



Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia[†]

Revista
Colombiana de
Ciencias
Pecuarias

Effect of protein and energy relationship on the levels of ammonium rumen and blood urea nitrogen and milk, in dual purpose cows at the llanero foothills, Colombia

Efeito de proteínas e de energia em relação aos níveis de amônio rúmen e da BUN e leite, vacas dupla finalidade do piedemonte llanero, Colômbia

Oscar Pardo¹*, Zoot; Juan E Carulla², Zoot, MS, PhD; Hans D Hess³, IAZ, PhD.

¹Investigador CORPOICA "La Libertad" A.A. 051, Villavicencio, Colombia.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.

³Agroscope, Liebefeld-Posieux, Suiza.

(Recibido: 28 junio, 2007; aceptado: 29 agosto, 2008)

Resumen

Los efectos de cinco suplementos con diferente relación proteína cruda:energía metabólica (PC:EM) sobre los niveles de nitrógeno amoniacal en rumen (AR) y nitrógeno ureico en sangre (NUS) y leche (NUL), fueron evaluados en vacas doble propósito en el trópico bajo del Piedemonte llanero colombiano, mediante un diseño cuadrado latino 5x5. En el tratamiento 1, los animales recibieron a voluntad forraje de pasto *Brachiaria decumbens* y 900 g de harina de arroz; en el tratamiento 2 recibieron adicionalmente 39 g de urea; en el tratamiento 3 recibieron 84 g de urea; el tratamiento 4 fue similar al tratamiento 2 más 1200 g de azúcar de caña; y el tratamiento 5 fue igual al tratamiento 3 más 950 g de azúcar. La relación PC:EM fue de 26, 66, 103, 27 y 50 g de PC por megacaloría de energía metabólica, respectivamente. Los niveles más altos de AR, NUS y NUL los presentaron el tratamiento 3 ($p < 0.01$), de mayor aporte de proteína y mayor PC:EM, seguido de los tratamientos 5 y 2 de segundo orden de PC y PC:EM. Además, se observó que AR, NUS y NUL están fuertemente afectados por PC:EM. Los niveles de AR, NUS y NUL, presentaron variaciones a través del día y fluctuaron entre 4.3 a 22.9, 4.8 a 13.8 y 3.6 a 16 mg N/dl. A partir de la primera suplementación se observó incremento de los valores de las tres variables, con valores máximos 3 a 6 horas después. Se encontró relación directa $NUL = 0.901 * NUS$ con $R^2 = 0.70$, lo que demostró clara dependencia del NUL con respecto al NUS. Los resultados sugieren que la dependencia de estos metabolitos con el contenido de PC y EM de la dieta los convierte en herramientas de ajuste y optimización de suplementos para las ganaderías doble propósito del piedemonte llanero colombiano.

Palabras clave: bovinos doble propósito, nutrición de rumiantes, suplementación con urea

[†] Para citar este artículo: Pardo O, Carulla JE, Hess HD. Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. Rev Colomb Cienc Pecu 2008; 21:387-397.

* Autor para el envío de la correspondencia y la solicitud de separatas: Centro de Investigación CORPOICA La Libertad. Km. 20 vía Puerto López, Villavicencio – Meta, Colombia. Email: opardo@corpoica.org.co Tel (+578) 670 97 00 Fax: (+578) 670 98 15.

Summary

The effects of five diets with different protein to energy ratios (CP:ME) on rumen ammonia (RA) and blood (BUN) and milk urea nitrogen (MUN) in dual-purpose cows were evaluated in the piedemonte of Colombia. Five rumen fistulated cows were assigned to five treatments using a 5 x 5 Latin Square design. All animals received a basal diet consisting of *Brachiaria decumbens* forage *ad libitum* and 900 g of ground rice (treatment 1); treatment 2 was identical to treatment 1 plus 39 g of urea; treatment 3 was identical to treatment 1 plus 84 g urea; treatment 4 was identical to treatment 2 plus 1200 g of sugar; and treatment 5 was identical to treatment 3 plus 934 g of sugar. The ratio between crude protein and metabolizable energy (CP:ME) was 26, 66, 103, 27 and 50 g /Mcal for treatment 1 to treatment 5, respectively. The highest concentrations of RA, BUN and MUN were observed in treatment 3 ($p < 0.01$), which provided the highest amount of CP and resulted in the highest CP:ME ratio. Treatments 5 and 2, with intermediate amounts of CP and CP:ME ratios, resulted in intermediate levels of RA, BUN and MUN. The levels of RA, BUN and MUN varied considerably across the day and ranged from 4.3 to 22.9, 4.8 to 13.8 and 3.6 to 16 mg/dl, respectively. The highest levels of RA, BUN and MUN occurred 3 to 6 hours after the first feeding of the day. There was a close positive relationship between MUN and BUN ($MUN = 0.901 * BUN$, $R^2 = 0.70$). It can be concluded that the levels of BUN and MUN are closely related to the CP concentration and the CP:ME ratio in the diet. These metabolites represent a useful tool to monitor and adjust the use of supplements for dual-purpose cows fed diets based on low-quality grasses in the Llanero foothills of Colombia.

Key words: dual purpose cattle, ruminant nutrition, urea supplement

Resumo

Os efeitos de cinco diferentes relações com suplementos de proteína bruta: energia metabólica (PC : MS) sobre os níveis de nitrogênio no rúmen (RA) e da BUN (NUS) e leite (NUL), foram avaliadas em vacas dupla finalidade nos trópicos sob o piedemonte llanero colombiano, através de um quadrado latino 5 x 5. No tratamento 1, os animais receberam em gramíneas forrageiras *Brachiaria decumbens* e 900 gramas de farinha de arroz; no tratamento 2, recebido mais 39 gramas de uréia; para o tratamento 3, recebido 84 gramas de uréia; no tratamento 4 foi semelhante ao tratamento 2 mais 1200 g de cana-de-açúcar; eo tratamento 5 era igual a 3 tratamento mais 950 g de açúcar. O PC : MS foi de 26, 66, 103, 27 e 50 g PC megacaloria energia metabólica, respectivamente. Os níveis mais elevados de AR, NUS e NUL apresentou o tratamento 3 ($p < 0,01$), maior aporte de proteína e superior PC : MS, seguido pelos tratamentos 2 e 5 de segunda ordem PC e PC:MS. Além disso, observou-se que AR, NUS e NUL são fortemente influenciados pelo PC:MS. Níveis de AR, NUS e NUL, apresentaram variações ao longo do dia, e variou de 4.3 a 22.9, 13.8 e 4.8 a 3.6 a 16 mg N/dl. Desde a primeira suplementação foi observado aumento dos valores mobiliários das três variáveis, com valores máximos de 3 a 6 horas depois. Nós encontramos uma relação direta $NUL = 0.901 * NUS$ com $R^2 = 0.70$, o que mostrou clara dependência NUL no que respeita à NUS. Os resultados sugerem que a dependência em relação a estes metabolitos com o conteúdo do PC e MS dieta torna-os instrumentos de regulação e otimização de suplementos de rebanhos dupla finalidade de piedemonte llanero colombiano.

Palavras chave: gado bovino duplo propósito, nutrição ruminante, suplementação com uréia

Introducción

Uno de los principales objetivos de las investigaciones en nutrición animal ha sido la búsqueda de la máxima eficiencia de uso de los alimentos consumidos por los animales, que permita a las empresas ganaderas ventajas económicas para competir en los mercados nacionales e internacionales. Para optimizar la alimentación y suplementar los animales en pastoreo de manera eficiente, es necesario conocer la cantidad y la calidad del forraje básico consumido. Sin embargo,

la medición de estas variables en la finca es una actividad dispendiosa y poco precisa (9). Para tratar de solucionar o evitar estos escollos, desde hace varios años se ha buscado qué características de la dieta afectan la concentración de metabolitos en la sangre, para utilizar algunos de estos como indicadores y herramientas de ajuste del estatus nutricional de los bovinos (19, 27).

Reportes de los años 70 y 80 relacionan en forma directa los efectos de la concentración de proteína en la dieta sobre la concentración de

nitrógeno amoniacal en rumen y nitrógeno ureico en sangre (24, 25). Los cambios tecnológicos han permitido que estos metabolitos se monitoreen con mayor facilidad y se ha logrado asociar el nitrógeno ureico en la sangre con la concentración de nitrógeno ureico presente en la leche. Por tal motivo, el monitoreo de los niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL), se perfila como posible indicador del consumo y de la degradación de la proteína de la dieta (31). La medición del NUL es actualmente una herramienta de amplio uso en los hatos especializados en producción de leche, debido a que la úrea es un metabolito que está afectado por factores de tipo nutricional como el porcentaje de proteína, cantidad de carbohidratos solubles y la relación proteína: energía (10, 18, 28).

Los valores de NUL se han utilizado para realizar ajustes en las concentraciones de proteína o energía de la ración, con el objetivo de obtener un mayor aprovechamiento de los nutrientes suministrados; además, se han utilizado para reducir los costos alimenticios y suprimir los efectos negativos sobre la reproducción de los hatos, entre otros beneficios (14). Existe poca información sobre el uso de este tipo de tecnologías en los sistemas de producción del trópico cálido y más específicamente en el sistema de producción doble propósito del piedemonte llanero de Colombia. Hess *et al.* (11) en un estudio realizado en la costa caribe de Colombia, mostraron que en vacas doble propósito existe una asociación entre la concentración de NUL y la relación proteína: energía en la dieta consumida. Sin embargo, en otras regiones del trópico bajo de Colombia, como el Piedemonte Llanero, donde los animales consumen forrajes de baja calidad provenientes de especies del género *Brachiaria* (26) se desconocen las concentraciones de NUL y los factores que las afectan dichas concentraciones.

Estudios realizados en el Centro de investigaciones “La Libertad”, mostraron estrecha relación entre las concentraciones de amonio ruminal y las concentraciones de úrea en sangre en novillos cebú (12), pero no se determinaron las posibles relaciones que se presentan entre las concentraciones de nitrógeno ureico en sangre (NUS) y las concentraciones de NUL. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar la relación

existente entre la concentración de proteína y de energía de la dieta y la concentración de AR, NUS y NUL en vacas doble propósito alimentadas con gramíneas de baja calidad. Conocer estas relaciones permitirá fijar algunas pautas de uso del NUL como herramienta para el ajuste, la optimización y el uso de suplementos proteicos y energéticos a vacas del sistema de producción doble propósito en el piedemonte llanero.

Materiales y métodos

Aval de Comité de Ética

La investigación contó con la supervisión y aprobación del comité de investigación de CORPOICA, en lo relacionado con el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales de protección de los derechos de los animales y el uso y cuidado de animales para la experimentación.

Localización

El trabajo se realizó en el CI “La Libertad” de CORPOICA, ubicado en el kilómetro 20 de la vía Villavicencio–Puerto López (Colombia), localizado a 4°06’ de latitud norte y 73°34’ de longitud oeste, con altura 336 msnm, y una precipitación anual de 2978 mm; la temperatura promedio durante el experimento fue de 27.5 °C, con una máxima de 32.6 °C; la humedad relativa fue de 73.3% con máxima de 79.3%.

Animales

Cinco vacas de tres años de edad, fistuladas en el rumen, de primer parto, con 90 días de lactancia, producción promedio de leche de 3kg/día y peso promedio de 336 kg, pertenecientes al proyecto comercial de doble propósito se utilizaron en el estudio. Las vacas fueron animales típicos de estos sistemas de producción, resultado de cruces con diferentes grupos raciales, entre los cuales sobresalieron rasgos de cebú, holstein y pardo suizo, se les realizó fistula ruminal 60 días antes de comenzar el experimento.

Tratamientos

Las vacas se alojaron en corrales individuales y se les suministró forraje de *Brachiaria decumbens*

como dieta basal el cual se cortaba diariamente en cantidad suficiente para que el animal tuviese la oportunidad de seleccionar. Para mantener un estricto control de las cantidades de energía y nitrógeno suministradas a los animales, vía fistula ruminal se les administró un suplemento que tenía como base 900 g de harina de arroz (HA) y diferentes proporciones de úrea (U) y azúcar (Az) modificando así la relación energía:proteína de la

dieta (tratamientos); la inclusión de azúcar y úrea se realizó con la intención de suministrar fuentes puras de energía y nitrógeno, que permitieran obtener resultados sin interferencia de otras fuentes. La calidad de los ingredientes utilizados en la formulación de los suplementos se muestra en la tabla 1, mientras que en la tabla 2 se detalla la cantidad y calidad del suplemento según el tratamiento.

Tabla 1. Calidad nutricional de los ingredientes utilizados en la alimentación de las vacas del sistema de producción doble propósito en el C. I. La Libertad de CORPOICA.

Ingrediente	MS (%)	PC ¹ % (%MS)	FDN ² % (%MS)	Lig ³ % (% FDN)	EM ⁴ (Mcal/kg de MS)
<i>B. decumbens</i>	35	7.1	67	8.9	1.85
Harina de arroz	89	8.6	2	0	3.16
Úrea	99	281	0	0	0.0
Azúcar	98	0	0	0	3.15

¹PC = %N*6.25

²FDN = Fibra Detergente Neutro

³Lig = lignina

⁴EM = Energía Metabólicable, calculada por CNCPS v. 5.0

Tabla 2. Calidad nutricional del suplemento según tratamiento y cantidades de nutrientes administrados diariamente durante el desarrollo del experimento en el C. I. La Libertad de CORPOICA.

Tto	Suplemento	Cantidad de MS (g)	PC ¹ (%MS)	PC (g/día)	PS ² (g/día)	EM ³ (Mcal/día)	Relación PC:EM
1	Harina de arroz (HA)	801	8.6	69	28	2.58	27
2	HA + 39 g úrea (U)	840	21.2	178	137	2.58	69
3	HA + 84 g U	885	33.4	295	254	2.58	114
4	HA + 39 g U + 1200 g azúcar (Az)	2016	8.8	178	137	6.36	28
5	HA + 84 g U + 950 g Az	1815	16.2	295	254	5.57	53

¹PC = %N*6.25

²PS = Proteína soluble

³EM = Energía Metabólicable, calculada por CNCPS v. 5.0

Toma y manejo de muestras

Los periodos experimentales fueron de 10 días, del día 1 al 7 se consideró como periodo de acostumbramiento y los días 8 y 10 como periodos de medición o experimentales; en cada periodo se tomaron muestras de sangre, leche y líquido ruminal durante las 24 h de cada día, con intervalo de tres horas, para un total de ocho muestreos/día. Las muestras de sangre se tomaron de la vena coccígea a 5cm de la base de la cola utilizando un Vacutainer serum (Ref N° 366431), inmediatamente se centrifugaron a 2000 rpm/10 min; el suero sanguíneo se separó en viales y se almacenó a temperatura de congelación de -20 °C.

Análisis de la composición nutricional

La composición nutricional fue analizada según el protocolo AOAC N° 988.05 de la *Official Methods of Analysis* (2) para proteína cruda (PC), para proteína soluble (PS) (20) y se utilizó el modelo de simulación de la Universidad de Cornell “*The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion*” (CNCPS) versión 5.0 (6) para determinar energía metabólica (EM). La cantidad de PC se incrementó desde el tratamiento 1 hasta el tratamiento 3; mientras que, a diferencia de estos, los tratamientos 4 y 5 presentaban igual aporte de PC que los tratamientos 2 y 3, respectivamente, pero

se diferenciaban por la cantidad de EM suministrada, para afectar la relación proteína:energía. El forraje y el suplemento se administraron tres veces al día (8 am, 12 m y 4 pm); el suministro de agua y sal mineral fue continua y a voluntad. Durante los 50 días del experimento se registró la cantidad de forraje suministrado y rechazados por cada una de las vacas, para determinar el consumo. El forraje se secó en estufa (marca Memmert) a 64 °C/48 h, para determinar el consumo de forraje en base seca.

Para la posterior determinación del NUS, se utilizó un estuche comercial que hace la determinación usando el método de la ureasa de Berthelot (4), que se basa en el principio de la división de la úrea en amonio y dióxido de carbono por la acción enzimática de la ureasa, y la posterior determinación del amonio por fotometría. En cada uno de ocho muestreos del día, se tomaba entre 250 y 300 ml de leche de una mezcla de los cuatro cuartos previo análisis de mastitis con la prueba de CMT. Una vez tomada la muestra se agregaba “cuajo” (renina comercial), y se incubaba en baño maría a 39 °C; una vez formado el cuajo, se procedió a separar en forma manual el suero, el cual se centrifugó dos veces a 2000 rpm/10 min, hasta obtener una muestra de suero bastante clara y libre de impurezas. Un mililitro de este se guardó en viales plásticos a -20 °C, hasta su procesamiento. El análisis de concentración de NUL se realizó con el método colorimétrico de Berthelot similar al utilizado para el suero sanguíneo. Las muestras de líquido ruminal se tomaron del fondo del rumen en un recipiente de 50 ml, que contenía cinco gotas de ácido sulfúrico al 50%; posteriormente, se centrifugó y se tomó una submuestra de 5 ml

para el análisis inmediato de amonio (AR) por el método de micro-Kjeldhal (2).

Análisis estadístico

En el estudio se utilizó un diseño experimental de cuadrado latino 5 x 5 que incluía cinco periodos (Per) de evaluación y cinco tratamientos (Tto). Los datos obtenidos de las concentraciones de NUS, NUL, y AR de las 400 muestras recolectadas, se tabularon y analizaron utilizando el programa de estadística SAS (30). Para analizar el efecto de las variables independientes (Per y Tto) se usó el modelo de cuadrado latino del Proc GLM de SAS (30); además, se analizaron las diferentes relaciones de dependencia (regresión lineal) entre las variables AR y NUS, NUS y NUL. Los promedios generales entre tratamientos se compararon usando la prueba de Bonferroni (22).

Resultados

Efectos de los tratamientos sobre el consumo de nutrientes y la relación proteína: energía

El promedio general de consumo de materia seca (MS) durante el experimento fue de 7.4 ± 2.0 kg/animal/día, generando un consumo de 2.62 ± 0.59 Kg/100 Kg de peso vivo. El consumo de forraje fue afectado por el tipo de tratamiento ($p < 0.01$): el Tto 3 presentó el mayor consumo, seguido de los Ttos 2 y 5, aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre estos. Por su parte, el Tto 1 presentó el de menor consumo de forraje ($p < 0.01$); los Tto 2 y 3, que aportan mayores cantidades de PC y la más alta relación PC:EM, presentaron los mayores consumos de forraje ($p > 0.01$) (véase Tabla 3).

Tabla 3. Consumo de forraje, alimento y total de nutrientes según tratamiento a vacas del sistema de doble propósito.

Consumo	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	ESM
Forraje (kg MS/animal/día)	6.7 ^{b**}	8.2 ^a	8.5 ^a	7.4 ^{ab}	7.4 ^{ab}	0.27
Total (kg MS/animal/día)*	7.5 ^b	9.0 ^a	9.4 ^a	9.4 ^a	9.2 ^a	0.27
PC (g/día)	596 ^d	805 ^b	946 ^a	739 ^c	839 ^b	15.52
EM (Mcal/día)	15.2 ^b	17.8 ^a	18.5 ^a	19.9 ^a	19.3 ^a	0.54
Relación PC:EM	39 ^{cd}	45 ^b	51 ^a	37 ^d	43 ^{bc}	1.03

* = incluye forraje + suplemento

** = Medias con la misma letra en las filas no son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Concentración de AR, NUS y NUL

Los promedios generales de AR, NUS y NUL fueron 8.4, 8.1, y 7.4 mg/dl, respectivamente. Estos metabolitos fueron afectados principalmente por la variable tratamiento ($p < 0.01$). Las figuras 1, 2 y 3 muestran las concentraciones promedio de cada uno de los metabolitos durante el transcurso del día; la dinámica de concentración durante el día para AR, NUS y NUL fue similar, observándose concentraciones bajas desde la media noche hasta después de la primera suplementación. A partir de ese momento (9 am) se incrementaron y continuaron altos hasta las 18 horas del día, unas tres horas después de la última suplementación.

Efecto de la adición de úrea y azúcar sobre la concentración de AR, NUS y NUL

A pesar de que hubo una clara respuesta en las concentraciones de AR, NUS y NUL a la adición

de úrea y azúcar, esta solamente fue evidente a ciertas horas del día (véanse Figuras 1, 2 y 3). Las concentraciones de AR, NUS y NUL aumentaron al adicionar úrea a la ración (Ttos 2 y 3), a partir de las 9 am. Sin embargo, a cantidades iguales de úrea (Ttos 4 y 5) los niveles de AR, NUS y NUL fueron menores como consecuencia de la adición de azúcar (véase Tabla 4). Debido a este comportamiento, las concentraciones de AR, NUS y NUL para valores similares de PC:EM (Ttos 1 vs. 4 y 2 vs. 5) fueron similares (véanse figuras 1, 2 y 3). El tratamiento con mayor adición de úrea y sin azúcar, y que tenía la mayor relación PC:EM (tratamiento 3), presentó los valores más altos de AR, NUS y NUL ($p < 0.01$) (véase Tabla 4). Los tratamientos 1 y 4 presentaron los menores valores para AR, NUS y NUL ($p < 0.01$), asociándose con la más baja relación PC:EM.

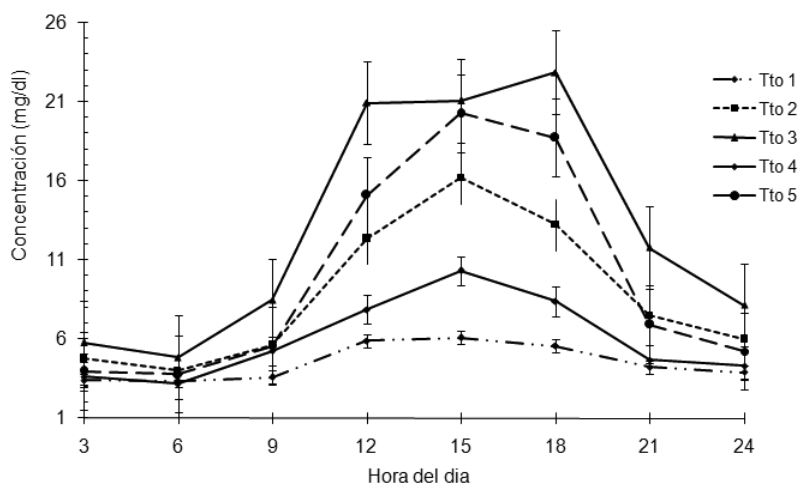


Figura 1. Concentración de amonio ruminal (AR) en vacas doble propósito, alimentadas con diferente relación de proteína: energía.

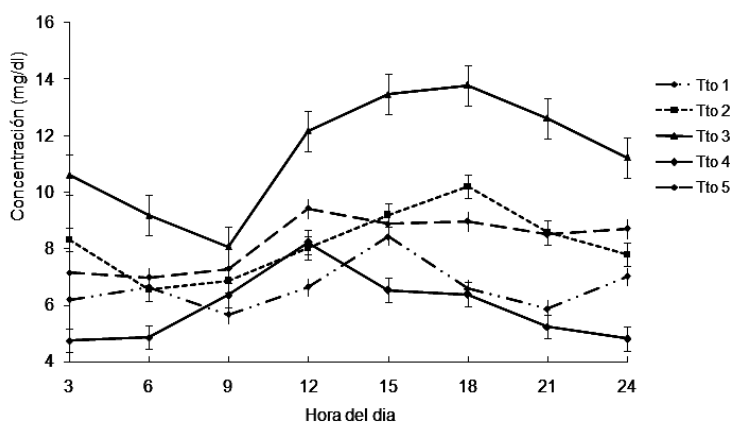


Figura 2. Concentración de nitrógeno ureico en sangre (NUS) de vacas doble propósito alimentadas con diferente relación de proteína: energía.

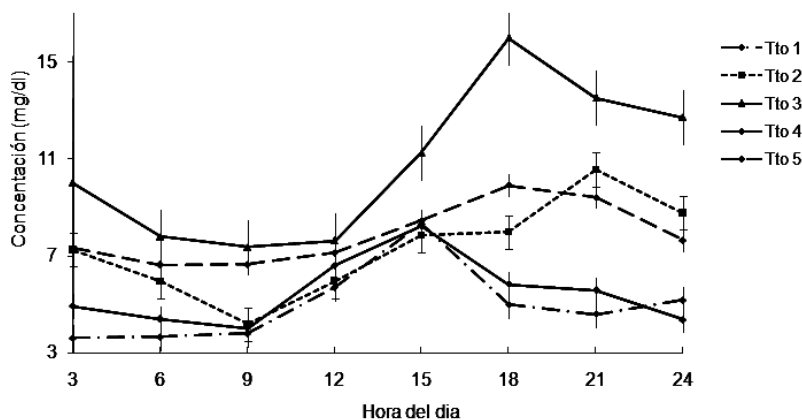


Figura 3. Concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL) de vacas doble propósito alimentadas con diferente relación de proteína: energía.

Tabla 4. Promedio general y error estándar para las variables AR, NUS y NUL según tratamiento, en vacas doble propósito bajo un diseño experimental Cuadrado latino (n = 80 por variable).

Item	Tratamientos					ESM
	1	2	3	4	5	
AR (mg N/dl)	4.5 ± 0.19 ^c	8.7 ± 0.59 ^b	13.0 ± 0.95 ^a	6.0 ± 0.38 ^c	10.0 ± 0.85 ^b	0.66
NUS (mg N/dl)	6.6 ± 0.37 ^c	8.2 ± 0.36 ^b	11.4 ± 0.50 ^a	5.9 ± 0.32 ^c	8.2 ± 0.29 ^b	0.31
NUL (mg N/dl)	5.0 ± 0.34 ^c	7.3 ± 0.42 ^b	11.2 ± 0.73 ^a	5.5 ± 0.43 ^c	7.9 ± 0.43 ^b	0.45
PC (g/día)	596 ^d	805 ^{bc}	946 ^a	739 ^c	839 ^b	15.52
Relación PC:EM	40.6 ^d	45 ^b	51 ^a	37 ^d	43 ^b	1.03

Medias con la misma letra en las filas no son significativamente diferentes (p<0.05), prueba Bonferroni.

Fluctuación de los valores de AR, NUS y NUL a través del día

Los valores generales de AR, NUS y NUL no fueron constantes a través del día; aumentaron desde las 9 am, momento en el cual se suministró la primera ración del suplemento y llegaron a la máxima concentración entre la hora 15 y la 18, siendo estadísticamente diferentes a las demás horas de medición (p<0.01); luego disminuyeron y se mantuvieron así hasta después del ordeño del día siguiente. Para observar las diferencias significativas a través del día sin importar el tratamiento, se realizó la prueba de comparación múltiple de Bonferroni (22). Los mayores valores para AR (15 mg/dl) y para NUS (9.4 mg/dl) se presentaron a la hora 18, y para NUL (8.3 mg/dl) a la hora 15. Los menores valores se exhibieron a las horas 3 y 6. Las figuras 1, 2 y 3, muestran las concentraciones de cada uno de los metabolitos durante el transcurso del día. La dinámica de concentración durante el día para AR, NUS y NUL fue similar, observándose niveles bajos después de la media noche hasta la primera

suplementación. A partir de ese momento (9 am) comenzaron a incrementar y continuaron altos hasta las 18 horas del día, unas tres horas después de la última suplementación.

Discusión

Consumo de forraje según la relación proteína: energía

El consumo de forraje estuvo afectado por el tratamiento; se observó menor consumo cuando el nivel de proteína del suplemento era bajo y a medida que se incrementó la cantidad de proteína el consumo aumentó (véase Tabla 3), lo que coincide con lo expresado por otros autores quienes indicaron que cuando la calidad del forraje es baja, principalmente en proteína, se deprime el consumo de alimento (1, 23). Así mismo, se presentó leve disminución del consumo (tratamientos 4 y 5) cuando se adicionaron los carbohidratos de fácil digestión, al igual que lo reportado en la literatura (1). El consumo promedio

de forraje fluctuó de 6.7 a 8.5 kg de MS/vaca día, con el menor valor en el tratamiento 1 y el mayor en el tratamiento 3; el consumo de MS como porcentaje del peso vivo, varió desde 1.99 a 2.52 kg de MS/100 kg de peso vivo, valores bajos comparados con los reportados por Mahecha *et al* (21).

Efecto del tratamiento sobre los valores de AR, NUS y NUL

En este estudio se observó un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre la concentración de AR, NUS y NUL. El Tto 3, de mayor aporte de PC y mayor relación PC:EM, presentó los valores más altos de AR, NUS y NUL, seguido de los tratamientos 2 y 5 que presentaron moderada relación PC:EM. De otro lado, los tratamientos que menor promedio presentaron durante el día fueron 1 y 4, de menor aporte de proteína o menor relación PC:EM (véase Tabla 2), lo que indica que existe una relación directa entre la concentración de AR, NUS y NUL con la proteína cruda y la relación PC:EM de la dieta, similar a lo reportado por otros autores en ganado lechero de alta producción (9, 13, 16). Esto muestra que la dependencia de los niveles de nitrógeno en rumen y sangre con el contenido de proteína de la dieta, también se presenta en ganados de baja producción de leche como son los sistemas de producción doble propósito. Una alta relación matemática se ha informado entre la PC de la dieta y los niveles de NUL ($R^2 = 0.839$) (5), de manera similar a la relación positiva hallada entre el NUL y la PC (7).

Variación diurna de AR, NUS y NUL

A través del día se presentó una amplia variación en los valores de los metabolitos, los picos máximos de concentración se observaron entre la hora 15 y 18, sin embargo los valores se incrementaron 3 horas después de la suplementación y se mantuvieron así hasta 3 horas después del último suministro del suplemento (véanse Figuras 1, 2 y 3), al igual que lo reportado en vacas lecheras (8). Los valores mas altos de AR, NUS y NUL los presentó el Tto 3 en las horas de la tarde y siempre después de la suplementación; además, se mantuvieron así por más tiempo. Sin embargo, en las horas de la madrugada y hasta el momento del ordeño, estos valores descendieron llegando a ser igual de bajos

que los demás tratamientos. Todos los tratamientos presentaron fluctuaciones similares a través del día, pero los tratamientos que tenían mayor porcentaje de PC y mayor relación PC:EM (Ttos 3 y 5) siempre presentaron los mayores valores; esto demuestra que en vacas doble propósito alimentadas con gramíneas de baja calidad también se encuentra un alto grado de asociación del nivel de amonio en el rumen y del nitrógeno ureico en sangre y leche con el nivel de inclusión de PC y energía de la dieta; similar situación se ha observado en ganado de alta producción de leche (8, 14, 15).

El comportamiento de los valores de AR, NUS y NUL dentro de tratamientos fue fluctuante: la concentración varió a través de las diferentes horas del día y la hora de suplementación marcó diferencias en la concentración de estos metabolitos. El tratamiento 3 a la hora 15, presentó los mayores valores de AR, NUS y NUL con 21.8, 14.4, y 12.5 mg/dl, respectivamente, con relación a las demás horas de muestreo. Los valores presentados por este tratamiento son considerados como aceptables o necesarios para una mayor eficiencia alimenticia, dado que los niveles ideales de AR deben estar entre 12 y 17 mg/dl (17), que sugieren una óptima relación entre la proteína degradable y la energía fermentable en el rumen.

El procedimiento de modelos mixtos de SAS, indicó que no existían diferencias entre la hora 15 y 18 del tratamiento 3, para los metabolitos NUS y NUL; pero si se observaron diferencias ($p < 0.01$) para las demás horas y demás tratamientos. Todos los tratamientos presentaron picos máximos varias horas después de la primera suplementación, lo que indica que el momento preciso para evaluar niveles de AR, NUS o NUL, debe ser unas horas después del suministro de alimento y que el nivel del metabolito depende del aporte de nitrógeno o proteína de la dieta y de la relación proteína: energía.

Relación entre amonio ruminal, nitrógeno ureico en sangre y nitrógeno ureico leche

La relación matemática o nivel de dependencia (regresión) para la variable dependiente NUS con AR, fue: $NUS = 3.0341 + 0.0501 \cdot AR$ ($R^2 = 0.8902$), similar a lo informado para ganado lechero de alta producción, autores que reportaron

un R^2 de 0.84 e indicaron que existe una alta correlación entre las concentraciones de amonio ruminal y el NUS (9, 32). Además, indicaron que los valores dependen casi exclusivamente de la degradación de la proteína de la dieta y en especial de la proteína soluble (9, 32). Lo encontrado en este trabajo concuerda con lo reportado por Ruegg *et al* (29) quienes enfatizaron que el NUS es un buen indicador del amonio ruminal que es el resultado del consumo y de la degradabilidad de la proteína. Los resultados muestran que el NUL tiene una gran dependencia de los niveles de nitrógeno ureico en sangre ($NUL = 0.901 \cdot NUS$, $R^2 = 0.7042$) indicando que la concentración de nitrógeno ureico en leche es proporcional la concentración en sangre, véase figura 4; luego, por cada miligramo de NUS se

incrementa la concentración de NUL en 0.901 mg/dl, similar a lo reportado en la literatura científica (3, 7, 8).

Los resultados de este estudio muestran que las concentraciones de nitrógeno amoniacal, nitrógeno ureico en sangre, y nitrógeno ureico en leche, de vacas doble propósito, están afectados de manera directa por la cantidad de proteína cruda, proteína soluble y la relación proteína: energía de la dieta. Por lo tanto, la determinación de los valores de NUS y NUL representa una herramienta de ajuste y optimización en el uso de suplementos proteico energéticos en bovinos en sistemas doble propósito en el trópico bajo.

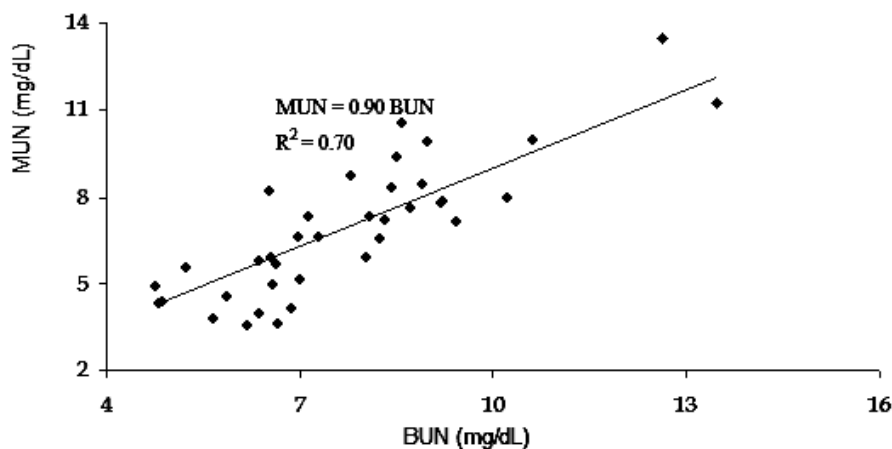


Figura 4. Relación de dependencia entre nitrógeno ureico en leche (NUL) y la concentración de nitrógeno ureico en sangre (NUS), en vacas del sistema doble propósito en el piedemonte del Meta - Colombia.

Las concentraciones de AR, NUS, y NUL se incrementaron paulatinamente después de la primera suplementación del día, alcanzando valores superiores, tres horas más tarde. Por efecto de los siguientes suministros de alimento estos valores se mantuvieron relativamente constantes o con pequeños aumentos durante las 9 horas siguientes (hasta las 18 horas del día). Luego, si se desea monitorear el efecto de un alimento sobre las concentraciones de NUS y NUL, la mejor hora para tomar la muestra de sangre o leche es de tres a cuatro horas después del consumo de cualquier alimento base o suplemento alimenticio. La muestra tomada en las horas de la mañana, inmediatamente después del ordeño, no es un buen indicativo para relacionar los valores de NUS o NUL con

el consumo de proteína o energía de la dieta. Los resultados de este estudio muestran que la medición de NUL es una herramienta válida para inferir sobre la composición de la dieta, en lo referente al consumo de proteína cruda, proteína soluble y su relación con la energía disponible en la dieta en vacas que consuman forrajes de baja calidad en sistemas de producción doble propósito en el trópico bajo.

Aunque se halló una amplia variación diurna en los valores de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, el comportamiento de los tres fue similar; los valores de los metabolitos son proporcionales entre sí, lo que demuestra que existe una fuerte dependencia entre ellos. Valores

altos de NUL indican concentraciones altas de NUS y consecuentemente de AR. Por lo tanto, la determinación de NUL es una herramienta viable para poder inferir en los ajustes de proteína y energía suministrada a las vacas del sistema doble propósito.

Referencias

- Allison, CD. Factors affecting forage intake by range ruminants. A review. *J Range Management* 1988; 38:305-311.
- AOAC. Official methods of analysis (16th ed). Association of Official Analytical Chemists; International Suite 400. 2200 Wilson Boulevard. Arlington Virginia. 22201- 3301 USA Washington D C. 1995.
- Baker LD, Ferguson JD, Chalupa W. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J Dairy Sci* 1995; 78:2424-???
- Bayer Corporation. Sera-Pak® Úrea. Juego de reactivos de uso en diagnóstico *in vitro* para la determinación de úrea en suero, plasma y orina. Publicación N°. TL9-6924J96. 1996.
- Broderick GA, Clayton MK. A statical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentration of milk úrea nitrogen. *J Dairy Sci* 1997; 80:2964-2971.
- Fox DG, Tylutki TP, Van Amburgh ME, Chase LE, Pell AN, et al. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. Software Cornell Net Carbohydrates and Protein System. CNCPS Version 4.0. 2000.
- Godden SM, Lissemore KD, Kelton D F, Leslie KE, Walton JS, et al. Relationships between milk úrea concentrations and nutritional management, production, and economic variables in Ontario dairy herds. *J Dairy Sci* 2001; 84:1128-1139.
- Gustafsson AH, Palmquist DL. Diurnal variation of rumen ammonia, serum úrea, and milk úrea in dairy cows at high and low yields. *J Dairy Sci* 1993; 76:475-484.
- Hammond AC. Effect of dietary protein level, ruminal protein solubility and time after feeding on plasma úrea nitrogen and the relationship of plasma úrea nitrogen to other ruminal and plasma parameters. *J Anim Sci* 1983; 57(Suppl 1):435 (Abstract).
- Hammond AC. Use of Blood úrea nitrogen concentration to guide protein supplementation in cattle. *Am Regi Prof Ani Sci* 1994; 10:9-18.
- Hess HD, Flórez H, Lascano CE, Baquero LA, Ramos J. Fuentes de variación en la composición de la leche y niveles de úrea en sangre y leche de vacas en sistemas de doble propósito en el trópico bajo de Colombia. *Pasturas Tropicales* 1999; 21:33-49.
- Hess HD, Flórez H, González E, Ávila M. Efecto del nivel de nitrógeno amoniacal en el rumen sobre el consumo voluntario y la digestibilidad *in situ* de forrajes tropicales. *Pasturas Tropicales* 1999; 21: 43-49.
- Hof G, Vervoorn, MD, Lenaers PJ, Tamminga S. Milk urea nitrogen as a tool to monitor protein nutrition of dairy cows. *J Dairy Sci* 1997; 80:3333-3340.
- Hojman D, Kroll O, Adin G, Gips M, Hanochi B, et al. Relationships between milk úrea and production, nutrition, and fertility traits in Israeli dairy herds. *J Dairy Sci* 2004; 87:1001-1011.
- Hojman D, Gips M, Ezra E. Association between live body weigh and milk úrea concentration in holstein cows. *J Dairy Sci* 2005; 88:580-584.
- Huntington G. Correlation of blood úrea N with various N and energy parameters in feedlot steers. *J Anim Sci* 1980; 51(Suppl.1):371 (Abstract).
- Hutjens MF, Barmore JA. Milk urea test gives us another tool. *Hoard's Dairyman* 1995. May 25; p. 401.
- Leng RA. Nutrition of ruminants at the pastures in the tropics: implications for selection criteria. 3rd. Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. University of Florida 1992. Vol 8 N°. 3 p. 298-309.
- Lewis D. Blood úrea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. *J Agri Sci* 1957; 48:438.
- Licitra G, Hernández TM, Van Soest PJ. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Ani Feed Sci Technol* 1996; 57:347-358.
- Mahecha L, Durán CV, Rosales M, Molina CH, Molina E. Consumo de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en un sistema silvopastoril. *Pasturas Tropicales* 2000; 22:26-30.
- Martínez R, Martínez N. Diseño de experimentos. Análisis de datos estándar y no estándar. 1 ed .Fondo Nacional Universitario. Santafe de Bogota, Colombia. 1997.
- Minson DJ, Milford R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportion of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). *Austr J Exp Agri Ani Husbandry* 1967; 7:546-551.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo, en especial a los señores Eudoro Moreno, Armando Cumaco y Luis Unda.

24. Oltner R. Factors affecting certain blood constituents and milk úrea in Swedish dairy cattle. Thesis. Swedish University of agricultural Sci. Uppsala Sweden. 1983.
25. Owens FN, Zinn R. Protein metabolism of ruminant animals. In: Church DC (ed). The ruminant animal, digestive physiology and nutrition. Prentice-Hall: Englewood Cliffs; 1988. p. 227-249.
26. Payne JM. The Compton metabolic profile test. In: Payne JM, Hibbitt KG, Swanson BF (eds). Production diseases in farm animals. London: Bailliere Tindall; 1972. p. 236
27. Pérez RA, Cuesta P. Especies forrajeras para el piedemonte Llanero, su fertilización y manejo. En: Curso de Producción de pastos en suelos ácidos. Yopal-Casanare, ICA; 1993: 1-29.
28. Rowlands GJ. Changes in concentrations of serum albumin in dairy cows at calving and their possible significance in relation to milk yield and fertility during lactation. The use of blood metabolites in animal production. Proceedings of a Symposium. British Society of Animal Production Occasional Publications 1978; 1:59-70.
29. Rowlands GJ. A review of variations in the concentration of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with physiology, nutrition and disease, with particular reference to the interpretation of metabolic profiles. Wld Rev Nutr Diet 1980; 35:172-235.
30. Ruegg PL, Goodger WJ, Holmberg CA, Weaver LD, Huffman M. Relation among body condition score, milk production, and serum úrea nitrogen and cholesterol concentrations in high-producing Holstein dairy cows in early lactation. Am J Vet Res 1992; 53:5-9.
31. SAS. SAS Institute Inc., SAS/STAT; Software Versión 9.00 Cary, NC, USA. 2002.
32. Schepers AJ, Meijer RG. Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on úrea concentration in milk. J Dairy Sci 1988; 81:579-584
33. Wohlt JE, Sniffen CJ, Hoover WH, Johnson LL, Walker CK. Nitrogen metabolism in wethers as affected by dietary protein solubility and amino acid profile. J Anim Sci 1976; 42:1280-1289.