (CNF),  $46.97 \pm 3.59$  % of NDF,  $28.78 \pm 1.94$  % of FDA,  $18.19 \pm 2.56$  % of hemicellulose (HC), with nutritional values being  $66.48 \pm 1.59$  % of MSD,  $2.63 \pm 0.26$  % of CMS,  $136.39 \pm 15.85$  of VRF and  $1.33 \pm 0.04$  Mcal kg<sup>-1</sup> MS of ENL. It is concluded that the cultivation of forage oats, is an excellent productive alternative for dairy cattle under conditions of the highlands of Puno, with great potential for yield and nutritional quality.

## INTRODUCCIÓN

En la Sierra del Perú, las praderas naturales ocupan alrededor de 14'300,000 hectáreas, de las cuales, la región de Puno cuenta con una extensión de 3'520,000 hectáreas. El 95 % está constituido por una vegetación de pastizales naturales dedicados al pastoreo de una numerosa población ganadera. Sin embargo, estas praderas están establecidas por especies nativas con bajo valor nutritivo (Choque, 2005), que no cubren los requerimientos mínimos necesarios para desarrollar una ganadería sostenible (Roque, 2012), trayendo como consecuencia bajos niveles de producción y productividad pecuaria.

Entre las especies forrajeras, la avena (*Avena sativa* L.), es el cultivo más ampliamente difundido en el Perú y constituye el cultivo más importante en la región Puno, por poseer 24.24 % del área sembrada (Agropuno, 2015; Compendio estadístico Perú, 2015). Dada su relevancia, este cultivo forrajero creció en 41 % en los diez últimos años. Esta tendencia de crecimiento, se debe al desarrollo del sector ganadero y la producción láctea actual, ya que Puno como región ha alcanzado en los últimos años una producción promedio de 450 mil litros de leche diarios, ubicándose en el sexto lugar a nivel nacional después de Lima, Arequipa, Cajamarca, La Libertad y Cusco, y tercero en la macro región sur del Perú (Agropuno, 2015; Compendio estadístico Perú, 2015).

El cultivo no solo implica su disponibilidad sino también los nutrientes presentes en ella, que permiten definir la aptitud forrajera de la especie vegetal y de esta forma seleccionar mejor los suplementos para optimizar la producción animal individual.

También es necesario para garantizar la calidad de productos formulados comercialmente y detectar la presencia de sustancias indeseables en los alimentos (Maynard et al., 1979; Kleiman et al., 1986; McDonald et al., 2002; Elizondo, 2005). Esta condición, trae consigo la necesidad de conocer

también la composición química y su valor nutricional, bajo las condiciones del altiplano de Puno. Bajo estas consideraciones, los objetivos de la presente investigación fueron: a) determinar el rendimiento del cultivo de avena forrajera, en la región de Puno, b) analizar la composición química del forraje de avena y c) estimar el valor nutricional del forraje de avena, producida bajo las condiciones del altiplano peruano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ámbito de estudio

El estudio se realizó durante la campaña agrícola 2015–2016 (noviembre a mayo), en cinco provincias ganaderas de la región de Puno, situadas a una altitud que varía entre 3812 y 4000 msnm y entre las coordenadas geográficas de 13° 00' 00" a 17° 17' 30" LS y 71° 06' 57" a 68° 48' 46" LW del meridiano de Greenwich. Los datos climáticos de temperatura y precipitación pluvial durante la campaña en estudio, así como del comportamiento climatológico de los últimos 30 años, fueron obtenidos del portal de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Puno (SENAMHI, 2016).

### Metodología

Las unidades de producción seleccionadas, corresponden a la región natural denominada sierra. La estratificación (Tabla 1) se definió con base en el tipo de agricultura familiar (FAO, 2012; Eguren, 2015), puesto que poseen cierto número de hectáreas del cultivo de avena forrajera (cultivar Tayco) por productor, distribuidos en tres escalas: pequeña ( $\leq 5$  ha), mediana ( $> 5$  y  $\leq 10$  ha) y grande ( $> 10$  ha).

**Tabla 1.** Distribución de las unidades de producción agropecuaria por provincia ganadera

Unidades de producción	Provincias ganaderas de estudio						Total					
	Azángaro		Huancané		Melgar		Puno		San Román			
	n	TUP	n	TUP	n	TUP	n	TUP	n	TUP		
Pequeña ( $\leq 5$ ha)	3	1.03	3	1.17	3	4.17	3	2.91	3	1.83	15	2.22
Mediana ( $> 5$ y $\leq 10$ ha)	3	5.41	3	6.67	3	5.77	3	8.33	3	7.50	15	6.73
Grande ( $> 10$ ha)	3	14.00	3	14.67	3	45.00	3	35.16	3	12.46	15	24.26
Total	9		9		9		9		9		45	
Promedio		6.81		7.50		18.31		15.47		7.26		11.07

n=número de unidades evaluadas; TUP=tamaño promedio de unidades de producción del cultivo de avena forrajera

El rendimiento de materia verde (MV) se determinó en cada parcela y por unidades de producción, cosechando el forraje según la escala decimal de Zadoks et al. (1974) en los estados fenológicos de grano lechoso (7) a grano pastoso (8), con intervalo máximo de 5 días. Para tomar submuestras representativas del forraje a cosechar, se utilizó el método de muestreo aleatorio simple, recorriendo en forma de zig-zag el área del cultivo, donde se lanzó al azar y en seis ocasiones por ha un cuadrante metálico de 1 m<sup>2</sup> (Cochran, 1993). El total de plantas (tallos, hojas y granos) contenidos dentro del cuadrante fue cosechado manualmente con hoz a cinco cm de la superficie del suelo, teniendo especial cuidado de no contaminar la biomasa; luego, cada submuestra obtenida fue pesada in situ utilizando una balanza y se calculó el rendimiento de MV por m<sup>2</sup>; este valor se multiplicó por 10,000 para obtener el rendimiento de MV ha<sup>-1</sup>.

Finalizado el proceso de recolección, las submuestras se mezclaron sobre un plástico limpio y seco, para homogeneizar y obtener una muestra compuesta de 400 a 600 g por unidad productiva, tratando de mantener la relación original de tallo-hoja-grano. Estas muestras fueron depositadas y conservadas en bolsas de polietileno, eliminando todo el aire y cerrándola herméticamente (con nudo) con el fin de eliminar todo el oxígeno posible, luego se procedió a colocar la bolsa con la muestra y la etiqueta de identificación en otra bolsa cerrándola debidamente con nudo, luego manteniendo la muestra a temperatura de refrigeración hasta su arribo al laboratorio, para su análisis químico, FDN y FDA.

Los contenidos de humedad y MS del forraje de avena (t ha<sup>-1</sup>), se determinaron mediante el método tradicional de secado de muestras en estufa de circulación forzada a 60 °C por 84 horas o hasta lograr un peso constante. El porcentaje de MS sirvió para determinar el rendimiento de MS en toneladas por hectárea (MS t ha<sup>-1</sup>) en base al rendimiento de MV. Posteriormente, las muestras deshidratadas fueron pulverizadas en un molino Wiley® con malla de 1

mm, cuyo material sirvió para el análisis proximal y análisis de fracciones de fibra o de Van Soest (Roque, 2012).

A las muestras molidas, se les determinó la materia orgánica (MO) y ceniza total (CT) mediante el método de incineración directa en una mufla a 600 °C de temperatura; proteína cruda (PC) por el método estándar de micro Kjeldahl, calculándose la proteína a partir del valor de nitrógeno multiplicado por el factor de corrección (6.25); y extracto etéreo o grasa (EE) por extracto soluble en éter sobre la muestra seca en el extractor Soxhlet. Los valores de fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) fueron determinados mediante el método de fracciones de fibra o de Van Soest. Los contenidos de carbohidratos no fibrosos (CNF) se estimó por diferencia aritmética entre la MS y los componentes analizados químicamente [% CNF = 100 – (PC + EE + CT + FDN)] y la hemicelulosa (HC), se calculó mediante la diferencia entre FDN y FDA.

La materia seca digestible (MSD), se estimó mediante la ecuación descrita por Moore y Undersander (2002):  $MSD (\%) = 88.9 - [0.779 \times (FDA, \% MS)]$ ; el consumo de materia seca (CMS), se valoró por:  $CMS \% = 120/FDN$  y el valor relativo del forraje (VRF) se estimó mediante la ecuación definida por Lauer y Undersander (2004):  $VRF = MSD * CMS / 1.29$ . La energía neta de lactancia (ENL), se estimó por la fórmula propuesta por Moe *et al.* (1972):  $ENL (Mcal kg^{-1} MS) = 0.68 ED - 0.36$ .

#### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos, fueron procesados mediante el análisis de varianza (ANOVA), utilizando el diseño completamente aleatorizado de 5 x 3 (5 provincias y 3 unidades de producción) y con tres repeticiones por unidad productiva, cuyos promedios se analizaron con la prueba de comparación múltiple de Tukey para un nivel de significancia de 5 %, utilizando el programa statistical analysis system, versión 9.4 (SAS, 2016).

## RESULTADOS

### Características de clima y de suelo

La Tabla 2, muestra que la temperatura máxima promedio fue de 18.2 °C y el mínimo de 4 °C. Las precipitaciones pluviales que obedecen a una periodicidad anual de cuatro meses (diciembre a marzo) e influyen grandemente en la producción forrajera, siendo la precipitación pluvial promedio de 520.7 mm (40 % de humedad relativa).

**Tabla 2.** Temperatura del aire, precipitaciones pluviales y sus anomalías promedio por provincias de estudio

Provincia	Temperatura promedio (°C)				Precipitación pluvial promedio (mm/campaña agrícola)	
	Mínima		Máxima		Valor	Anomalía
	Valor	Anomalía	Valor	Anomalía		
Melgar	2.8	0.2	19.1	2.6	532.5	-1.9
Azángaro	3.4	-0.7	18.1	1.8	699.6	54.2
Huancané	4.2	1.4	17.3	1.3	432.8	-6.1
Puno	6.2	1.3	17.4	1.9	432.2	-29.6
San Román	3.4	0.2	19.1	1.5	506.2	2.4
Promedio	4.0	0.5	18.2	1.8	520.7	3.8

Fuente: SENAMHI, 2016

Los resultados principales de fertilidad y caracterización de suelos de los cultivos en estudio (Tabla 3) tipifican un suelo de textura franco a franco arcilloso, con contenido de materia orgánica (MO) deseable (>2 %) que varía de 2.48 a 3.81 % y un pH que oscila entre 5.67 y 6.81 (moderadamente ácido y cercano a neutro).

**Tabla 3.** Características físico químicas del suelo\* por provincia, campaña agrícola 2015-2016

Provincia	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	MO (%)	SB (%)	pH	Textura
Melgar	0.18	8.34	144.67	3.26	70.29	5.67	Franco arcilloso
Azángaro	0.18	8.78	107.89	2.87	78.61	5.97	Franco
Huancané	0.16	4.97	138.11	2.48	84.35	6.72	Franco arcilloso
Puno	0.21	9.60	179.67	3.81	87.99	6.46	Franco arcilloso
San Román	0.17	9.00	304.89	2.94	93.83	6.81	Franco

Profundidad de muestreo del suelo, 0 a 20 cm; N = nitrógeno; P = fósforo; K = potasio; MO = materia orgánica; SB = saturación de bases; pH = potencial de hidrogeniones; PP = precipitaciones pluviales; ppm = partes por millón; % = por ciento; mm = milímetros; medias con letras minúsculas iguales, no son diferentes estadísticamente. \* Análisis del laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) Puno

### Rendimiento de materia verde

Según el ANOVA, el rendimiento promedio de MV de avena forrajera por unidades de producción en el ámbito de estudio (Tabla 4), muestra un incremento visible a medida que aumenta el tamaño del área de cultivo, con diferencias estadísticamente cuantificables ( $p < 0.0139$ ), y con promedios de 19.64, 22.99 y 26.47 t ha<sup>-1</sup> de biomasa para pequeños, medianos y grandes unidades productivas, respectivamente. La prueba de Tukey permite establecer que los productores grandes superan en 25.80 y 13.11 % de rendimiento a productores pequeños y medianos ( $p < 0.0139$ ); mientras que, el incremento de productores pequeños a medianos representa el 17.11 %, sin diferencia estadística entre éstas.

**Tabla 4.** Rendimiento de MV (t ha<sup>-1</sup>) de avena forrajera en Puno, campaña agrícola 2015 - 2016

Unidades de producción	Rendimiento por provincia de estudio (t ha <sup>-1</sup> )					Promedio ± S
	Azángaro	Huancané	Melgar	Puno	San Román	
Pequeña	18.33	22.93	17.67	20.33	18.93	19.64 ± 2.65 <sup>b</sup>
Mediana	24.83	23.12	20.83	22.53	23.67	22.99 ± 4.68 <sup>b</sup>
Grande	23.33	26.57	28.00	27.67	26.80	26.47 ± 7.45 <sup>a</sup>
Promedio	22.17 <sup>a</sup>	24.21 <sup>a</sup>	22.17 <sup>a</sup>	23.51 <sup>a</sup>	23.13 <sup>a</sup>	23.04 ± 3.86

Promedios con la misma letra minúsculas, no son estadísticamente diferentes; S=Desviación estándar

### Rendimiento de materia seca

Los rendimientos de MS (Tabla 5), fluctúan de 5.88 a 6.93 t ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 6.42 ± 1.20 t ha<sup>-1</sup>. Según el ANOVA, la provincia y el tamaño de unidades de producción no tuvieron ningún efecto significativo, ni existió interacción alguna entre las variables.

**Tabla 5.** Rendimiento de MS (t ha<sup>-1</sup>) de avena forrajera en Puno, campaña agrícola 2015-2016

Unidades de producción	Rendimiento de MS (t ha <sup>-1</sup> ) por provincia					Promedio ± S
	Azángaro	Huancané	Melgar	Puno	San Román	
Pequeña	5.60	6.45	4.46	6.02	5.46	5.60 ± 1.33
Mediana	7.96	5.36	6.48	5.38	6.48	6.33 ± 1.43
Grande	7.21	8.67	6.71	6.73	7.35	7.33 ± 2.62
Promedio ± S	6.93 ± 1.98	6.83 ± 2.47	5.88 ± 1.43	6.04 ± 1.43	6.43 ± 2.53	6.42 ± 1.20

### Composición Química

En la tabla 6 se observan los resultados de la composición química del forraje de avena, Todos los

nutrientes, excepto el extracto etéreo no resultó diferente estadísticamente ( $p>0.05$ ) con relación a las localidades estudiadas.

Tabla 6. Composición química del forraje de avena en estado de grano lechoso-pastoso, 100 % MS

Unidades de producción	Rendimiento de MS (t ha <sup>-1</sup> ) por provincia					Promedio ± S
	Azángaro	Huancané	Melgar	Puno	San Román	
Pequeña	5.60	6.45	4.46	6.02	5.46	5.60 ± 1.33
Mediana	7.96	5.36	6.48	5.38	6.48	6.33 ± 1.43
Grande	7.21	8.67	6.71	6.73	7.35	7.33 ± 2.62
Promedio ± S	6.93 ± 1.98	6.83 ± 2.47	5.88 ± 1.43	6.04 ± 1.43	6.43 ± 2.53	6.42 ± 1.20

Promedios con la misma letra minúsculas, no son estadísticamente diferentes; S=Desviación estándar

### Valor Nutricional

Los resultados de materia seca digestible (MSD), Consumo de materia seca (CMS), Valor relativo forraje (VR) y energía neta de lactación (ENL) se

muestran en la tabla 7. Todos los nutrientes evaluados no resultaron ser estadísticamente diferentes entre las provincias evaluadas.

Tabla 7. Valor nutricional del forraje de avena al estado fenológico de grano lechoso-masoso, 100 % MS

Valor nutricional	Provincias ganaderas de estudio					Promedio ± S
	Azángaro	Huancané	Melgar	Puno	San Román	
MS digestible, %	67.84 <sup>a</sup>	66.52 <sup>a</sup>	66.91 <sup>a</sup>	66.72 <sup>a</sup>	64.42 <sup>a</sup>	66.48 ± 1.59
Consumo de MS, %	2.60 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	2.63 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	2.63 ± 0.26
Valor relativo forraje	136.97 <sup>a</sup>	128.94 <sup>a</sup>	137.16 <sup>a</sup>	150.1 <sup>a</sup>	128.78 <sup>a</sup>	136.39 ± 15.85
ENL, Mcal kg <sup>-1</sup>	1.30 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.04

## DISCUSIÓN

### Características de clima y de suelo

La precipitación pluvial se encuentra dentro de los límites requeridos (400 a 600 mm) para el cultivo de avena forrajera (Bakhsh *et al.*, 2007; Tafernaberi *et al.*, 2012). Respecto al suelo, los resultados de los análisis físicos y químicos indican que sus características satisfacen los requerimientos del cultivo de avena forrajera, la cual se adapta a suelos profundos de textura franco a franco arcilloso de pH variable de 5.0 a 7.8 y con MO de 2 a 4 % (Feyissa *et al.*, 2007; Lenssen *et al.*, 2010; Villareal *et al.*, 2012).

### Rendimiento de materia verde

El rendimiento promedio obtenido (23.04 ± 3.86 t ha<sup>-1</sup>) es ligeramente inferior a alcanzado en la campaña agrícola anterior (2014 - 2015), donde se obtuvo 25.15 t ha<sup>-1</sup> (Compendio estadístico Perú, 2015), lo que significa 7.67 % de disminución. Este resultado, es corroborado por la información de DGESE – SIEA (2016), que evidencia una disminución de 24.95 t ha<sup>-1</sup> a 22.96 t ha<sup>-1</sup> respecto a la campaña agrícola anterior (merma de 7.98 %) y cuya variación resultó en una

baja de -6.6 % de producción forrajera en el ámbito de la región Puno. Esta reducción, se puede atribuir entre otras causas a los efectos del fenómeno de “El Niño”, que ha provocado el calentamiento anómalo en la sierra sur del Perú, inhibiendo el desarrollo del cultivo de avena que requiere de 12 a 16 °C para su buen desarrollo (Choque, 2005; Espitia *et al.*, 2012), pues según SENAMHI (2016), las temperaturas medias mínimas (4 °C) y máximas (18.2 °C) estuvieron por encima de sus valores normales en 0.5 y 1.8 °C, respectivamente.

En el rendimiento también influyeron los factores de precipitación pluvial y suelo (Tabla 2). En este último, dos de los tres macro nutrientes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) requeridos por las plantas para un crecimiento óptimo, estuvieron por debajo (<14 ppm) de lo requerido por el cultivo (N: 0.16 a 0.21 % y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 4.97 a 9.60 ppm, respectivamente). Asimismo, los contenidos de potasio (K) se encontraron a niveles de medio a óptimo (107.89 a 304.89 ppm), así como la saturación de bases (SB) que estuvo por encima (> 60 %) de lo deseable (Espinoza *et al.*, 2012), con valores relativamente altas y que fluctuaron de 70.29 a 93.83%.

Se observa que el pH del suelo fue la variable que favoreció el crecimiento en algunas unidades de producción a diferencia de los otros atributos, puesto que a medida que el pH se aproxima a valores cercanos al estado neutro ( $\text{pH} > 6.4$ ), los rendimientos fueron superiores debido a que en estas condiciones algunos nutrientes están más disponibles y en un estado de equilibrio adecuado para el cultivo (Garrido, 1993; Espinoza *et al.*, 2012). En forma contraria, cuando los suelos se tornan ácidos o ligeramente ácidos ( $\text{pH} < 6$ ;) contienen cantidades altas de hierro y aluminio en forma soluble que son tóxicos para las raíces e inhiben el crecimiento de las plantas.

Los resultados obtenidos, confirman lo señalado por Otal *et al.* (2008) y Javanmard *et al.* (2009), quienes indican que el rendimiento de avena forrajera varía de 20 a 50 t ha<sup>-1</sup>. Asimismo, son semejantes a la media histórica de rendimiento (22.38 t ha<sup>-1</sup>) registrados en los últimos diez años para la región Puno (Compendio estadístico Perú, 2015). Coinciden igualmente con Choque (2005), quien al evaluar el rendimiento de MV en diferentes campañas agrícolas, obtuvo rendimientos que varían de 15 a 65.30 t ha<sup>-1</sup> y con amplias fluctuaciones en las variedades de Vilcanota I (15 a 53.3 t ha<sup>-1</sup>), Tayko (41.10 a 65.30 t ha<sup>-1</sup>) y Avena Local (15.60 a 37.44 t ha<sup>-1</sup>).

No obstante, son marcadamente inferiores a las 58.86 t ha<sup>-1</sup> de MV reportadas por el INIA Cusco (2010) para la variedad de avena INIA-903 Tayco Andenes y a los reportados por el INIA Puno (2006), obtenidas durante la campaña agrícola 2004 - 2005 en distintas variedades, con rendimientos que oscilan entre 67.55 a 89.11 t ha<sup>-1</sup> de MV y que pueden alcanzar hasta 93.2 t ha<sup>-1</sup> (Tapia, 2007; Wadhwa *et al.*, 2010). Estos resultados, permiten aseverar que los rendimientos de avena forrajera son muy variados, debido al genotipo, así como la influencia de los factores climáticos, fertilidad del suelo, tamaño de unidades de producción agropecuaria y tecnología de cultivo aplicado, concordando con lo indicado por INIA Puno (2006), Otal *et al.* (2008), Javanmard *et al.* (2009), Ansar *et al.* (2013) y Sánchez *et al.* (2014).

### Rendimiento de materia seca

El rendimiento de materia seca encontrado en la presente investigación fue similar a los reportados por Ansar *et al.* (2013) y Sánchez *et al.* (2014), quienes indican rendimientos que oscilan de 5.3 a 16.65 t ha<sup>-1</sup>, haciendo notar que el resultado varía según su ubicación, genotipo, la fertilidad del suelo, fertilización complementaria, y adversidades climáticas. El resultado obtenido es superior a los reportes de Sánchez *et al.* (2014), quienes obtuvieron 3.7 y 5.6 t ha<sup>-1</sup> de MS. Asimismo, están por encima de los resultados de Achleitner *et al.* (2008) y Ramírez *et al.* (2015), quienes dan a conocer valores de 2.25, 3.12 y 4.46 t ha<sup>-1</sup> y aseveran que el rendimiento de MS fue afectado por las épocas de corte en diferentes fases fenológicas de la planta, pues a medida que el corte fue más cercano a madurez fisiológica, el rendimiento esperado se incrementó linealmente para las fases de embuche, masoso o pastoso y madurez fisiológica. Al respecto Catari (2002), bajo condiciones del altiplano y al evaluar el rendimiento de avena forrajera obtuvo 9.93 y 8.16 t ha<sup>-1</sup> de MS para las variedades de Águila y Rotemburger con un nivel de fertilización orgánica de 5 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de ovino; del mismo modo, el INIA Cusco (2010) reporta un rendimiento de 10.68 t ha<sup>-1</sup> de MS para la variedad INIA-903 Tayco Andenes, cosechada al estado fenológico de grano lechoso, cuyos rendimientos son superiores al obtenido en el presente estudio.

Por otra parte, difieren notablemente con los resultados obtenidos por Choque (2005), que oscilan de 16.81 a 21.80 t ha<sup>-1</sup> de MS durante la campaña 1980 - 1981 y son inferiores a resultados obtenidos por el INIA Puno (2006) en la campaña 2004 - 2005, al evaluar el rendimiento en diferentes variedades obtuvo valores de 16.71 a 23.77 t ha<sup>-1</sup> de MS, cosechadas en la fase de inicio de floración a grano leche.

### Composición Química

El resultado promedio MS (27.95±1.58 %, Tabla 6), es superior a 19.5 % de MS obtenido por el INIA Cusco (2010) para avena forrajera cosechada en estado de grano leche; de este modo, es ligeramente

superior a 25 % de MS reportado por el NRC (2001) para avena fresca y se encuentra dentro de los parámetros señalados por Morrison (1965), que establece un contenido de 20 a 30 % de MS para las plantas forrajeras, el mismo que es de suma importancia para asegurar que el ganado reciba la cantidad adecuada de nutrientes, para satisfacer sus necesidades metabólicas.

Al respecto, Roque (2009), NRC (2001) y Huallata (2010) reportan un contenido de MS de 90.9, 90.0 y 93.23 % para el heno de avena madura, respectivamente. El NRC (2001) establece un contenido de 31 % de MS para ensilado de avena, 89 % para avena grano y 92 % de MS para avena paja, cuyos resultados corroboran que el porcentaje de MS varía según el estado fenológico de la planta; es decir, el contenido de MS aumenta hasta llegar la madurez.

Los valores de CT, se ubicaron en el rango de 5.05 a 6.13 %, con un promedio de  $5.60 \pm 0.67$  % (Tabla 6). Este resultado, es similar al 5.87 % de CT reportado por Huallata (2010) para heno de avena, así como los reportados por el INIA Puno (2006) para las variedades Africana (5.23 %) y Negra Local (4.99 %), respectivamente. Sin embargo, es inferior al 9.20 % de CT alcanzado por el INIA Cusco (2010) para avena INIA-903 Tayko Andenes y superior al reporte de Roque (2009) quien, indica que el heno de avena madura contiene 4.41 % de CT.

Los valores de PC, fluctuaron entre 7.77 y 9.37 % con un promedio de  $8.67 \pm 0.64$  % (Tabla 6), contenidos que no muestran diferencias significativas, ya sea entre provincias y entre unidades de producción. Estos resultados, se encuentran dentro de lo esperado para la región Puno (7 a 11 % de PC; Tapia, 2007) y son similares al 8.68 y 7.18 % de PC reportados por INIA Puno (2006) para las variedades de Africana y Negra Local, respectivamente.

El resultado obtenido, es superior a los valores reportados por el INIA Puno (2006), con 7.18, 7.41 y 7.64 % de PC para las variedades de Cayuse, Tayco y

Vilcanota I, respectivamente; son igualmente superiores a 4 y 5 % (Coblentz *et al.*, 2000), 5.10 % (Roque, 2009) y 6.64 % de PC (Huallata, 2010), obtenidos para heno de avena madura. Sin embargo, resulta menor a los reportes de Dumont *et al.* (2005) y Espitia *et al.* (2012), quienes obtuvieron 10.5 % de PC en forraje de avena fresca; también se encuentran por debajo de 9.26 % de PC encontrado por el INIA Puno (2006) para la variedad Africana y a 10.6, 11.3 y 11.5 % de PC reportados por Salmerón *et al.* (2003). Sobre el particular FAO (2012), señala que cuando se cosecha en etapa de embuche o grano masoso, la PC puede ser de 12 % y el heno de avena cosechado a inicio de floración de 9.1 % de PC (NRC, 2001).

El contenido de PC, es variable en diferentes campos y lugares de cosecha, debido a los factores de fertilidad del suelo y estado fenológico de la planta (Mut *et al.*, 2006; Núñez *et al.*, 2010), encontrándose el forraje más suculento con mayor % PC y menor contenido de fibra cruda (FC). El porcentaje de materia seca guarda una relación inversa y moderada con la proteína cruda ( $r=-0.65$ ;  $p<0.0001$ ) lo que significa que, a mayor porcentaje de materia seca, menor es el contenido de proteína cruda (PC) en el forraje de avena. Sobre el particular, el INIA Puno (2006) reporta que la PC varía de 6.48 a 11.81 % en la variedad Africana y de 6.02 a 9.03 % en la variedad Negra Local, coincidiendo con Wadhwa *et al.* (2010), quienes sostienen que el contenido de PC, la palatabilidad y la digestibilidad de MS disminuye con la madurez de la planta.

Las diferencias encontradas, se deben al estado fenológico de la planta, variedad, fertilización (Espitia *et al.*, 2012) y a la fertilidad natural del suelo. También, está demostrado que el forraje de avena, optimiza el rendimiento y valor nutricional del forraje (PC), coincidiendo con lo manifestado por Dumont *et al.* (2005), INIA Puno (2006), Espitia *et al.* (2012) y Sánchez *et al.* (2014).

Los resultados obtenidos para EE difieren ampliamente al 2.26 % de EE reportado por Roque (2009) y al 2.65 % de EE reportado por INIA Cusco

(2010) para la variedad INIA-903 Tayko Andenes; asimismo, es marcadamente superior al valor promedio de 0.76 % de EE para heno de avena muestreado de tres localidades (Chuquibambilla, Taraco y Samán) de la región Puno (Huallata, 2010). Sin embargo, es inferior en 5.27 y 4.96 unidades porcentuales a lo reportado por el INIA Puno (2006), con un valor medio de 13.26 y 12.95 % de EE para las variedades de Africana y Negra Local, respectivamente.

Las concentraciones de CNF variaron entre 28.90 y 32.64 %, con un promedio de  $30.77 \pm 3.33$  % (Tabla 6). Este valor, es similar a lo reportado por Huallata (2010), quien registró un valor de 31.90 % CNF para heno de avena madura; también, es equivalente al resultado encontrado por Roque (2009), que indica que el heno de avena madura tiene un 30.32 % de CNF. Estos resultados, muestran que la avena forrajera tiene un valor nutricional bueno en CH, aunque su nivel de PC al momento de la cosecha no es tan alto como en las leguminosas (Choque, 2005) y el valor nutricional del forraje de avena depende principalmente de la etapa de crecimiento en la cual es cosechada (Espitia *et al.*, 2012; Rosser *et al.*, 2013).

Los valores de FDN se encuentran en un rango de 43.94 y 49.14 %, con un promedio de  $46.97 \pm 3.59$  % (Tabla 6), sin estar afectados por la provincia y unidades de producción dentro de cada provincia. Este contenido de FDN, es inferior a los valores obtenidos por Ramírez *et al.* (2015), quienes muestran el efecto de la etapa de madurez, siendo el contenido de FDN de  $54.9 \pm 4.9$  % en estado de grano lechoso-masoso o pastoso y  $50.2 \pm 5.1$  % a la madurez fisiológica. Por otra parte, Núñez *et al.* (2015) reportan  $52.7 \pm 2.1$  % de FDN para heno de avena. Igualmente, Baron *et al.* (2000) obtuvieron 55 % de FDN en forraje de avena cosechada en la etapa de grano masoso; mientras que, a la madurez fisiológica, Salmerón *et al.* (2003) lograron 61.4 % de FDN, mostrando una respuesta de cambio importante en la disponibilidad de nutrientes en el contenido celular.

El contenido de la FDN, es uno de los criterios más utilizados para determinar la calidad del forraje, puesto que indica la capacidad de consumo del animal y la densidad energética de la dieta. De acuerdo a Van Soest (1991) los forrajes con un contenido de FDN < 40 % pueden ser considerados de buena calidad, mientras que aquellos con FDN > 60 %, pueden interferir con la digestión y el consumo.

Con respecto a FDA, El promedio obtenido, es compatible con los resultados de Huallata (2010), quien encontró un 28.73 % de FDA para heno de avena y es ligeramente inferior al 33.4 % de FDA reportado por Coblenz y Walgenbach (2010), para la variedad Vista Cortada (México); es inferior a los resultados obtenidos por López *et al.* (2001), que registraron el 52.3 % de FDA para heno de avena en semilleo. De la misma forma, son inferiores al reportado por Ramírez *et al.* (2015), que muestran FDA de  $30.6 \pm 3.4$  y  $27.7 \pm 3.3$  % para el estado fenológico de grano lechoso-masoso y madurez fisiológica, respectivamente. En forraje de avena cosechado en la etapa de grano masoso o pastoso, Baron *et al.* (2000) obtuvieron 34 % de FDA; mientras que, en madurez fisiológica, Salmerón *et al.* (2003) establecen 30.5 % de FDN.

Los resultados obtenidos se encuentran también, por debajo del 41 - 42 % reportado para forrajes de alta calidad (Redfean y Zhang, 1994) y son menores al requerimiento reportado como adecuado (55 % de MS) para vacas secas gestantes (Dovel *et al.*, 1995). Al respecto, el NRC (1996) detalla que las raciones para ganado lechero deben contener 19 y 27 % de FDA de acuerdo a la etapa productiva. Los valores bajos de FDA encontrados, suponen una alta digestibilidad de la MS y calidad biológica de forraje de avena, ya que la FDA está correlacionada negativamente con la digestibilidad y contenido energético de la MS del forraje; es decir, conforme aumenta el contenido de FDA en los forrajes de avena, estos se vuelven menos digestibles y menos energéticos (Van Soest, 1978; Kleiman *et al.*, 1986; Maynard *et al.*, 1979; McDonald *et al.*, 2002;



Elizondo, 2005); por consiguiente, entre más alto sea este valor es indicativo de una mayor presencia de lignina, que es altamente indigerible por las enzimas digestivas de los animales (Moore y Hatfield, 1994).

Los contenidos de HC se ubicaron en un rango de 16.61 a 20.42 %, con un promedio de  $18.19 \pm 2.56$  % (Tabla 6). Estos valores, representan el mayor componente de la pared celular, cuya digestibilidad (20 - 80 %) depende de su grado de asociación con la lignina. Este resultado, es inferior en 8.01 unidades porcentuales al estimado por López *et al.* (2001), reportando 26.2 % de HC, para el heno de avena; igualmente es menor al reportado por Huallata (2010) con un valor promedio de 26.12 % de HC para heno de avena, anotando que los forrajes siempre contienen altos valores de HC. El menor contenido de HC observado, implica un potencial de aumento en el consumo y digestibilidad del forraje (Ramírez *et al.*, 2015).

En la variedad de avena Vista Cortada (México) en la fase de embuche, Coblenz y Walgenbach (2010) reportaron un contenido de 24.4 % de HC, el mismo que es superior al encontrado. No obstante, Espitia *et al.* (2012) muestran valores medios de 24.8, 24.1 y 22.1 % de HC en la fase de embuche, masoso y madurez fisiológica de avena forrajera respectivamente, haciendo notar un descenso lineal de HC al avanzar la madurez, como consecuencia del llenado de grano por almidón, lo cual ocurre después de la floración (Coblenz *et al.*, 2012; Ramírez *et al.*, 2015). El incremento en la calidad del forraje de avena después de alcanzar la etapa de grano pastoso, como ocurrió en el material proveniente de Azángaro, ha sido reportado en otras investigaciones (Khorasani *et al.*, 1997; Edmisten *et al.*, 1998; Coblenz *et al.*, 2000).

Por consiguiente, las diferencias encontradas son debidas al estado fenológico de la avena forrajera en el momento del muestreo; es decir, cuanto mayor es el grado de maduración de la planta, la HC aumenta y las plantas maduras se tornan menos nutritivas (Ramírez *et al.*, 2015), puesto que tienen mayor contenido de MS en tallos y menor contenido en

hojas; no obstante, es difícil encontrar similitudes en la composición química del forraje de avena, en las subsiguientes etapas de madurez, aun dentro del mismo estado fenológico, debido a lo heterogéneo del forraje después de iniciada la floración y llenado del grano (Cherney y Marten, 1982).

### Valor Nutricional

La MSD fue similar en todas las localidades evaluadas. Al respecto, Ramírez *et al.* (2015) observó un efecto de la etapa de madurez sobre la MSD del heno con medias de  $65.0 \pm 2.6\%$  en estado de grano lechoso-masoso y  $67.3 \pm 2.5\%$  en madurez fisiológica, valores que son similares a este estudio. No obstante, se encuentra por encima del estándar ( $> 65$  %) reportado para forrajes de buena calidad (Redfearn y Zhang, 1994), coincidiendo con lo obtenido por Ramírez *et al.* (2015), siendo inferior al 73.8 % reportado por Coblenz *et al.* (2012) para la fase de grano maduro.

Estos resultados, confirman la existencia de un potencial de calidad biológica de la avena forrajera producida en Puno, puesto que la digestibilidad de los forrajes frescos y conservados afectada por el grosor de la pared celular, así en las plantas maduras la pared celular aumenta y por consiguiente se hace menos digestible (McDonald *et al.*, 2002). Esto se debe a que la FDA, tiende a rebajar la digestibilidad al proteger los componentes de los alimentos del ataque de las enzimas digestivas o microbianas, en mayor grado en los animales monogástricos que en los rumiantes (Bondi, 1988).

El CMS, es un estimado de la cantidad de avena forrajera que consume un animal como porcentaje de su peso vivo corporal, valores que para el presente estudio oscilan entre 2.49 y 2.87 % (Tabla 7), sin diferencia entre los factores de estudio y con un promedio de  $2.63 \pm 0.26$  %; lo que significa que, el animal puede consumir forraje de avena en un promedio de hasta 2.63 % de su peso vivo.

Los resultados de VRF fluctúan de 128.78 a 137.16 (Tabla 7), con un promedio de  $136.39 \pm 15.85$ . Debido a que en todos los resultados obtenidos del

VRF para el forraje de avena, se ubican en un rango por encima de 128.78, se considera que los forrajes en ensayo son de buena calidad (VRF>100), cuanto mayor es el VRF que da lugar a una mayor ingestión de MSD y mayor digestibilidad por el animal. Además, el resultado obtenido, es indicativo que el forraje es apto para ganado lechero en producción, para novillas o vaquillas en crecimiento y apto para ser conservado (Undersander, 2003).

Igualmente, el VRF permite clasificar a los forrajes en calidades de excelente (>151), primera (125-151), segunda (103-124), tercera (87-102), cuarta (75-86) y quinta (<75), tomando en cuenta un VRF de 100 se considera como un valor estándar basado en forraje que contiene 41 % de FDA y 53 % de FDN en base a MS (Undersander, 2003).

Los resultados obtenidos demuestran que el forraje de avena producida bajo las condiciones de Puno, son de calidad primera, clasificada en base a su digestibilidad y consumo potencial; es decir, refleja lo que un animal va a consumir y digerir de un forraje en particular, si se utiliza como la única fuente de energía; pudiendo ser destinadas a vacas de alta producción (VRF > 130) que vacas de mediana producción (VRF de 100-120) y vacas de baja producción (VRF en torno a 100). Sobre el particular, Undersander (2003) sostiene que los forrajes que poseen un VRF por encima de 125, corresponde a los de primera calidad y es adecuado para la nutrición de todo tipo de ganado en cualquier etapa fisiológica, incluyendo el ganado lechero en producción o hembras amamantando de cualquier especie.

El contenido de energía de los alimentos, no se puede medir con facilidad; por lo que, se estima a través de diferentes métodos. El método más común, es mediante el total de nutrientes digestibles (Weiss *et al.*, 1992). En el caso de ganado lechero, esta estimación se convierte a la ENL (Núñez *et al.*, 2010). Los valores de la ENL contenida en el forraje de avena oscilan entre 1.30 y 1.36 Mcal kg<sup>-1</sup> de MS, con un promedio de 1.33 ± 0.04 Mcal kg<sup>-1</sup> de MS (Tabla 7).

Los resultados obtenidos, confirman que el forraje de avena producido en Puno es de buena calidad (>1.3 Mcal kg<sup>-1</sup>) y son más energéticos que los reportados por Núñez *et al.* (2015) para el heno de avena (1.2 ± 0.01 Mcal kg<sup>-1</sup> de MS) y ensilado de avena (1.2 ± 0.02 Mcal kg<sup>-1</sup> de MS), ya que, el valor nutricional de un alimento viene determinado por su capacidad para proporcionar la denominada ENL, utilizada por el animal para la producción de leche o carne (Salmerón *et al.*, 2003). Las variaciones encontradas en el presente estudio, se asume que se deben principalmente a la cantidad de grano que tenía el material forrajero al momento de cosecha.

## CONCLUSIONES

El cultivo de avena forrajera cosechada en estado fenológico de grano lechoso-pastoso, muestra un potencial de rendimiento de 23.04 ± 3.86 t ha<sup>-1</sup> de MV y 6.42 ± 1.20 t ha<sup>-1</sup> de MS, lográndose mayores rendimientos de MV bajo condiciones de productores grandes (26.47 ± 7.45 t ha<sup>-1</sup>) que en medianos (22.99 ± 4.68 t ha<sup>-1</sup>) y pequeños (19.64 ± 2.65 t ha<sup>-1</sup>).

El análisis de la composición química del forraje de avena producida bajo condiciones del altiplano de Puno indica que la avena posee 27.95 ± 1.58 % de MS, 5.60 ± 0.67 % de CT, 8.67 ± 0.64 % de PC, 7.99 ± 0.70 % de EE, 30.77 ± 3.33 % de CNF, 46.97 ± 3.59 % de FDN, 28.78 ± 1.94 % de FDA, 53.30 ± 3.59 % de CC y 18.19 ± 2.56 % de HC.

La materia seca del forraje de avena, es una excelente alternativa productiva para el ganado lechero bajo condiciones del altiplano de Puno, ya que posee buena calidad nutricional y energética con 66.48 ± 1.59 % de MSD, 2.63 ± 0.26 % de CMS, 136.39 ± 15.85 de VRF y 1.33 ± 0.04 Mcal kg<sup>-1</sup> MS de ENL.

## AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento al Ph. D. Juan Bautista Astorga Neira, Dr. Felipe Santiago Amachi Fernández, Ph. D. Bernardo Roque Huanca, Dr.

Ángel Canales Gutiérrez, M. Sc. Julio Macario Choque Lázaro y Dr. Alí William Canaza Cayo, por sus valiosos aportes en la corrección del manuscrito, por su impagable contribución y desinteresada sugerencia; sus comentarios y sus muestras de aliento y entusiasmo, fueron muy importantes para la publicación de este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achleitner, A., Tinker, N.A., Zechner, E., Buerstmayr, H. (2008). Genetic diversity among oat varieties of worldwide origin and associations of AFLP markers with quantitative. *Theor. Appl. Genet.* 117, 1041-1053.
- Agropuno (2015). *Síntesis agraria*. Dirección Estadística Agraria e Informática Puno, Perú. Disponible en <http://www.agropuno.gob.pe>. Recuperado el 03/07/2016.
- Ansar, M., Mukhtar, M.A., Sattar, R.S., Malik, M.A., Shabbir, G., Sher, A., Irfan, M. (2013). Forage yield as affected by common vetch in different seeding ratios with winter cereals in Pothohar region of Pakistan. *Pakistan. J. Bot.* 45(51), 401-408.
- Bakhsh, A., Hussain, A., Khan, S., Ali, Z., Imran, M. (2007). Variability in forage yield of oats under medium rainfall of Pothohar tract. *Sarhad J. Agric.* 23(4), 867-870.
- Baron, V.S., Okine, E., Dick, A.C. (2000). Optimizing yield and quality of cereal silages. Proc. 2000 Western Canadian Dairy Seminar. *Adv Dairy Tech*, 12, 351-367.
- Bondi, A.A. (1988). *Nutrición Animal*. 1ª. Ed. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Catari, B. (2002). Evaluación del rendimiento de cinco variedades de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con abonamiento de estiércol de ovino en el altiplano central. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Cherney, J.H., Marten, G.C. (1982). Small grain crop forage potential: II. Interrelationships among biological, chemical, morphological and anatomical determinants of quality. *Crop Sci*, 22, 240-245.
- Choque, J.M. (2005). *Producción y manejo de especies forrajeras*. 1ra Edición. Editorial Universitaria UNA Puno, Perú. 306 pp.
- Coblentz, W.K., Walgenbach, R.P. (2010). Fall growth, nutritive value, and estimation of total digestible nutrients for cereal-grain forages in the north-central United States. *J. Anim. Sci.* 88, 383-399.
- Coblentz, W.K., Bertram, M.G., Martin, N.P., Berzaghi, P. (2012). Planting date effects on the nutritive value of fall-grown oat cultivars. *Agron. J.* 104, 312-323.
- Coblentz, W.K., Coffey, K.P., Turner, J.E., Scarbrough, D.A., Weyers, J.S. Harrison, K.F., Johnson, Z.B., Daniels, L.B., Rosenkrans, C.F., Kellogg, D.W., Hubbell, D.S. (2000). Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in Northern Arkansas. *J. Dairy Sci.* 83, 2499-2511.
- Cochran, W. (1993). *Técnicas de muestreo*. 9ª Edición. Compañía Editorial Continental, S. A. –CECSA. México.
- Compendio Estadístico Perú (2015). *Información agraria*. Lima, Perú. 1021 pp.
- Dovel, R.L., Rainey, J., Chilcote, G. (1995). *Oat hay variety trial*. Klamath Experiment Station, Oregon State University. pp. 61-65. <http://oregonstate.edu/dept/kbrec/sites/default/files/0795oathay.pdf>. Recuperado el 3/7/2016.

- Dumont, L.J.C., Anrique, R.G., Alomar, C.D. (2005). Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agric. Téc.* 65(4), 388-396.
- Edmisten, K.L., J.T. Green, J., Mueller, J.P., Burns, J.C. (1998). Winter annual small grain forage potential: I. Dry matter yield in relation to morphological characteristics of four small grain species at six growth stages. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29, 867-879.
- Eguren, F. (2015). *La pequeña agricultura familiar*. CEPES. Lima, Perú.
- Elizondo, J. (2005). Calidad y consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*), ramio (*Bohemeria nivea* (L) Gaud) y mezcla de ambos. *Pastos y Forrajes*. 28(3), 247-252.
- Espinoza, L., Slaton, N., Mozaffari, M. (2012). *Como interpretar los resultados de análisis de suelos*. Agricultura y Recursos Naturales. Division of agricultura, Research and Extension. Universidad de Arkansas, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Espitia, E., Villaseñor, H., Tovar, R., Olan, M., Limon, A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 771-783. Retrieved from [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1022-51292015000100013](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1022-51292015000100013).
- FAO (2012). *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fodder Oats; a World Overview*.
- Feyissa, F., Tolera, A., Melaku, S. (2007). Effects of variety and growth stage on proportion of different morphological fractions in oats (*Avena sativa* L.). Degefa T, Feyyissa F editors. Proc 15th Ann Conf Ethiopian Soc Anim Prod (ESAP) Ethiopia. 47-61.
- Garrido, S. (1993). *Interpretación de análisis del suelo*. Hoja Divulgativa N° 5. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, España. 40 p.
- Huallata, R. A. (2010). *Composición química de los forrajes de la época seca en el altiplano*. Tesis de MVZ. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- INIA Cusco (2010). *Avena forrajera INIA-903 Tayko Andenes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Andenes. Cusco, Perú. 26 pp.
- INIA Puno (2006). *Expediente técnico de avena forrajera variedad INIA-902 Africana (Avena sativa L.)*. Programa Nacional de Investigación en Pastos y Forrajes. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Illpa. Puno, Perú. 28 p.
- Javanmard, A., Dabbagh-Mohammadi-Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H. (2009). Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(1), 163-166.
- Khorasani, G.R., Jedel, P.E., Helm, J.H., Kennelly, J.J. (1997). Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Anim. Sci.* 77, 259-267.
- Kleiman, D.G., Beck, B.B., Dietz, J.M., Dietz, L.A., Ballou, J.D., Coimbra-Filho, A.F. (1986). *Conservation program for the golden lion tamarin: Captive research and management, ecological studies, educational strategies, and reintroduction*. In: Benirschke, K. (Ed.),

- Primates: The Road to Self-sustaining Populations. Springer-Verlag, New York, pp. 959-979.
- Lauer, J., Undersander, D. (2004). *Pricing corn silage for sale*. In Proceedings and Joint Meeting of the Professional Nutrient Applicators of Wisconsin, Wisconsin Custom Operators, and Wisconsin Forage Council. Eau Claire, WI. p. 87-91.
- Lenssen, A.W., Cash, S.D., Hatfield, P.G., Sainju, U.M., Grey, W.R., Blodgett, S.L. (2010). Yield, Quality, and Water and Nitrogen Use of Durum and Annual Forages in Two Year Rotations. *Agronomy Journal*. 102(4), 1261-1268.
- López, G.J.J., Rodríguez, J.M., Rodríguez, A. (2001). *Production and use of oats as forage in northern Mexico*.
- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F., Warner, R.K. (1979). *Animal nutrition*. Mc Graw Hill. Book Co. New York, USA. 602 p.
- McDonald, E.P., Kruger, E.L., Riemenschneider, D.E., Isebrands, J.G. (2002). Competitive status influences tree-growth responses to elevated CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in aggrading aspen stands. *Functional Ecology* 16, 792-801.
- Moe, P.W., Flatt, W.P., Tyrrell, H.F. (1972). Net energy value of feeds for lactation. *J. Dairy Sci.*, 55, 945-958.
- Moore, J.E., Undersander, D.J. (2002). *Relative forage quality: an alternative to relative feed value and quality index*. In: 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symp. Florida Dairy Extension (Ed.). University of Florida. Pp.16-32.
- Moore, K.J., Hatfield, R.D. (1994). *Carbohydrates and forage quality*. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Fahey, G. C., Jr., Collins, M. C., Mertens, D. R. & Moser, L. E., eds.), pp. 229–280. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Morrison, F. (1965). *Alimentos y alimentación del ganado*. Tomo II. 1ra Edición. Editorial Hispanoamericana, México.
- Mut, Z., Ayan, I., Mut, H. (2006). Evaluation of forage yield and quality at two phenological stages of triticale genotypes and other cereals grown under rainfed conditions. *Bangladesh J. Bot.* 35 (1), 45-53.
- NRC (1996). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Research Council. 7a. Revised Ed. National Academy Press. Washington D.C. USA. 242 p.
- NRC (2001). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Research Council, 7th Ed. National Academy Press, NAS-NRC. Washington, DC, USA. 409p.
- Núñez, G., Payán, J. A., Peña, A., González, F., Ruiz, O., Arzola, C. (2010). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Téc Pecu Méx.* 1(2), 85-98.
- Núñez, G., Rodríguez, K., Granados, J.A., Anaya, A., Figueroa, U. (2015). *Calidad nutritiva y utilización de forrajes en explotaciones lecheras en la región Lagunera*. Instituto Nacional de Innovaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd José Santos Valdez 1200 Col. Centro 27440 Cd., Matamoros. Coahuila, México.
- Otal, J., Martínez, M., Quiles, A. (2008). Effect of location, year and variety on winter cereal forage yield and quality in the southern plateau of the Spain. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 21(10), 1416-1424.

- Ramírez, S., Domínguez, D., Salmerón, J.J., Villalobos, G., Ortega, J.A. (2015). Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Rev Arch. Zootec*, 64(247), 237-244.
- Redfearn, D., Zhang, H. (1994). *Forage quality interpretations*. Oklahoma Cooperative Extension Service. PSS-2117. Oklahoma State University. Disponible en: <http://www.okrangelandswest.okstate.edu/GrazingManage.html>. Recuperado el 03/07/2016.
- Roque, B. (2009). *Determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento y ganancia de peso de alpacas (Vicugna pacos) en crecimiento mediante la técnica de sacrificio comparativo*. Tesis de Ph. D. Programa de doctorado en Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Roque, B. (2012). *Nutrición animal*. Texto de formación universitaria. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Editorial Centro papelerero de norte S.A. 198 pp.
- Rosser, C.L., Górká, P., Beattie, A.D., Block, H.C., McKinnon, J.J., Lardner, H.A., Penner, G.B. (2013). Effect of maturity at harvest on yield, chemical composition, and in situ degradability for annual cereals used for swath grazing. *J. Anim. Sci.* 91, 3815-3826.
- Salmerón, Z.J.J., Meda, F.J., Bárcena, J.R. (2003). *Variedades de avena y calidad nutricional del forraje*. Folleto Técnico N° 17. CESICH-CIRNOC-INIFAP-SAGARPA. Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 43 p.
- Sánchez, R.A., Gutiérrez, H., Serna, A. (2014). Yield and forage quality of oats varieties under rainfed conditions in Zacatecas, Mexico. *Revista mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(2), 131-142.
- SAS, 9.4 (2016). *Statistical Analysis System, Version 9.4*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. Licensed to Estación Experimental Agraria Illpa Puno. Site 70202293. This session is executing on the XG4-7pro platform.
- SENAMHI (2016). *Información meteorológica*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Puno. Disponible en <http://puno.senamhi.gob.pe/web/>. Recuperado el 26/08/2016.
- Tafernaberri, V., Dall, M., Portella, D., Pereira, A., Rodrigues, É., Laux, M. (2012). Agronomía de linhagens de aveia-branca em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia Avaliação*, 41(1), 41 – 51. Retrieved from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982012000100007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982012000100007).
- Tapia, M. (2007). *La Ganadería en el Altiplano de Puno. Una visión, técnica, económica social y ambiental*. El problema agrario en debate SEPIA XII, Tarapoto, San Martín, Perú. 23 p.
- Undersander, D. (2003). *Pea and small grain mixtures*. Univ. Wisconsin Extension, Wisc. Team Forage, Focus on Forage, 5(7): 1-2. Disponible en <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/PeaSmallGrain-3-FOF.pdf>. Recuperado el 03/07/2016.
- Van Soest, P.J., Mertens, D.R., Deinum, B. (1978). Preharvest factors influencing quality of conserved forages. *Journal of Animal Science*, 47, 712-720.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3589.

- Villareal, J.H., Arias, L.E., Sánchez, R.A., Tovar, M.R., Núñez, H.G. (2012). *Caracterización agronómica y nutricional del forraje de cereales de grano pequeño en los altos de Jalisco*. Semana Internacional de Agronomía. Durango, México. 1397- 1401.
- Wadhwa, M., Kaur, K., Sukhchain, N. (2010). Nutritional evaluation of new oats variety as fodder. *Indian Journal of Animal Sciences*. 80(10), 1011-1013.
- Weiss, W.P., Conrad, H.R., ST. Pierre, N.R. (1992). A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, 39, p.95-110.
- Zadoks, J., Changt, T., Konzak, C. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.

