

## Determinación de Nitrógeno Endógeno: Metabólico Fecal, Endógeno Urinario y Dérmico en Alpacas (*Vicugna pacos*) Cría Machos

*Determination of Endogenous Nitrogen: Metabolic Fecal, Endogenous Urinary and Dermal in Alpacas (*vicugna pacos*) Breeding Machos*

<sup>1</sup>José Luis Bautista Pampa

1Profesor Principal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Nacional del Altiplano. Av. Floral 1153, Puno 51, Perú.

Recibido: 14-09-18

Aceptado: 10-10-18

### Resumen

Los valores de excreciones de nitrógeno endógeno son de utilidad para establecer requerimientos de proteína para mantenimiento de animales. Los objetivos fueron: cuantificar nitrógeno metabólico fecal, nitrógeno endógeno urinario y nitrógeno endógeno dérmico en alpacas Huacaya crías machos. Se utilizaron henos de avena (*Avena sativa*), Ichu (*Stipa ichu*), alfalfa (*Medicago sativa*) y pre-mezcla minerales-vitaminas, se prepararon 3 dietas con 4, 6 y 8% proteína total. Tres alpacas machos Huacaya clase cría de 7 meses de edad, distribuidos al azar en Cuadrado Latino 3x3. Alimentación con dietas fue a 1.8 - 2% peso vivo en tres jaulas metabólicas. Consumo de dietas, colección de heces, orina y pérdidas dérmicas fue 24 h/día, se calcularon consumo nitrógeno (N) de dietas, N fecal, N urinario y N dérmico. Valores de nitrógeno endógeno se estimaron mediante regresión lineal a cero consumo de nitrógeno ( $X=0$ ): nitrógeno metabólico fecal, entre nitrógeno consumido  $g/100 g^{-1} MSC$  y nitrógeno fecal  $g/100 g^{-1} MSC$ . Nitrógeno endógeno urinario, entre consumo de nitrógeno  $g kg^{-1} W^{0.75}$  y nitrógeno urinario  $g kg^{-1} W^{0.75}$ . Nitrógeno endógeno dérmico, entre consumo de nitrógeno  $g kg^{-1} W^{0.75}$  y pérdida de nitrógeno dérmico  $g kg^{-1} W^{0.75}$ . Análisis de varianza de regresiones fue para interpretar valores de pérdidas endógenas. Resultados de nitrógeno metabólico fecal fueron  $0.3985 g NMF/100 g^{-1}$  de materia seca consumida (MSC) o  $3.985 g NMF/kg^{-1} MSC$ , nitrógeno endógeno urinario fue  $53.8 mg NEU kg^{-1} W^{0.75}$  y nitrógeno endógeno dérmico fue  $0.6 mg NED kg^{-1} W^{0.75}$ . Valores de NMF, NEU y NED en alpacas crías fueron significativos ( $P < 0.05$ ) y menores a otros rumiantes.

**Palabras claves:** Alpaca, nitrógeno endógeno, fecal, urinario, dérmico.

### Abstract

The values of endogenous nitrogen excretions are useful to establish protein requirements for animal maintenance. The objectives were: to quantify faecal metabolic nitrogen, endogenous urinary nitrogen and endogenous dermal nitrogen in male Huacaya alpacas. Oat hay (*Avena sativa*), Ichu (*Stipa ichu*), alfalfa (*Medicago sativa*) and pre-mix minerals-vitamins were used, 3 diets were prepared with 4, 6 and 8% total protein. Three male Huacaya alpaca breeding class of 7 months old, randomly distributed in Cuadrado Latino 3x3. Feeding with diets was at 1.8 - 2% live weight in three metabolic cages. Consumption of diets, stool collection, urine and dermal losses was 24 h / day, nitrogen (N) consumption of diets, fecal N, urinary N and dermal N were calculated. Endogenous nitrogen values were estimated by linear regression at zero nitrogen consumption ( $X = 0$ ): faecal metabolic nitrogen, between nitrogen consumed  $g / 100 g^{-1} MSC$  and fecal nitrogen  $g / 100 g^{-1} MSC$ . Endogenous urinary nitrogen, between nitrogen consumption  $g kg^{-1} W^{0.75}$  and urinary nitrogen  $g kg^{-1} W^{0.75}$ . Endogenous dermal nitrogen, between nitrogen consumption  $g kg^{-1} W^{0.75}$  and loss of dermal nitrogen  $g kg^{-1} W^{0.75}$ . Analysis of variance of regressions was to interpret values of endogenous losses. Faecal metabolic nitrogen results were  $0.3985 g NMF/100 g^{-1}$

*of dry matter consumed (MSC) or 3,985 g NMF kg<sup>-1</sup> MSC, endogenous urinary nitrogen was 53.8 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> and endogenous dermal nitrogen was 0.6 mg NED kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup>. Values of NMF, NEU and NED in baby alpacas were significant (P<0.05) and lower than other ruminants.*

**Key words:** Alpaca, endogenous, fecal, urinary, dermal nitrogen.

## Introducción

La proteína alimentaria sólo refleja parcialmente la proteína disponible para los rumiantes, debido a que la población microbiana ruminal la utiliza en primer lugar para su propio crecimiento, dejando únicamente la fracción no degradada de la misma disponible para el hospedador. Las bacterias, los protozoos y los hongos residentes en rumen y fermentan los constituyentes de los alimentos ingeridos por el rumiante para obtener la energía y el nitrógeno necesarios para su supervivencia. Las necesidades proteicas para mantenimiento del animal (para función fisiológica sin aumentar ni disminuir peso vivo) están compuestas por las pérdidas de nitrógeno endógeno, las cuales son: a) por tracto digestivo a través de las heces, b) en la orina y c) a través de la piel (Martínez 2002), éstas pérdidas de nitrógeno endógeno deben ser repuestas durante la alimentación para la nutrición de cada día de los animales. Los estudios sobre las pérdidas de nitrógeno endógeno de la alpaca son escasos, así Bautista (2009), reporta en alpacas de 1.5 años de edad, nitrógeno metabólico fecal (NMF) 3.1 g<sup>-1</sup>d y nitrógeno endógeno urinario (NEU) 1.5 g<sup>-1</sup>d; éstos valores fueron utilizados para determinar los requerimientos de proteína total para mantenimiento. Bautista (2015), determinó las pérdidas de nitrógeno en alpacas de 1.5 años de edad, cuyos valores fueron para NMF 11.78 g<sup>-1</sup>d, NEU 9.36 g<sup>-1</sup>d y nitrógeno endógeno dérmico (NED) 3.21 g<sup>-1</sup>d; los mismos fueron utilizados para determinar los requerimientos de proteína metabolizable para mantenimiento; y Ramírez et al. (2015), realizaron estudios sobre las pérdidas de nitrógeno endógeno en alpacas de 15 meses de edad y obtuvieron para NMF 0.4128 g 100 g<sup>-1</sup>de materia seca consumida/d (0.0911 g kg<sup>-1</sup>W<sup>0.75</sup>/d), NEU 0.2347 gKg<sup>-1</sup>W<sup>0.75</sup>/d y

el nitrógeno endógeno dérmico fue 0.0025 gkg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup>/d. Las pérdidas de NMF fueron originalmente, y aún se utilizan, en la determinación del valor biológico (Niffer 1979). La utilidad de la determinación de pérdidas de nitrógeno endógeno de la alpaca es para establecer los requerimientos de proteína total de mantenimiento de ésta especie, puesto que, éstas necesidades nutricionales son escasas. Y peor algunos como Van Saun (2006), calculó los requerimientos de proteína total para los camélidos sudamericanos, sin distinguir si son para alpacas o llamas, los mismos fueron aceptados, recalculados y publicados por la NRC (2007), para éstos cálculos utilizaron los datos de las especies de ovinos, caprinos y ganado bovino de carne; por lo que, los mismos autores indican que esos valores de requerimientos proteicos están con un grado de incertidumbre. Por lo tanto, existe la urgente necesidad de determinar las pérdidas de nitrógeno endógeno en alpacas; para lo cual los objetivos planteados fueron: cuantificar el nitrógeno metabólico fecal (NMF), nitrógeno endógeno urinario (NEU) y nitrógeno endógeno dérmico (NED) en alpacas Huacaya crías machos.

## Materiales y método

### Forrajes, Animales y Manejo

Los forrajes utilizados fueron henos de avena (*Avena sativa*), Ichu (*Stipa ichu*) en estado maduro (Genin et al. 1995) y de alfalfa (*Medicago sativa*) en floración. Se experimentaron en tres alpacas machos; raza Huacaya, cría de 7 meses de edad y color blanco. Se acondicionaron tres jaulas metabólicas, cuya superficie interna fue forrada con material plastificado para facilitar la colección de pérdidas dérmicas, provistos con

comederos y bebederos. Se molieron forrajes y con la pre-mezcla de minerales - vitaminas se prepararon tres dietas con 4, 6 y 8 % de proteína total (PT) (Tabla 1). La distribución de los animales fue al azar en las jaulas en Cuadrado Latino 3x3. La alimentación fue en 3 etapas, cada etapa fueron de 2 periodos: 7 días de período acostumbramiento para vaciar la digesta anterior y 7 días de período experimental, en éste periodo los arneses

fueron puestos en cuerpo de alpacas, donde se fijaron las bolsas y fundas colectoras de heces y orina. El suministro de dietas fue de 1.8 - 2% de peso vivo cada día, en horario de 8 a.m. El registro de consumo de dietas, recopilación de heces, orina y pérdidas dérmicas (pelo y fibra) fue cada 24 horas por día. El registro de peso vivo fue al inicio y final de cada periodo experimental, el peso metabólico ( $W^{0.75}$ ) fue con peso vivo final.

**Tabla 1.** Contenido de Nutrientes en Dietas (Base seca).

Insumos – Insumos	Dietas: Proteína Total								
	4			6			8		
	M kg	PT %	EM Mcal	M kg	PT %	EM Mcal	M kg	PT %	EM Mcal
Heno Ichu	87	3.1	206.9	60	2.1	142.7	45	1.6	107
Heno Avena	12	0.9	27	30.3	2.3	68.2	32	2.4	72.1
Heno Alfalfa	-	-	-	8.7	1.6	20.3	22	4	51.3
Minerales-vitaminas	1	-	-	1	-	-	1	-	-
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>233.9</b>	<b>100</b>	<b>6</b>	<b>231.2</b>	<b>100</b>	<b>8</b>	<b>230.4</b>

M = Mezcla de insumos, PT = Proteína total, EM = Energía metabolizable, Mcal = Megacaloría, EM = 0.5465\*EB (NRC, 1984).

## Análisis y Cálculos de Nitrógeno

Se analizaron: la humedad, la materia seca, el nitrógeno de forrajes, las heces, la orina, las pérdidas dérmicas (AOAC 996) y energía bruta de forrajes; con éstos datos se calcularon las concentraciones de nitrógeno: ofrecida, consumida, fecal, urinario y dérmico. Se determinaron nitrógeno digestible, balance y nitrógeno metabolizable.

El Diseño estadístico utilizado para medir el consumo de dietas, excreciones de heces, orina y perdidas dérmicas fue Cuadro Latino 3x3. Los valores de nitrógeno endógeno se estimaron mediante la regresión lineal a cero consumo de nitrógeno ( $X=0$ ): el nitrógeno metabólico fecal (NMF), entre el nitrógeno consumido  $g\ 100\ g^{-1}\ MSC$  (X) y el nitrógeno fecal  $g\ 100\ g^{-1}\ MSC$ . El nitrógeno endógeno urinario (NEU), entre el consumo de nitrógeno  $g\ kg^{-1}\ W^{0.75}$  (X) y el nitrógeno urinario  $g\ kg^{-1}\ W^{0.75}$  (Y). El nitrógeno

endógeno dérmico (NED), entre el consumo de nitrógeno  $g\ kg^{-1}\ W^{0.75}$  (X) y la pérdida de nitrógeno dérmico  $g\ kg^{-1}\ W^{0.75}$  (Y). Análisis de varianza de las regresiones se analizaron para interpretar los valores de pérdidas de NFM, NEU y NED, con  $\alpha = 0.05$  (Kuehl 2001).

## Resultados y discusión

### Nitrógeno Metabólico Fecal

El nitrógeno metabólico fecal (NMF) de alpacas Huacaya machos, crías alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% de proteína total (PT) con forrajes (henos de ichu, avena y alfalfa) fue 0.3985  $g\ NMF\ 100g^{-1}$  de materia seca consumida (MSC), equivalente a 3.985  $g\ NMF\ kg^{-1}\ MSC\ d^{-1}$  (Tabla 2), el NMF fue estimada por extrapolación a cero consumo de nitrógeno ( $X=0$ ) mediante la ecuación de regresión lineal:  $Y = 0.1207X + 0.3985$  (Gráfica 1); la regresión fue significativa ( $P < 0.05$ ), con un valor alto del coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.98$ ), indicando que el 98%

de las variaciones del nitrógeno fecal se debe a la variación del nitrógeno consumido.

El valor de 3.985 g NMF kg<sup>-1</sup> MSC del presente trabajo fue mayor, en comparación al valor de 3.34 g NMF kg<sup>-1</sup> de MSC en terneras alimentadas con dietas libres de nitrógeno (Cunningham y Brisson 1957). Sin embargo el resultado de NMF en éste estudio fue muy próximo a los valores de Bondi y Drori (1989),

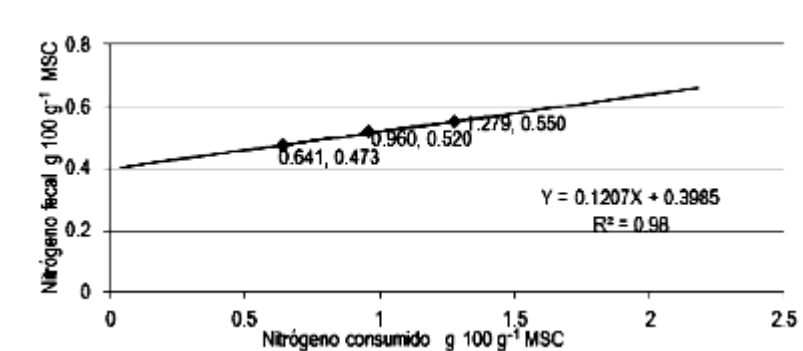
quienes indican que la cantidad de nitrógeno metabólico fecal es de 4 - 6 g kg<sup>-1</sup> MSC en rumiantes adultos depende de la cantidad de materia seca que pasa a través del tubo digestivo. El valor de 3.985 g NMF kg<sup>-1</sup> MSC del presente estudio fue ligeramente menor, éstas

variaciones podrían ser debido que las crías consumieron menor cantidad de materia seca de 298.2, 388.7 y 429.2 g d<sup>-1</sup> (Tabla 2), además la microfauna del intestino delgado tiene un efecto sobre las pérdidas de nitrógeno fecal, especialmente sobre la pérdida de NMF (Niffer 1979). Giráldez et al. (1997) reportan el NMF de 153 a 280 mg kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup>, aumentando con niveles crecientes de ingesta de materia orgánica digestible en ovejas merino de 3.5 años de edad; éstos valores son muy altos al de la alpaca (0.0949 g NMF kg<sup>-1</sup>W<sup>0.75</sup> o equivalente a 94.9 mg NMF kg<sup>-1</sup>W<sup>0.75</sup>) del presente estudio (Tabla 2). Sin embargo el NMF fue menor con 3.5 g NMF kg<sup>-1</sup> de MSC en roedores (*Thryonomys swinderianus*) alimentadas con dieta de 7.4% de proteína total (Adu et al. 2012).

**Tabla 2.** Nitrógeno Metabólico Fecal en Metabolismo Proteico in vivo de Alpacas Huacaya Machos Crías.

Variables	Dietas: Proteína Total %		
	4	6	8
Materia seca consumida (MSC) g d <sup>-1</sup>	298.2 <sup>c</sup>	388.7 <sup>b</sup>	429.2 <sup>a</sup>
Materia seca consumida g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup>	28.67 <sup>c</sup>	37.38 <sup>b</sup>	41.11 <sup>a</sup>
Ganancia de peso vivo g d <sup>-1</sup>	-23.81 <sup>c</sup>	-14.29 <sup>b</sup>	19.05 <sup>a</sup>
Ganancia de peso vivo g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup>	-2.2	-1.41	1.88
Materia seca excretada g d <sup>-1</sup>	135.8	186.4	186.4
Nitrógeno en heces %	1.05	1.09	1.28
Nitrógeno fecal g d <sup>-1</sup>	1.41	2.02	2.36
Nitrógeno fecal g/100 g MSC	0.473	0.52	0.55
Nitrógeno fecal g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup>	0.14	0.19	0.23
Nitrógeno metabólico fecal (NMF) g d <sup>-1</sup> (X=0)		0.944	
Nitrógeno metabólico fecal (NMF) g 100 g <sup>-1</sup> MSC (X=0)		0.3985	
Nitrógeno metabólico fecal (NMF) g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup> d <sup>-1</sup> (X=0)		0.0949	

(X = 0), Cero consumo de nitrógeno.



**Figura 1.** Regresión Lineal de Excreción de Nitrógeno Fecal sobre el Consumo de Nitrógeno en Alpacas.

Ramírez et al. (2015) obtuvieron 4.128 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC en alpacas machos de 15 meses de edad, alimentadas con dietas de 3, 5, 7 y 9% de proteína total (PT), este valor fue mayor, debido a que las alpacas consumieron más materia seca por día (317.68, 459.43, 550.58 y 569.53 g MSC  $\text{d}^{-1}$ ) de las dietas. En dos experimentos simultáneos se obtuvieron: 4.225 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC (Surco, 2016) y 1.49 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC (Choque 2016) para Llamas machos de un año y dos años de edad, respectivamente; con dietas de 4, 6 y 8% PT. En otras 4 investigaciones paralelas en camélidos, se determinaron: 4.201 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC (Condori 2017) y 3.35 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC (Curo 2017), en alpacas hembras de 3 y 4 años de edad, respectivamente, alimentadas en ambos casos con dietas de 4, 6 y 8% PT. En llamas, los resultados fueron: 4.72 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC (Mamani 2017) y 3.90 g NMF  $\text{kg}^{-1}$  MSC (Condori 2017), en llamas hembras de un año y dos años de edad, respectivamente, también alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PT. Estos resultados demuestran que, las excreciones de nitrógeno metabólico fecal fueron similares entre las alpacas y llamas machos y hembras, excepto para llamas machos de dos años de edad los valores fueron muy bajos (Choque 2016).

### Nitrógeno Endógeno Urinario

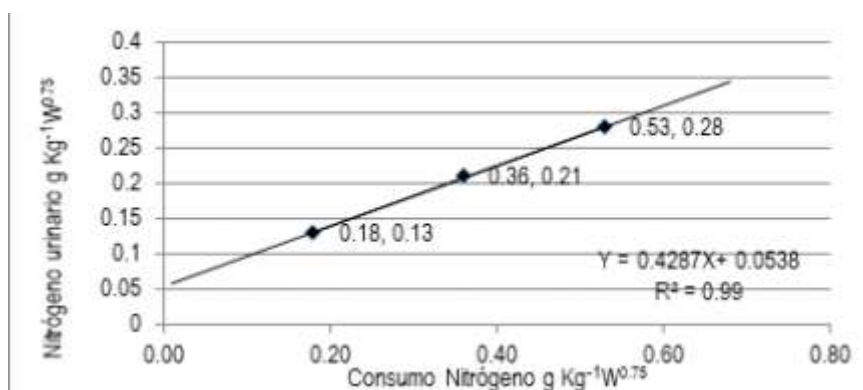
El nitrógeno endógeno urinario (NEU) fue 0.0538 g NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75} \text{d}^{-1}$  (53.8 mg  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75} \text{d}^{-1}$ ) o NEU  $\text{mg} = 53.8 \text{ kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$  en alpacas machos crías alimentadas con 4, 6 y 8% de proteína total (Tabla 3), el valor de NEU fue estimada a cero consumo de nitrógeno ( $X = 0$ ) con la ecuación de regresión lineal:  $Y = 0.4287X + 0.0538$  (Gráfica 2), la regresión fue significativa ( $P < 0.05$ ) y con un valor de coeficiente de determinación muy alto ( $R^2 = 0.99$ ); significa que, el 99% de la variaciones de excreción urinaria se debe al nitrógeno consumido. El NEU del presente trabajo fue muy bajo en comparación a las terneras alimentadas con dietas libres de nitrógeno, cuya excreción fue

186 mg NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.72}$  (Cunningham y Brisson 1957). Bondi y Drori, (1989) denominaron a la excreción de nitrógeno endógeno urinario como nitrógeno urinaria mínima ( $\text{MUN} = k \cdot \text{W}^{0.73}$ ), ésta es proporcional al peso metabólico ( $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.73}$ ) y no al peso vivo. El valor de 53.8 mg NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$  en alpacas del presente trabajo fue menor a los valores 80 a 200 mg NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.73}$  mencionados por Bondi y Drori (1989), asimismo fue muy bajo a los valores de NEU mencionados por Orscov (1988), quien indica que la cantidad de NEU excretado está en función de peso metabólico ( $\text{kg} \text{W}^{0.75}$ ) del animal y que se excretan de 300 a 400 mg de N por cada unidad de peso metabólico. La menor cantidad de NEU en alpacas crías, quizás se explicaría; porque éstos animales estuvieron en crecimiento acelerado en comparación a los otros trabajos realizados; así los reportes de NEU en ovejas merino, disminuyeron de 181 a 76 mg NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ , éstos valores también fueron mayores (Giraldez et al. 1997), lo que podría atribuirse al reciclaje de urea al intestino grueso potenciado por el aumento de la fermentación en el intestino grueso con niveles crecientes de materia orgánica digestible. Sin embargo el NEU en roedores (*Thryonomys swinderianus*) con dieta de 7.4% de proteína total, fue más alto con 257.5 mg NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75} \text{d}^{-1}$  (Adu et al. 2012).

**Tabla 3:** Nitrógeno Endógeno Urinario en Metabolismo Proteico in vivo de Alpacas Huacaya Machos Crías

Variables	Dietas: Proteína Total %		
	4	6	8
Orina excretada mL d <sup>-1</sup>	195.33	197.33	287.33
Nitrógeno en orina %	0.86	1.09	1.05
Nitrógeno urinario g d <sup>-1</sup>	1.37	2.14	2.95
Nitrógeno urinario g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup>	0.13	0.21	0.28
Nitrógeno endógeno urinario (NEU) g d <sup>-1</sup> (X=0)	0.5163		
Nitrógeno endógeno urinario (NEU) g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup> d <sup>-1</sup> (X=0)	0.0538		

(X = 0), Cero consumo de nitrógeno



**Figura 2:** Regresión Lineal de Excreción de Nitrógeno Urinario Sobre el Consumo de Nitrógeno en Alpacas Crías.

Los resultados de investigaciones de nitrógeno endógeno urinario en camélidos fueron: 234.7 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup>, alimentadas con dietas de 3, 5, 7 y 9% de PT en alpacas fue Huacaya machos de 15 meses de edad (Ramírez et al. 2015). En dos resultados simultáneos fueron: 183.3 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> (Surco, 2016) y 41 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> (Choque 2016) para llamas machos de 1 año y 2 años de edad, respectivamente con dietas de 4, 6 y 8% PT. En 4 investigaciones paralelas en camélidos sobre NEU, en alpacas se obtuvieron: 102 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> (Condori 2017) y 102 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> (Curo 2017), en alpacas hembras de 3 y 4 años de edad, respectivamente, alimentadas en ambos casos con dietas de 4, 6 y 8% PT. En llamas fueron: 27 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> (Mamani 2017) y 32.2 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> (Condori 2017), en llamas hembras de 1 año y 2 años de edad, respectivamente también alimentadas con

dietas de 4, 6 y 8% PT. Estos resultados demuestran que, las excreciones de NEU fueron valores altos entre alpacas machos de 15 meses y llamas machos de 1 año de edad; valores intermedios en alpacas hembras de 3 y 4 años y valores bajos en llamas machos de 2 años y llamas hembras de 1 y 2 años de edad, respecto al valor 53.8 mg NEU kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> d<sup>-1</sup> del presente estudio.

### Nitrógeno Endógeno Dérmico

El nitrógeno endógeno dérmico (NED) fue 0.0006 g NED kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> d<sup>-1</sup> (0.6 mg NED kg<sup>-1</sup> W<sup>0.75</sup> d<sup>-1</sup>), sin incluir el crecimiento de fibra de alpacas machos crías alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PT (Tabla 4). El nitrógeno endógeno dérmico fue estimado por extrapolación a cero de consumo de nitrógeno (X = 0), con la ecuación de regresión lineal: Y = 0.0006X + 0.0006 (Gráfica 3). La regresión fue significativa



( $P < 0.05$ ), con el coeficiente de determinación alto ( $R^2 = 0.73$ ), que indica el 73% de las variaciones de pérdida de nitrógeno dérmico se debe a las variaciones de consumo de nitrógeno en alpacas.

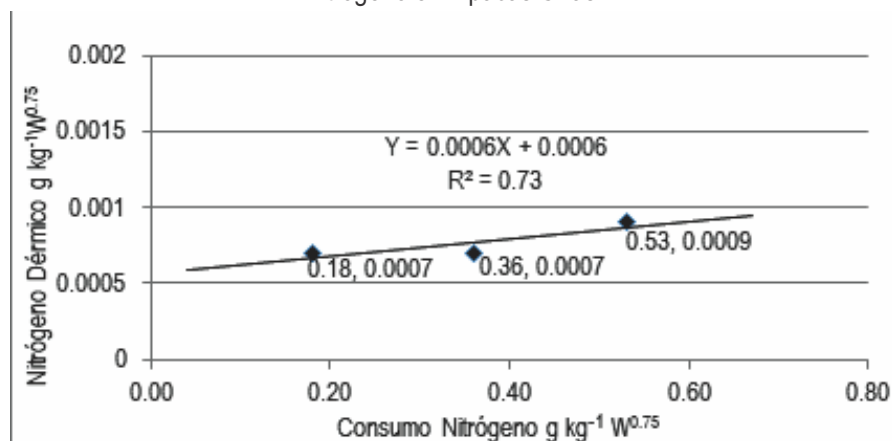
Las necesidades proteicas para reemplazar el nitrógeno perdido en la caspa (sudor, pelos y demás pérdidas queratinosas) y para la producción de lana también dependen del peso metabólico ( $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ ). Por razones prácticas, es conveniente tenerlas en cuenta como parte de

las necesidades de mantenimiento, a pesar de que la lana es un producto animal útil y no un producto de desecho, el valor de  $k$  (constante) en la ecuación de nitrógeno dérmico (mínima ( $\text{MDN} = k \cdot \text{W}^{0.73}$ )) debe ajustarse para incluir la caspa y la lana, los incrementos aproximados para la  $k$  en relación con las pérdidas de nitrógeno en la caspa y para la producción de lana son de 20 y 50, respectivamente (Bondi y Drori 1989).

**Tabla 4.** Nitrógeno Endógeno Dérmico en Metabolismo Proteico in vivo de Alpacas Huacaya Machos Crías.

Variables	Dietas: Proteína Total %		
	4	6	8
Pérdidas dérmicas g MS d <sup>-1</sup>	0.0467	0.0494	0.0566
Nitrógeno de pérdidas dérmicas %	15.56	15.16	15.1
Nitrógeno de pérdidas dérmicas g d <sup>-1</sup>	0.007	0.007	0.009
Nitrógeno de pérdidas dérmicas g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup>	0.0007	0.0007	0.0009
Nitrógeno endógeno dérmico (NED) g d <sup>-1</sup> (X=0)		0.0056	
Nitrógeno endógeno dérmico (NED) g kg <sup>-1</sup> W <sup>0.75</sup> d <sup>-1</sup> (X=0)		0.0006	

**Figura 3.** Regresión Lineal de Pérdida de Nitrógeno Dérmico sobre el Consumo de Nitrógeno en Alpacas Crías.



Las investigaciones sobre la evaluación de nitrógeno endógeno dérmico (NED) son escasas en los rumiantes y camélidos sudamericanos domésticos: alpaca y llama, al respecto en los últimos años se ha generado algunos trabajos de investigación; así Ramírez et al. (2015) obtuvieron 2.5 mg NED  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$  en alpacas Huacaya machos de 15 meses de edad, alimentadas con dietas de 4, 5, 7 y 9% de PT. En otros dos trabajos paralelos, Surco (2016) y Choque (2016) encontraron 17.6 y 8 mg NED  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$  en Llamas macho de 1 año y 2 años alimentados en ambos casos con 4, 6 y 8 % de PC, respectivamente. En cuatro resultados simultáneos en NED en camélidos, Condori (2017) y Curo (2017) estimaron: 0.3 y 1.7 mg NED  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$  en alpacas Huacaya hembras de 3 y 4 años de edad. Mamani (2017) y Condori (2017) determinaron 3 y 1.5 mg NED  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$  en llamas hembras de 1 y 2 años de edad, respectivamente, alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% PT en los cuatro trabajos. Estos resultados de nitrógeno endógeno dérmico en alpacas y llamas son mayores al presente trabajo, excepto para alpacas hembras de 3 años de edad, cuyo valor fue muy bajo (0.3 mg NED  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ ), las diferencias en nitrógeno endógeno dérmico en alpacas y llamas se debería al efecto sexo, edad y al estado fisiológico de los animales.

## Conclusiones

1. El nitrógeno metabólico fecal (NMF) de las alpacas Huacaya machos crías alimentadas con dietas de 4, 6 y 8% de proteína total, con insumos de henos de ichu, avena y alfalfa fue 0.3985 g NMF  $100 \text{ g}^{-1}$  de materia seca consumida (MSC), equivalente a 3.985 g NMF  $\text{kg}^{-1} \text{MSC}$ .
2. El nitrógeno endógeno urinario (NEU) fue 0.0538 g NEU  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ , equivalente a 53.8 mg  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ .
3. El nitrógeno endógeno dérmico (NED) fue 0.0006 g NED/ $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ , que equivale a 0.6 mg NED  $\text{kg}^{-1} \text{W}^{0.75}$ .

## Referencias bibliográficas

- Adu E K, Awotwi E K, Amaning-Kwarteng K and Awumbila B. 2012. Metabolic fecal nitrogen and digestibility estimates in the grasscutter (*Thryonomys swinderianus*). Trop Anim Health Prod 44:881–886.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1996. Official Methods of Analysis. (16th ed.). VA. USA.
- Bondi, A. y Drori, D. 1989. Nutrición animal; metabolismo proteico en los rumiantes. Zaragoza, España. Acribia,
- Bautista, J.L. 2009. Determinación de los requerimientos de proteína de mantenimiento y crecimiento de alpaca (*Lama pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis Doctoris Philosophiae. UNALM, Lima, Perú.
- Bautista, J.L. 2015. Determinación de los requerimientos de proteína metabolizable de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. Puno, Perú. Vol. 7, p. 47.
- Choque, Y. R. 2016. Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (*Lama glama*) de dos años de edad. Tesis de Grado, Medicina Veterinaria Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Condori, A. J. 2017. Determinación del nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas hembras de dos años de edad. Tesis Grado. Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A., Puno-Perú.
- Condori, K. E. 2017. Determinación de nitrógeno endógeno total: metabólico fecal, urinario y dérmico en alpacas (*Vicugna pacos*) hembras de tres años de edad. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.



- Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.
- Cunningham H M and Brisson G J. 1957. The endogenous urinary and metabolic fecal nitrogen excretions of newborn dairy calves. *Can. J. Anim. Sci.* Vol. 37:152-156.
- Curo, R. 2017. Pérdidas de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en alpacas hembras de cuatro años de edad. Tesis de Grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno -Perú.
- Genin D, Abasto P y Tichit M. 1995. Uso de los recursos forrajeros por llamas y ovinos. Wayra pampa. ORSTOM. CONPAC-IBTA, Oruro Bolivia. 131-134 p.
- Giráldez, F.J, Valdés C, Peláez R, Frutos P and Mantecón A.R. 1997. The influence of digestible organic matter and nitrogen intake on faecal and urinary nitrogen losses in sheep. *Livestock Production Science.* Vol. 51. Issues 1-3. 183-190.
- Kuehl, R. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. (2ª Edición). Barcelona, España. M.A. Toledo.
- Mamani, Y. W. 2017. Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (*Lama glama*) hembras de un año de edad. Tesis de Grado, Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A. Puno -Perú.
- Martinez, A. L. 2002. Necesidades proteicas y aportes de proteína en el ganado vacuno lechero. *Mundo Ganadero*, Eumedía S.A., Madrid, Nº 145, 147 y 148. Recuperado de <http://www.produccion-animal.com.ar>
- National Research Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. (Sith Revised Edition). Washington D.C. USA. The National Academy Press.
- National Research Council. 2007. Nutrient requirements of small ruminants sheep, goats, cervids an new world camelids. Washington D.C. USA. The National Academy Press.
- Nipper W A. 1979. The origin of the metabolic fecal nitrogen in relation to protein requirements. *Retrospective Theses and Dissertations.* 7299. <http://lib.dr.iastate.edu/rtd/7299>.
- Ramirez, A. S.; Bautista, P. J. L.; Gallegos, A. R. F.; Roque, H. B. y Luque N. 2015. Determinación del nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en alpacas. VII Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. FMVZ, U.N.A. Puno -Perú. Vol. 7, Pág. 434-438.
- Surco, N. 2016. Determinación de nitrógeno metabólico fecal, endógeno urinario y dérmico en llamas (*Lama glama*) machos de un año de edad. Tesis de Grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno -Perú.
- Van Saun, R. J. 2006. *Geeding fundaments for South American Camelids.* Department of Veterinary Science. Pensilvania State University. Lamalink. Com. 3(15:22-25).
- Orskov, E.R. 1988. *Nutrición proteica de los rumiantes.* Zaragoza, España. Edit. Acribia.