

Proteína cruda de la dieta y nitrógeno ureico sanguíneo en alpacas y ovejas

Crude protein level of the diet on blood urea nitrogen in alpaca and sheep

Mariela Huamán¹, Juan Olazábal-Loaiza^{1*}, Felipe San Martín²

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la proteína cruda (PC) de la dieta sobre el nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) en alpacas y ovinos. Se utilizaron cuatro alpacas macho (53 ± 5 kg) y cuatro ovinos macho (24 ± 4 kg) en un diseño experimental de sobrecambio con un arreglo de cuadrado latino 4x4 (4 animales, 4 periodos y 4 tratamientos). Las dietas contenían 7, 10, 13 y 16% de PC y fueron elaboradas a base de harina de alfalfa, pajilla de avena y suplemento comercial de minerales y vitaminas. El alimento fue ofrecido *ad libitum*. Cada periodo tuvo una etapa de adaptación (10 d) y otra de evaluación (4 d) y los animales estuvieron en corrales individuales. Se realizó una regresión lineal entre los niveles de N de la dieta (variable independiente) y los niveles de NUS (variable dependiente) para cada especie, se comparó el intercepto y la pendiente entre ambas mediante t-Student. En ambas especies el NUS se incrementó con el nivel de PC de la dieta ($p < 0.05$). Las alpacas con bajo nivel de PC en la dieta presentaron mayores niveles de NUS que los ovinos ($p < 0.05$); sin embargo, los ovinos mostraron mayor aumento de NUS por unidad de PC de la dieta ($p < 0.05$). Se concluye que, si bien existe una relación directa entre NUS y los niveles de PC de la dieta en ambas especies, las tasas de incremento son diferentes entre ellas.

Palabras clave: nitrógeno ureico sanguíneo, proteína cruda, alpaca, ovino

¹ Laboratorio de Zootecnia y Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

² Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

* E-mail: jolazaball@unmsm.edu.pe

Recibido: 22 de junio de 2022

Aceptado para publicación: 12 de enero de 2023

Publicado: 27 de febrero de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of dietary crude protein (CP) on blood urea nitrogen (BUN) in alpacas and sheep. Four male alpacas (53 ± 5 kg) and four male sheep (24 ± 4 kg) were used in an experimental design of overchange with a 4x4 Latin square arrangement (4 animals, 4 periods and 4 treatments). The diets contained 7, 10, 13 and 16% CP and were made from alfalfa meal, oat straw and a commercial supplement of minerals and vitamins. Feed was offered *ad libitum*. Each period had an adaptation stage (10 d) and an evaluation stage (4 d) and the animals were in individual pens. A linear regression was performed between the levels of N in the diet (independent variable) and the levels of BUN (dependent variable) for each species, comparing the intercept and the slope between both by means of t-Student. In both species, BUN increased with the level of CP in the diet ($p < 0.05$). Alpacas with a low level of CP in the diet presented higher levels of BUN than sheep ($p < 0.05$); however, sheep showed a greater increase in BUN per unit of CP in the diet ($p < 0.05$). It is concluded that, although there is a direct relationship between BUN and CP levels in the diet in both species, the rates of increase are different between them.

Key words: blood urea nitrogen, crude protein, alpaca, sheep

INTRODUCCIÓN

La Cordillera de los Andes se caracteriza por presentar condiciones climáticas adversas, como bajo nivel de oxígeno, fuerte radiación ultravioleta, gran altitud y amplia variación de la temperatura diurna (-20 a 14 °C); factores que influyen sobre la calidad y cantidad de las pasturas naturales (San Martín y Van Saun, 2014a), recurso alimenticio básico de la crianza de las alpacas (*Vicugna pacos*), el cual es compartido en muchos espacios con el ganado ovino.

La urea es el producto final del metabolismo del nitrógeno (N) en muchos mamíferos, incluidos los rumiantes (Wu, 2018). Estos la producen a partir del exceso de amoníaco en el rumen, donde se absorbe y llega al hígado para su síntesis. La urea circula como nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) y es excretado por los riñones en la orina, pero una parte regresa al rumen a través de la saliva y las paredes ruminales (Bach *et al.*, 2005), mecanismo denominado reciclaje de N.

El NUS está directamente influenciado por la cantidad de proteína cruda (PC) de la dieta (Tshuma *et al.*, 2019), y ha sido ampliamente estudiada en rumiantes, pudiendo ser utilizado como un predictor de la utilización del N (Kohn *et al.*, 2005), del consumo de N (Roseler *et al.*, 2010) y del rango de excreción del N en animales domésticos (Kohn *et al.*, 2005).

Las alpacas presentan mayor eficiencia en el uso de alimentos con bajo contenido de N que las ovejas, pudiendo estar relacionado al mayor reciclaje de N (Rúa *et al.*, 2017), menor capacidad de filtración glomerular y mayor capacidad para reciclar N en forma de urea, a través de la saliva o las paredes del compartimiento 1 (C1) (Lemosquet *et al.*, 1996). La literatura reporta que este reciclaje podría alcanzar hasta el 90% del NUS (Patra y Aschenbach, 2018). De esta manera puede entenderse que en el C1 existe más urea para hidrolizar que en el rumen y, por tanto, mayor síntesis proteica por parte de los microorganismos (San Martín y Van Saun, 2014b); sin embargo, en alpacas se conoce muy poco al res-

pecto, conociéndose solo su mayor eficiencia con alimentos de bajo contenido de PC (San Martín y Van Saun, 2014b) y el poseer mecanismos que conduzcan a un mejor uso del N en comparación con los ovinos (Kiani *et al.*, 2015). Por estas consideraciones se planteó el presente estudio, con el objetivo de evaluar comparativamente en alpacas y ovinos el efecto de varios niveles de proteína cruda en el alimento sobre el NUS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio y Animales

El estudio se realizó en las instalaciones del bioterio del Laboratorio de Zootecnia y Producción Agropecuaria de la Facultad de Medicina Veterinaria (FMV) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), en Lima, Perú. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética y Bienestar Animal (CEBA 2020-005) de la FMV-UNMSM.

Se utilizaron cuatro alpacas Huacaya, machos, adultos, de 54 ± 5 kg de peso vivo y cuatro ovinos criollos, machos, adultos, de 24 ± 4 kg de peso vivo. Los animales fueron alojados en corrales individuales de 1.5 x 1.2 m con piso emparrillado y facilidades de comedero y bebedero.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de sobrecambio, en un arreglo de cuadrado latino 4x4, con 4 individuos, 4 tratamientos y cuatro periodos para cada especie. Los tratamientos fueron cuatro niveles de proteína cruda (7, 10, 13 y 16%) y cada periodo tuvo una duración de 14 d con dos fases, una de adaptación (10 d) y otra de evaluación (4 d). Las dietas fueron elaboradas con harina de alfalfa, paja de avena y un suplemento comercial de minerales y vitaminas (Cuadro 1). El alimento fue ofrecido *ad libitum* una vez al día (08:00).

Muestreo y Análisis

Durante los cuatro días de la fase de evaluación se tomaron muestras de sangre en ayunas de la vena yugular en tubos sin anticoagulante de 5 ml. La muestra obtenida se centrifugó a 3500 rpm por 15 min. El suero se almacenó a una temperatura de -20°C .

Los sueros fueron analizados con un kit comercial de urea (método modificado de Berthelot) (Fawcett y Scott, 1960) del Laboratorio Wiener. Se utilizó 10 μl de muestra y 1000 μl de cada reactivo, incubándose a 37°C por 5 min. Luego se procedió a leer la absorbancia en un espectrofotómetro Thermo Spectronic Genesys 20 4001/14 a una longitud de onda de 540 nm.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron mediante el procedimiento MIXED de SAS 9.2, según el modelo $Y = \mu + P + A + N + B + (N \times B) + E$, donde Y es la variable dependiente, μ es la media general, P es el efecto del periodo, A es el efecto del animal, N es el efecto del nivel de N en la dieta, B es el efecto de la especie, $N \times B$ es la interacción entre N en la dieta nivel y especie, y E es el error residual.

El nivel de N en la dieta y la especie se consideraron efectos fijos, y el animal de experimentación y el periodo se consideraron efectos aleatorios. Se utilizaron contrastes polinomiales para el efecto del nivel de N así como para las interacciones especie x nivel N para evaluar los efectos del tratamiento. Las comparaciones entre especie dentro de cada nivel de N en la dieta se realizaron utilizando pruebas t cuando al menos un contraste que evaluaba la interacción especie x nivel de N en la dieta era significativo. Las pruebas t se realizaron para asegurar que las interpretaciones de los contrastes fueran claras. Las diferencias se consideraron significativas en $p < 0.05$.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

	N dietario (g/100 g MS)			
	7	10	13	16
Ingredientes, %MS				
Harina de alfalfa	27.0	51.0	75.0	99.0
Paja de avena	72.0	48.0	24.0	0.0
Suplemento comercial	1.0	1.0	1.0	1.0
Composición química, %MS				
Materia seca	92.0	92.0	92.0	91.0
Materia orgánica	82.4	80.4	78.5	81.6
Proteína cruda	7.1	10.4	13.4	16.2
Fibra cruda	34.7	31.3	27.8	24.4
Extracto etéreo	1.7	1.6	1.6	1.5
Ceniza	17.6	19.6	21.5	18.4
Extracto libre de nitrógeno	38.9	37.1	35.7	39.6

Se realizó una regresión lineal entre los niveles de N de la dieta (variable independiente) y los niveles de NUS (variable dependiente) para cada especie. Además, se determinó el intercepto y la pendiente, comparándose estos parámetros entre ambas especies para lo cual se utilizó la prueba de t-Student.

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio de nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) en las dos especies en estudio. En ambos casos se observó una relación lineal ($p < 0.05$) entre el contenido de proteína cruda (PC) de la dieta y los niveles de NUS. El rango en alpacas fue de 13.53-20.54 mg/dl y en ovinos de 11.61-20.18 mg/dl. Las alpacas presentaron mayores niveles de NUS que las ovejas a bajos niveles de PC ($p < 0.05$), mientras que ambas especies tuvieron los mismos ($p > 0.05$) niveles de NUS a altos niveles de PC.

En la Figura 1 se presenta la relación entre la PC de la dieta y el NUS en alpacas y ovinos. El análisis de varianza de la regresión fue significativo ($p < 0.05$) para ambas especies, con un coeficiente de determinación de 0.98 y 0.99 para alpacas y ovejas, respectivamente. Las alpacas presentaron un mayor ($p < 0.05$) intercepto y una menor ($p < 0.05$) pendiente que los ovinos (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

Los resultados de este experimento confirman la información existente en ovinos (Sunny *et al.*, 2007), búfalos (Javaid *et al.*, 2008) y vacas (Kauffman y St-Pierre, 2001) de que el principal factor que influye en el NUS es el nivel de PC de la dieta. En el presente estudio se observa que el nivel de NUS se incrementa directamente en función del contenido de PC de la dieta. Por otro lado, se demuestra que las alpacas tienen mayores niveles de NUS que en las ovejas, pero solo

Cuadro 2. Nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) en alpaca y ovino (mg/dl) sometidos a cuatro dietas con diferente contenido de proteína cruda

	% PC en la dieta				SEM	Valor p	P		
	7	10	13	16			E-L ¹	E-Q ¹	E-C ¹
Alpaca	13.5 ^{a,u}	16.8 ^{b,w}	18.6 ^{b,c,y}	20.5 ^{c,z}	14.15	<0.01	<0.001	0.2725	0.4722
Ovino	11.6 ^{a,v}	14.7 ^{b,x}	17.7 ^{c,y}	20.2 ^{d,z}			<0.001	0.5143	0.8109

^{a,b,c,d} Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencia estadística (p<0.05)

^{u,v,w,x,y,z} Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia estadística (p<0.05)

¹ E-L: contraste lineal, E-Q: contraste cuadrático, E-C: contraste cúbico

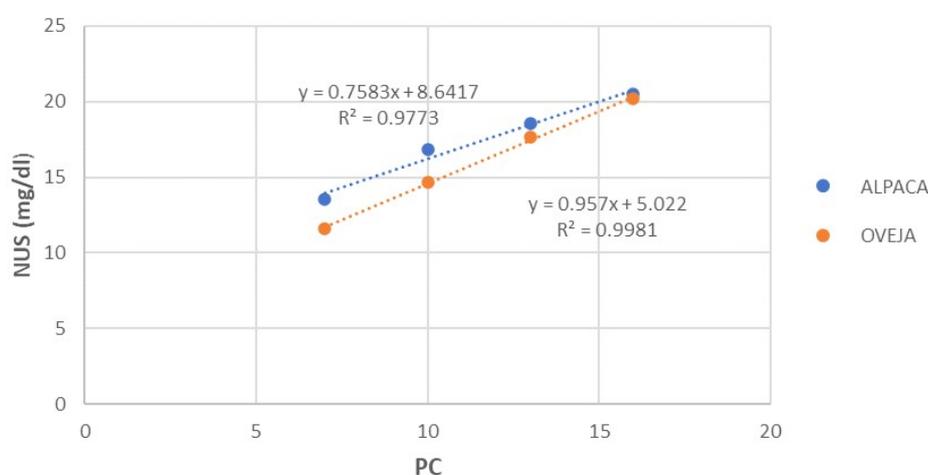


Figura 1. Relación entre proteína cruda (PV) en la dieta y nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) en alpacas y ovinos

a bajo contenido de PC, diferencia que desaparece a mayores contenidos de PC. Este resultado corrobora lo señalado por otros autores que las alpacas presentan características digestivas y metabólicas diferentes a las ovejas (San Martín y Van Saun, 2014b) que se hacen notorias cuando se recibe alimentos de baja calidad.

Se bien se indica que el principal factor que influye en los niveles de NUS es el contenido de PC de la dieta (Baker *et al.*, 1995; Roseler *et al.*, 2010), otro aspecto de importancia es también el contenido energético del alimento (Calsamiglia *et al.*, 2010). No obs-

Cuadro 3. Intercepto y pendiente de la recta de nitrógeno ureico sanguíneo en alpaca y ovino

	Alpaca	Ovino
Intercepto	10.93 ^a	4.95 ^b
Pendiente	0.67 ^a	1.01 ^b

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencia estadística (p<0.05)

tante, en el presente estudio no se consideró el contenido de energía de la dieta, pudiendo ser este un aspecto que pudo influir por el diferente nivel de consumo entre especies;

sin embargo, se ofreció el mismo alimento a las dos especies.

En comparaciones entre ruminantes, bajo las mismas condiciones y dietas se observa que algunos tienen mayores niveles de NUS que otros. Un ejemplo son los búfalos que tienen niveles de NUS superiores a las vacas (Mehra *et al.*, 1976), posiblemente debido al tipo de bacterias y a la mayor cantidad de protozoarios en el rumen de los búfalos (Langer *et al.*, 1968).

En dietas con bajo contenido de PC, el reciclaje de urea es de vital importancia, ya que permite la provisión de amonio para los microorganismos y debido a que el N obtenido participa en la síntesis de proteína y en la formación de proteína microbiana (Abdoun *et al.*, 2006), asegurando una digestión y utilización eficiente de alimentos con bajo contenido proteico (Kiani *et al.*, 2015). Este aspecto puede estar presentándose en las alpacas, ya que estos animales se han adaptado al ambiente andino, que le han permitido desarrollar mecanismos tales como un mayor reciclaje de urea (Rúa *et al.*, 2017) y mayor rango de filtración glomerular (Davies *et al.*, 2007); mecanismos que pueden explicar que esta especie muestre mayores niveles de NUS a bajos niveles de PC en la dieta.

CONCLUSIONES

- Alpacas alimentadas con dietas con bajo contenido de proteína cruda presentan mayores niveles de nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) que los ovinos.
- A medida que se incrementa el nivel de proteína cruda de la dieta, los ovinos presentan una tasa de incremento mayor de NUS que las alpacas.

LITERATURA CITADA

1. **Abdoun K, Stumpff F, Martens H. 2006.** Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. *Anim Health Res Rev* 7: 43-59. doi: 10.1017/S1466252307001156
2. **Bach A, Calsamiglia S, Stern M. 2005.** Nitrogen metabolism in the rumen. *J Dairy Sci* 88(Supl 1): E9-E21. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7
3. **Calsamiglia S, Ferret A, Reynolds CK, Kristensen NB, van Vuuren AM. 2010.** Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal* 2010 4: 1184-1196. doi: 10.1017/S1751731110000911
4. **Davies HL, Robinson TF, Roedor BL, Sharp ME, Johnston NP, Christensen AC, Schaalje GB. 2007.** Digestibility, nitrogen balance and blood metabolites in llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) fed barley or barley alfalfa diets. *Small Rum Res.* 73: 1-7. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.10.006
5. **Fawcett J, Scott J. 1960.** Rapid and precise method for the determination of urea. *J Clin Pathol* 13: 156-159. Doi: 10.1136/jcp.13.2.156
6. **Javaid A, Nisa M, Sarwar M, Aasif Shahzad M. 2008.** Ruminant characteristics, blood pH, blood urea nitrogen and nitrogen balance in Nili-ravi buffalo (*Bubalus bubalis*) bulls fed diets containing various levels of ruminally degradable protein. *Anim Biosci* 21: 51-58. doi: 10.5713/ajas.2008.70025
7. **Kauffman AJ, St-Pierre NR. 2001.** The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. *J Dairy Sci* 84: 2284-2294. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74675-9
8. **Kiani A, Alstrup L and Nielsen M. 2015.** Differential metabolic and endocrine adaptations in llamas, sheep, and goats fed high-and low-protein grass-based diets. *Dom Anim Endocrinol* 53: 9-16. doi: 10.1016/j.doma-niend.-2015.03.006
9. **Kohn RA, Dinneen MM, Russek-Cohen E. 2005.** Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. *J Anim Sci* 83: 879-889. doi: 10.2527/2005.834879x

10. **Langer PN, Sidhu GS. and Bhatia IS. 1968.** A study of the microbial population in the rumina of buffalo (*Bos bubalis*) and zebu (*Bos indicus*) on a feeding regimen deficient in carbohydrate. *Ind J Vet Sci* 38: 333-336.
11. **Lemosquet S, Dardillat C, Jailler M, & Dulphy P. 1996.** Voluntary intake and gastric digestion of two hays by llamas and sheep: Influence of concentrate supplementation. *J Agric Sci* 127: 539-548. doi: 10.1017/s0021859600078771
12. **Mehra UK, Nath S, Ranjhan K, Chetala U. 1976.** Note on the difference between blood urea of buffalo and cow calves. *J Agric Sci* 86: 45-48. 10.1017/S0021859600064959
13. **Patra AK, Aschenbach JR. 2018.** Ureases in the gastrointestinal tracts of ruminant and monogastric animals and their implication in urea-N/ammonia metabolism: a review. *J Adv Res* 13: 39-50. doi: 10.1016/j.jare.2018.02.005
14. **Roseler DK, Ferguson JD, Sniffen CJ, Herrema J. 2010.** Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *J Dairy Sci* 76: 525-534. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(93)77372-5
15. **Rúa M, Olazábal L, San Martín H. 2017.** Excreción de derivados de purinas en función de la relación fibra/proteína en la dieta de Alpacas (*Vicugna pacos*). *Rev Inv Vet Perú* 28: 62-70. doi: 10.15381/riivep.v28i1.12936
16. **San Martín F, Van Saun RJ. 2014a.** Feeding management systems. In: Cebra C, Anderson D, Tibary A, Van Saun R, Johnson LR (eds). *Llama and alpaca care: medicine, surgery, reproduction, nutrition, and herd health*. Canada: Elsevier. p 91-100. doi: 10.1016/C2009-0-41982-2
17. **San Martín F, Van Saun RJ. 2014b.** Applied digestive anatomy and feeding behavior. In: Cebra C, Anderson D, Tibary A, Van Saun R, Johnson LR (eds). *Llama and alpaca care: medicine, surgery, reproduction, nutrition, and herd health*. Canada: Elsevier. p 51-58. doi: 10.1016/C2009-0-41982-2
18. **Sunny NE, Owens SL, Baldwin RL, El-Kadi SW, Kohn RA, Bequette BJ. 2007.** Salvage of blood urea nitrogen in sheep is highly dependent on plasma urea concentration and the efficiency of capture within the digestive tract. *J Anim Sci* 85: 1006-1013. doi: 10.2527/jas.2006-548
19. **Tshuma T, Fosgate GT, Hamman R, Holm DE. 2019.** Effect of different levels of dietary nitrogen supplementation on the relative blood urea nitrogen concentration of beef cows. *Trop Anim Health Prod* 51: 1883-1891. doi: 10.1007/s11250-019-01883-5
20. **Wu G. 2018.** Principles of animal nutrition. CRC Pres. 772 p.