

Characterization of macromineral content in the blood of Blackbelly sheep under free grazing conditions in Ecuadorian Amazon

Caracterización de las concentraciones de macrominerales en sangre de ovejas Blackbelly para condiciones de pastoreo libre en la Amazonía Ecuatoriana

J.C. Moyano^{1,7}, W. Caicedo^{1,7}, J.C. López^{1,7}, J.C. Vargas^{1,7}, I. Barbona^{2,7}, P.R. Marini^{3,4,7}
and M.L. Fischman^{5,6,7}

¹Universidad Estatal Amazónica-Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica - Ecuador.

²Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Rosario – Argentina

³Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional de Rosario – Argentina.

⁴Consejo de Investigaciones (CIC-UNR)

⁵Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Física Biológica, Laboratorio de Calidad Espermática y Criopreservación de Gametas, Buenos Aires, Argentina.

⁶Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Investigación y Tecnología en Reproducción Animal (INITRA), Buenos Aires, Argentina.

⁷Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL).

Email: juancamt@hotmail.com

The objective of this study was to characterize the serum concentration of macrominerals of Blackbelly sheep under free grazing conditions in Ecuadorian Amazon. Twenty-two Blackbelly sheep, belonging to the Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA) and raised under the same environmental, nutritional and managerial conditions, were studied during the summer period April-June. Blood samples were taken from the coccygeal vein 30 days before lambing, at lambing time and at 30 and 60 days after lambing. Mg²⁺, Na and P variables showed no significant differences ($P \geq 0.05$) with time. However, Ca²⁺ showed significant differences ($P < 0.05$), with changes at lambing time and 30 days after. In conclusion, there is a serum deficit of Ca²⁺ and P in the studied population of Blackbelly sheep under free grazing conditions of Ecuadorian Amazonia during all the period. Supplementation should be selective for these minerals.

Key words: *nutrition, sheep, postparturition, blood serum*

Blackbelly sheep breed is highly relevant for meat production in Ecuadorian Amazon, because it adapted to extreme conditions without damaging the native flora and fauna of the region, despite it is a non-native introduced species in the East Ecuador. This fact is evidenced in their mortality, precocity and reproductive fertility (multiple parturitions), medium size and productive longevity (Mendives 2007). However, besides environmental adaptation, animals need balanced and adequate levels of all nutrients for their health and good production in any physiological step (Brakat *et al.* 2013). The nutritional status of this small ruminant influences, in a direct manner, on their reproductive and productive activity (Viñoles *et al.* 2002). Numerous authors have demonstrated that one of the problems of grazing ruminants is that it does not cover protein, energy and mineral requirements which affect the normal development

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la concentración sérica de macrominerales en ovejas Blackbelly criadas en condiciones de pastoreo libre en la Amazonía Ecuatoriana. Se estudiaron 22 ovejas de la raza Blackbelly pertenecientes a la majada del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA), criadas en las mismas condiciones ambientales, nutricionales y de manejo en época de verano (abril-julio). Se tomaron muestras de sangre de la vena coccígea 30 días antes del parto, al momento del parto y a los 30 y 60 días post parto. Las variables Mg²⁺, Na y P no presentaron diferencias ($p \geq 0,05$) en el tiempo. La variable Ca²⁺ presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), mostrando cambios al parto y 30 días después del mismo. En conclusión, existe un déficit sérico de Ca²⁺ y P en la población de ovejas Blackbelly estudiadas en condiciones de pastoreo libre en la Amazonía Ecuatoriana en todo el período. La suplementación debería ser selectiva para estos minerales.

Palabras clave: *nutrición, ovinos, posparto, suero sanguíneo*

La raza ovina Blackbelly es de suma relevancia en la producción de carne en la región de la Amazonía Ecuatoriana, ya que se adaptó a las condiciones extremas sin afectar flora y fauna nativas pese a que es una especie introducida no endémica en el oriente ecuatoriano. Este hecho se ve reflejado en su menor mortalidad, precocidad y fertilidad reproductiva (partos múltiples), tamaño mediano y longevidad productiva (Mendives 2007). Sin embargo, más allá de la adaptación al ambiente, los animales necesitan niveles balanceados y adecuados de todos los nutrientes para su salud zoonosaria y para la producción en cualquier etapa fisiológica (Barakat *et al.* 2013). El estado nutricional del pequeño rumiante repercute de manera directa en su actividad reproductiva y productiva (Viñoles *et al.* 2002). Numerosos autores han demostrado que uno de los problemas de los rumiantes en pastoreo es que no llega a cubrir las necesidades proteicas, energéticas ni minerales, lo que afecta el normal desarrollo de sus

of metabolic processes (Mc Dowell 2003) because they exclusively depend on the content of forages to satisfy their nutritional requirements (Morales *et al.* 2007). Imbalance in mineral contents could produce deficiency or toxicity signs (Underwood and Suttle 2003). It is also necessary to consider that forage source normally presents fluctuations in quantity and quality throughout the year.

The importance of the present study was to characterize, through blood analysis, the referential values of the elements in order to determine their concentration during gestation and lactation stages.

The objective of the present study was to characterize serum concentration of macrominerals of Blackbelly sheep under free grazing Ecuadorian Amazon conditions.

Materials and Methods

Design and sheep population. Twenty-two Blackbelly sheep, belonging to the Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA) and raised under the same climate, nutritional and managerial conditions, were studied. This center is located in Arisemena Tola canton of Napo province (Ecuador), kilometer 44 via Puyo-Tena (0.10 14.325' S; O 77o 53.144' W), with an area of 42 ha of grasses. The environment is tropical, with 4000 mm/year of rain, 80 % of mean relative humidity and temperatures between 15 and 25 °C. Its topography is characterized by slightly undulated relief without pronounced slopes, distributed in natural plateaus of great extension. Altitude varied between 380 – 990 m.o.s.l. In general, soils have a diverse composition, but the majority of them were originated from fluvial sediments from the Andes region of the country. The study was conducted during the summer season, in the period between April and July.

Management, feeding and health. Mean animal weight was 37±2 kg (mean ± standard deviation) and all had simple lambing and consumed only pastures under free grazing conditions (table 1).

The health management frequently used for sheep in CIPCA was applied. It includes deworming, ticks and fly control, and aftosa fever, antimicrobial and antibacterial vaccination.

Collecting and processing samples. Samples of blood were taken from the coccygeal vein at 30 days

procesos metabólicos (Mc Dowell 2003) debido a que dependen exclusivamente del contenido de los forrajes para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Morales *et al.*, 2007). Un desbalance en el contenido de minerales se podría manifestar como deficiencia o toxicidad (Underwood y Suttle 2003). También debe considerarse que el recurso forrajero presenta fluctuaciones a lo largo del año, tanto en cantidad como en calidad.

La importancia del estudio que se llevó a cabo mediante el análisis en sangre para caracterizar los valores referenciales de cada elemento fue con el propósito de determinar las concentraciones en las etapas de gestación y lactancia.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la concentración sérica de macrominerales en ovejas Blackbelly criadas en condiciones de pastoreo libre en la Amazonía Ecuatoriana.

Materiales y Métodos

Diseño y población de estudio. Se estudiaron 22 ovejas de la raza Blackbelly pertenecientes a la majada del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA), criadas bajo las mismas condiciones ambientales, nutricionales y de manejo. Dicho centro está ubicado en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo (Ecuador), en el kilómetro 44 vía Puyo-Tena (01° 14.325' S; 077° 53.134' W) y dispone de una superficie de 42 ha de pastos. El ambiente es tropical con precipitaciones de 4000 mm/año, una humedad relativa promedio del 80% y temperaturas que oscilan entre los 15 y los 25 °C. Su topografía se caracteriza por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión. La altitud varía entre los 580 y 990 msnm. Si bien los suelos presentan una composición muy heterogénea, la mayoría se origina en sedimentos fluviales procedentes de la región andina del país. El estudio se realizó en época de verano (abril – julio).

Manejo, alimentación y sanidad. Los animales presentaron un peso corporal promedio de 37±2 kg (media ± desviación estándar), todos ellos tuvieron partos simples. La alimentación del rebaño ovino en estudio fue de pastoreo libre, con pastizales como base (tabla 1).

Se aplicó el manejo sanitario habitualmente empleado para el rodeo ovino del CIPCA. El mismo incluye desparasitaciones, baños contra garrapatas y moscas, vacunaciones para fiebre aftosa, antimicrobico, y antibacterial.

Recolección y procesamiento de muestras. Las muestras

Table 1. Chemical composition of pastures

Pastures	DM, kg/ha/year	Protein, %	Phosphorus, %	IVD, %
<i>Brachiaria decumbens</i>	17.585	10.60	0.18	44.4
<i>Brachiaria brizantha</i>	26.970	10.01	0.18	44.1
<i>Arachis pintoi</i>	6212	19.40	0.21	59.2
<i>Desmodium ovalifolium</i>	5890	16.30	0.16	39.6
<i>Stylosanthes guianensis</i>	15.237	21.40	0.40	48.7

before lambing, at lambing time and at 30 and 60 days after lambing, centrifuged (3000 rpm x 15-30 minutes) and the separated plasma was stored at -20 °C until processing. A molecular spectrophotometer (Thermo Scientific spectrophotometer GENESIS 10 UV series; Human commercial kit) was used to determine P and Mg²⁺ concentration, whereas an electrolytic analyzer (AIDICOM, AC 9801; AUDICOM specific reagents) was used to determine Na⁺ and Ca²⁺.

Data analysis. Descriptive statistics of data was applied, calculating mean and standard error of the studied variables. Moreover, graphs of mean profiles were made in order to supervise and LOESS fit to visually analyze the trajectory of variables during time. Analysis of variance and HSD multiple comparison tests of Tukey-Kramertt HSD ($p \leq 0.05$) were applied to determine the existence of significant differences between the evaluated periods. All the statistical analysis was carried out with the use of JMP program, version 5.0 for Window (JMP 2003).

Results and Discussion

Recommendations for feeding sheep in tropical and warm regions are generally based on the standards established in temperate climate. Several factors may influence on the nutrient requirements of animals, such as breed, sex, age, body weight, and environmental conditions (NRC 2007). Mineral requirements of ovine have received great attention due to the necessity of precise prediction of their requirements, in order to minimize mineral excretions and environmental contamination. Therefore, it is necessary to study native or naturalized animals, adapted to their original conditions through natural selection, and currently considered as valuable genetic materials (Araujo *et al.* 2010).

Table 2 shows the results of macromineral content in the blood serum of Blackbelly sheep before, during and after gestation. Regarding Mg²⁺ concentration, there were no differences ($P \geq 0.05$) among the different stages. Values obtained are within the normal ranges for Blackbelly breed (2.5 – 3.5 mg/L).

Ca²⁺ concentration showed significant differences ($P \leq 0.05$) during time, showing changes at the moment of lambing and 30 days after. All values obtained are lower than the normal ranges needed for sheep (11 –

de sangre se tomaron de la vena coccígea 30 días antes del parto, al momento del parto y a los 30 y 60 días post parto, centrifugadas (3.000 rpm x 15-30 min) y el plasma separado fue almacenado a -20 °C hasta su procesamiento. Se determinaron las concentraciones de fósforo (P) y magnesio (Mg²⁺) por espectrofotometría molecular (Espectrofotómetro Thermo Scientific, Serie GENESYS 10 UV; kit comercial HUMAN) y las de sodio (Na⁺) y calcio (Ca²⁺) mediante un analizador electrolítico (AUDICOM, AC 9801; reactivos específicos AUDICOM).

Análisis de datos. Se realizó la estadística descriptiva de los datos, calculando los promedios y errores estándar de las variables estudiadas. Además, se realizaron gráficos de perfiles promedios para inspeccionar y ajustes LOWESS a fin de analizar visualmente la trayectoria de las variables en el tiempo. Se estudió la existencia de diferencias significativas entre los distintos períodos evaluados mediante la aplicación de análisis de la variancia a un criterio de clasificación y pruebas de comparaciones múltiples HSD de Tukey-Kramer HSD ($p \leq 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa JMP, versión 5.0 para Windows (JMP®, 2003).

Resultados y Discusión

Las recomendaciones para alimentar las ovejas en regiones tropicales y cálidas se basan en gran medida en los estándares establecidos para climas templados. Varios factores pueden influir en las necesidades de nutrientes de los animales: raza, sexo, edad, peso corporal y condiciones ambientales (NRC 2007). Las necesidades de minerales en los ovinos han recibido una gran atención debido a que la predicción precisa de los requisitos de los mismos, podría minimizar la excreción de minerales y la contaminación ambiental. Por lo tanto, se hace necesario estudiar animales nativos o naturalizados, caracterizados como animales rústicos adaptados a sus condiciones originales a través de la selección natural y considerados actualmente como valiosos materiales genéticos (Araújo *et al.* 2010).

En la tabla 2 se muestran los resultados de macrominerales obtenidos en suero sanguíneo de ovejas Blackbelly, antes, durante y después de la gestación. En relación con el magnesio (Mg²⁺), no se evidenció diferencias ($p \geq 0,05$) en los diferentes estados. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos normales para los ovinos de la raza Blackbelly (2.5-3.5 mg/L).

La variable calcio (Ca²⁺) presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el tiempo, mostrando cambios

Table 2. Values obtained from the studied macroelements before, during and after gestation Blackbelly sheep

Macroelements	Time (days)			
	-30	Parturition	+30	+60
Mg (mg/L)	2.58 ± 0.8 ^a	2.63 ± 0.5 ^a	2.57 ± 0.6 ^a	2.67 ± 0.4 ^a
Ca ⁺ (mg/L)	2.22 ± 0.5 ^{ab}	2.40 ± 0.2 ^a	2.12 ± 0.3 ^b	2.27 ± 0.2 ^{ab}
Na ⁺ (nmL/l)	137.8 ± 14.6 ^a	145.8 ± 20.6 ^a	141.1 ± 20.5 ^a	136.6 ± 8.3 ^a
P (mg/L)	4.17 ± 1.1 ^a	3.97 ± 1.3 ^a	4.23 ± 1.3 ^a	3.8 ± 1.4 ^a

^{ab}Different letters in the same line indicate significant differences ($P \leq 0.05$)

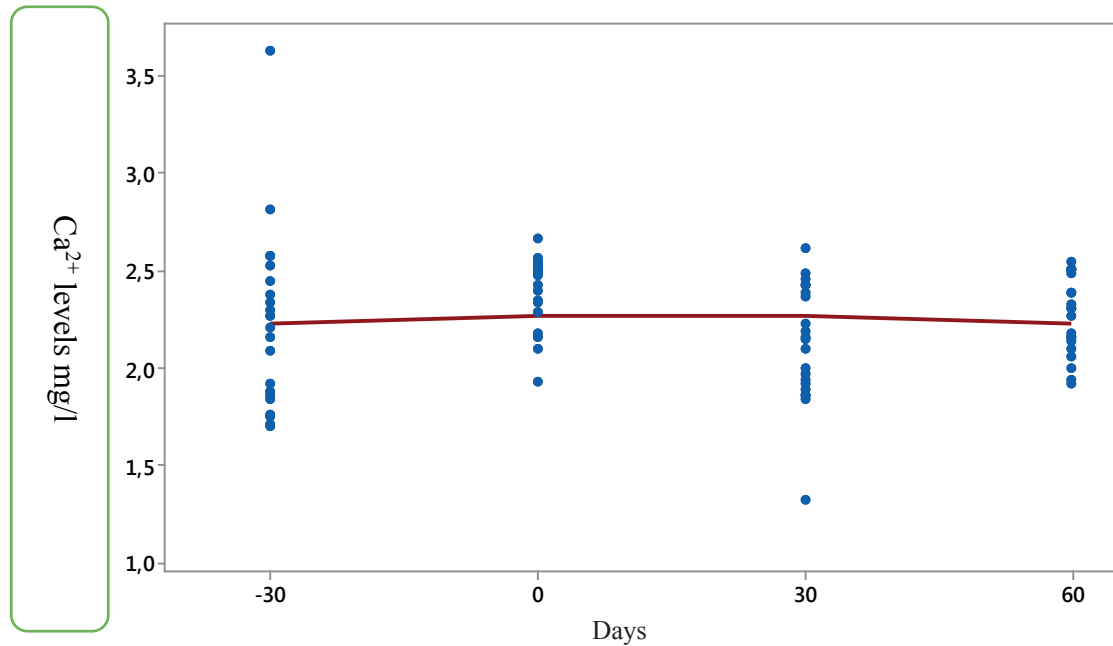


Figure 1. Fit curve for calcium (Ca) in relation to time

12 mg/L) during the studied period.

The value 0.8 was used as softening parameter. It seems like there is no change of Ca⁺ values throughout time. Nevertheless, the LOWESS fit is not descriptive, which means that it does not evidence the statistical significance throughout time.

Variable Na⁺ showed no significant differences ($P \geq 0.05$) in the time. The obtained values were normal for sheep population (139-152 mmol/L).

Variable P showed no significant differences ($P \geq 0.05$) in the time. The values obtained were lower than normal values in sheep (5-7 mg/L) in all the studied periods.

Minerals are essential nutrients for small ruminants and their concentration in blood should range within reduced intervals, maintaining adequate health state and wellbeing of animals. Proper concentrations of macronutrients favor the correct development of structural, physiological, catalytic and regulatory functions of the organism (Suttle 2000).

In the present study, calcemia of the studied sheep varied between 2.6 and 2.8 mg/L, values lower than those reported by Alonso *et al.* (1987), Underwood and Suttle (1999) and Quintero-Moreno *et al.* (2000). The latter authors reported that normal values of calcium in the blood serum varied between 7 and 8 mg/100 mL in lambs. However, Norton (1994) indicated that Ca is rarely a limiting factor in forage diets. It is possible that the lowest content of Ca²⁺ in the pastures of Amazonia is due to a natural dilution process, by which dry matter production is higher than minerals absorption (Fleming 1973).

In the case of phosphorus, Underwood and Suttle (1999) indicated as critical level of deficiency of this element in blood concentrations lower than 4.03 units.

al parto y 30 días después del mismo. Todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de los rangos normales para los ovinos (11-12 mg/L) durante los períodos de estudio.

Se utilizó 0.8 como parámetro de suavizado. Parecería que no cambian los valores de Ca⁺ a través del tiempo. De todas formas, el ajuste LOWESS no deja describir, es decir, no prueba la significación estadística del cambio a través del tiempo.

La variable Na⁺ no presentó diferencias significativas ($p \geq 0,05$) en el tiempo. Los valores obtenidos se encuentran entre los valores normales para los ovinos (139-152 mmol/L).

La variable P no presentó diferencias significativas ($p \geq 0,05$) en el tiempo. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de los valores normales para los ovinos (5-7 mg/L) en todos los períodos estudiados.

Los minerales son nutrientes esenciales para los pequeños rumiantes y sus concentraciones en sangre deben oscilar dentro de intervalos reducidos, a fin de mantener el adecuado estado sanitario y de bienestar de los animales. Concentraciones adecuadas de macronutrientes posibilitan que se desarrollen en forma adecuada las funciones estructurales, fisiológicas, catalíticas y reguladoras del organismo (Suttle 2010).

En este trabajo la calcemia de las ovejas estudiadas osciló entre 2.6 y 2.8 mg/L, valores muy por debajo por los citados por Alonso *et al.* (1987), Underwood y Suttle (1999) y Quintero-Moreno *et al.* (2000). Estos últimos autores encontraron que los valores normales de calcio en suero sanguíneo varían de 7 a 8 mg/100 mL en ovinos jóvenes. Por el contrario, Norton (1994) describió que el calcio es raramente una limitante en dietas forrajeras. El menor contenido de Ca²⁺ en los pastos de la Amazonía podría deberse a la dilución natural del proceso por el

The low content of P in the soil could explain the low content of P in blood serum (Masters *et al.* 1999). The variation of these elements (Ca²⁺ and P) may be explained by the fluctuation of climatic conditions (Orden *et al.* 1999).

Mg²⁺ concentration in blood serum varied between 2.5 to 2.7 mg/L. Magnesium should have values in blood between 1.45 and 1.82 mg/100 mL, establishing concentrations inferior to 1 mg/100 mL as critical level. The organic deficit of Mg produces low growing and development of animals. Mc Dowell *et al.* (1993) state that Mg is an enzymatic activator involved in the metabolism of carbohydrates and lipids because it is a catalyzer of great varieties of enzymes. In addition, Mg participates in protein synthesis through its activity in ribosomal aggregation. There is no homeostatic control for magnesium. Therefore, its concentration in blood directly shows the level in the diet (Moallem *et al.* 2007).

In the present study, Na⁺ concentration in blood of studied sheep varied between 136 and 146 mg/L. This element is the most abundant metabolite in the extracellular liquid. The small ruminants require Na⁺ supplementation because, in general, plants have low content of calcium. Moreover, according to ARC (1980), animals raised under tropical conditions, have higher requirements of this element because losses through the skin are superior than those of animals raised in temperate climate. High intakes of Na⁺ can increase K⁺ excretion (NRC 2007). Tropical forages have higher concentration of minerals, which justifies the need to evaluate their requirements in animals raised under warm conditions.

Improving animal yield, through the increase of biodiversity, may be a sustainable path towards a superior feed supply (Pereira *et al.* 2016). Hair sheep are important for global agriculture and management of natural resources in tropical areas (Pereira *et al.* 2017). The advance of ruminant nutrition in tropical environment requires a high understanding of mineral requirements (Regadas Filho *et al.* 2013), taking into account the diverse factors that have affected mineral concentration in animals (Salah *et al.* 2014).

Conclusions

It is concluded that there is a serum deficit of Ca²⁺ and P in the studied population of Blackbelly sheep under free grazing conditions of the Ecuadorian Amazonia during all the period. Supplementation should be selective for these minerals.

cual la producción de materia seca supera la captación de minerales (Fleming 1973).

En relación con el fósforo, Underwood y Suttle (1999) señalaron como nivel crítico de deficiencia de este elemento en concentraciones sanguíneas inferiores a 4,03 unidades. El bajo contenido de P podría deberse a la baja presencia de P del suelo (Masters *et al.* 1993). La variación de estos elementos (Ca²⁺ y P) podría obedecer a las fluctuaciones de las condiciones climáticas (Orden *et al.* 1999).

Con respecto a los niveles séricos de Mg²⁺ encontrados en las ovejas estudiadas, osciló entre 2,5 y 2,7 mg/L. El magnesio debería tener valores en sangre entre 1.45 y 1.82 mg/100 mL, estableciéndose como nivel crítico concentraciones inferiores a 1 mg/100mL. El déficit orgánico de un elemento importante como el Mg²⁺ trae como consecuencia el menor crecimiento y desarrollo del animal. Mc Dowell *et al.* (1993) afirman que el magnesio es un activador enzimático involucrado en el metabolismo de los carbohidratos y lípidos, ya que es catalizador de una gran variedad de enzimas. También forma parte de la síntesis de proteína a través de su acción en la agregación ribosómica. No hay control homeostático para magnesio y, por lo tanto, su concentración de sangre directamente refleja el nivel de la dieta (Moallem *et al.* 2007).

En este trabajo, la concentración de Na⁺ en sangre hallado en las ovejas utilizadas, osciló entre 136 y 146 nm/l. Este elemento es el electrolito más abundante en el líquido extracelular. Los rumiantes menores necesitan suplementación con Na⁺ porque las plantas por lo general son bajas en este elemento. Además, de acuerdo con ARC (1980), los animales criados en condiciones tropicales tienen un mayor requerimiento de mantenimiento de Na⁺ porque las pérdidas a través de la piel son más altas que las pérdidas en animales criados en un clima templado. Consumos elevados de Na⁺ pueden aumentar la excreción de K⁺ (NRC, 2007). Los forrajes tropicales tienen mayores concentraciones de minerales, justificando la necesidad de evaluar los requerimientos de los mismos en los animales criados en condiciones cálidas.

Mejorar el rendimiento animal a través de la mejora de la biodiversidad puede ser un camino sostenible hacia un mayor suministro de alimentos (Pereira *et al.* 2016). Las ovejas de pelo son importantes para la agricultura mundial y el manejo de los recursos naturales en los trópicos (Pereira, *et al.*, 2017). El avance de la nutrición de rumiantes en ambientes tropicales requiere una mayor comprensión de los requerimientos minerales (Regadas Filho *et al.* 2013), tomando en cuenta los diversos factores que han demostrado afectar la concentración de los mismos (Salah *et al.* 2014).

Conclusiones

Se concluye que existe un déficit sérico de Ca²⁺ y P en la población de ovejas Blackbelly estudiadas en condiciones de pastoreo libre en la Amazonía Ecuatoriana en todo el período. La suplementación debería ser selectiva para estos minerales.

References

- Alonso, A., Orden, M.A., Benedito, J.I., Tejón, D. & García Partida, P. 1987. Ionograma y enzimas séricas en ovinos merinos trashumantes. *An. Vet. (Murcia)* 3: 103-106.
- Araújo, M. J., Medeiros, A. N., Teixeira, I. A. M. A., Costa, R. G., Marques, C. A. T., Resende, K. T. & Melo, G. M. P. 2010. Mineral requirements for growth of Moxotó goats grazing in the semi-arid region of Brazil. *Small Ruminant Research* 93,1-9.
- ARC. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. Agricultural
- Barakat, N.A., Laudadio, V., Cazzato, E. & Tufarelli, V. 2013. Potential contribution of retamaraetam(Forsk.) Webb & Berthel as a forage shrub in Sinai, Egypt. *Arid Land Res Manag.* 27(3):257-271.
- Fleming, G.A. 1973. Mineral composition of herbage. In: G.W Butler and W. Bailey (eds). *Chemistry and biochemistry of herbage*. Academic Press, London. p. 529-566.
- JMP. 2003 sct.uab.cat/estadistica/es/content/sesión-jmp-2011
- Masters, D.G., Purser, D.B., Yu, S.X., Wang, Z.S., Yang, R.Z., Liu, N., Lu, D.X., Wu, L.H., Ren, J.K. & Li, G.H. 1993. Mineral nutrition of grazing sheep in Northern China. 1 Macro-minerals on pasture feed supplement and sheep. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 6: 99-105
- McDowell, L. R. 2003. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. 2 edition. Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands. 644 p.
- McDowell, L.R., Conrad, J.H. & Hembry, F.G. 1993. *Minerals for grazing ruminants in tropical regions* 2° Ed. University of Florida, Gainesville, USA. Animal Science Department Centre for Tropical Agriculture 53-55.
- Mendes, J. A. Importancia de los ovinos tropicales introducidos al país: Características productivas y reproductivas. 2007. *Latinoam. Prod. Anim.* 15(1): 310-315. Available: <http://www.bioline.org.br/pdf?la07068>.
- Moallem, U., Katz, M., Arieli, A., & Lehrer, H. (2007). Effects of peripartum propylene glycol or fats differing in fatty acid profiles on feed intake production, and plasma metabolites in dairy cows. *Journal Dairy Science.* 90(8): 3846-3856.
- Morales A., E., I. Domínguez V., M. González Ronquillo, G. Jaramillo E., O. Castelán O., N. Pescador S. & M. Huerta B. 2007. Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Técnica Pecuaria México* 45:329-344
- Norton, B.W. 1994. The nutritive value of tree legumes. In: R.C. Gutteridge and H. M. Shelton (eds). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International. Oxon. UK. p. 177-191.
- NRC, 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*, 1st edn. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Orden, E.A., Serra, A.B., Serra, S.D., Aganon, C.P., Cruz, L.C. & Fujihara, T. 1999. Mineral concentration in blood of grazing goats and some forage in Lahar-Laden area of Central Luzon, Philippines. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12: 422-428
- Pereira, E.S., Fontenele, R.M., Medeiros, A.N., Lopes, R.O., Campos, A.C.N., Heinzen, E.L. & Bezerra, L.R. 2016. Requirements of protein for maintenance and growth in ram hair lambs. *Tropical Animal Health and Production* 48: 1323–1330.
- Pereira, E. S, Limal, F. W. R., Marcondes, M. I., Rodrigues, J. P. P., Campos, A. C. N., Silva, L. P., Bezerra, L. R., Pereira, M. W. F. & Oliveira, R. L. 2017. Energy and protein requirements of Santa Ines lambs, a breed of hair sheep. *Animal* 11:12, 2165–2174
- Quintero-Moreno, A., Miranda, S., López, R., Dean, D., Rojas, N., González, A., Palomares, R. & Boscan, J. 2000. Crecimiento, niveles de calcio, fósforo y magnesio y perfiles séricos de progesterona en corderas prepúberes mestizas west african suplementadas con tres fuentes de minerales. *Revista Científica FCV-LUZ* 10 (3):205-211.
- Regadas Filho, J.G.L., Pereira, E.S., Pimentel, P.G., Villarreal, A.B.S., Medeiros, N.A. & Fontenele, R.M. 2013. Body composition and net energy requirements for Santa Ines lambs. *Small Ruminant Research* 109: 107–112.
- Salah, N., Sauvant, D. & Archimède, H. 2014. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. *Animal* 8, 1439–1447
- Suttle, N. F. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4. H Edition. CABI Publishing, UK. 595 p.
- Underwood, E. J. & N. F. Suttle. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3 Edition. CABI Publishing. UK. 624p
- Underwood, E. J. & N. F. Suttle 2003. *Los minerales en la nutrición del ganado*. 3 edición. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España. 637 p.
- Viñoles, C., G. Forsberg, G. Bancharo & E. Rubianes. 2002. Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polwarth ewes with high and low body condition. *Animal Science* 74: 539-545

Received: January 3, 2018