

FUENTES DE VARIACION DE
LA COMPOSICION DE LECHE
Y LOS NIVELES DE UREA EN
SANGRE Y LECHE DE VACAS
DOBLE PROPOSITO EN EL
TROPICO BAJO
COLOMBIANO

H.D. Hess

H. Florez

C.E. Lascano

Inv. Asociados CORPOICA

L. A. Baquero Daza

A. Becerra Murgas

Inv. Pecuarios CORPOICA

FUENTES DE VARIACION DE LA COMPOSICION DE LECHE Y LOS NIVELES DE UREA EN SANGRE Y LECHE DE VACAS DOBLE PROPÓSITO EN EL TROPICO BAJO COLOMBIANO

H.D. Hess¹, H. Florez², C.E. Lascano³, L.A. Baquero⁴, A. Becerra⁴ y J. Ramos⁴

Introducción

La producción de carne y leche en sistemas doble propósito, es de gran importancia socioeconómica en América Latina Tropical (Rivas, 1992). Sin embargo, los índices de producción y productividad son generalmente bajos, pero podrían aumentarse mediante sistemas de suplementación estratégica. Para implementar cualquier tipo de suplementación, se debe conocer la cantidad y la calidad del forraje básico consumido por el animal, la calidad del suplemento y los requerimientos del animal para alcanzar el nivel de producción esperado. La evaluación de estas variables a nivel de finca, es difícil y de poca exactitud. Varios parámetros sanguíneos se han propuesto como alternativa para evaluar el estado nutricional de animales, y de esta manera ajustar nivel y tipo de suplementación (Payne et al., 1970; Lee et al. 1978; Kronfeld et al., 1982; Hammond, 1998). Uno de los indicadores más promisorios, es el nivel de nitrógeno ureico en sangre (BUN) y/o leche (MUN). Se ha demostrado, que el nivel de BUN o MUN refleja el balance de proteína degradable y energía fermentable en el rumen (Hammond, 1998). Esto es de gran importancia, porque 1) excesos en el consumo de nitrógeno pueden afectar el desempeño reproductivo de la hembra bovina (Ferguson et al., 1993; Butler et al., 1996; Larson et al., 1997), probablemente a través de cambios en el pH uterino (Elrod y Butler, 1993; Elrod et al., 1993), alteraciones de los tejidos del útero y efectos tóxicos en el embrión (Carroll et al., 1988); 2) la conversión de nitrógeno sobrante en urea para ser eliminado a través de la orina o la leche, representa un costo metabólico para el organismo e incrementa los requerimientos de energía (Greaney et al., 1996); 3) la proteína generalmente es el componente nutricional más costoso y por lo tanto se debe optimizar su utilización; y 4) deficiencias de nitrógeno degradable en el rumen reducen la digestibilidad y el aprovechamiento del forraje (Leng, 1990). Por todo lo anterior es probable, que el uso del BUN o MUN como herramienta para ajustar el suministro de energía y proteína, puede ayudar a reducir los costos de alimentación y mejorar los

¹ Ingeniero Agrónomo, Dr. sc. nat., Asesor Técnico-Científico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), A.A. 240142 Las Palmas, Bogotá, Colombia.

² Médico Veterinario Zootecnista, MSc., Programa Nacional de Ecofisiología Animal, Corpoica, A.A. 3129 Villavicencio, Colombia.

³ Líder del Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), A.A. 6713, Cali, Colombia.

⁴ Investigadores Grupo Pecuario, Corpoica Regional 3, CRECED Norte del Cesar, Valledupar, Colombia.

índices de producción y reproducción. Hammond et al. (1993) mostraron claramente, que la respuesta en ganancia de peso de bovinos en pastoreo, a una suplementación proteica, se disminuye a medida que se incrementa el nivel de BUN. En vacas de doble propósito, se encontró una relación similar entre la respuesta en producción de leche a la introducción de leguminosas en la pastura y el nivel de MUN (Lascano, 1996). Cuando el nivel de MUN fue inferior o similar a 9 mg/100 ml, la producción de leche se mejoró con la presencia de leguminosas, pero cuando el nivel de MUN fue superior a este valor, no se observó un mejoramiento significativo en la producción de leche.

Para ajustar y poner en práctica el uso de BUN y/o MUN como herramienta para guiar la suplementación de vacas de doble propósito en pasturas tropicales, es indispensable, conocer las fuentes de variación bajo condiciones de fincas comerciales. El presente trabajo tuvo como objetivo principal, cuantificar el efecto de diferentes factores alimenticios y del animal sobre los niveles de BUN y MUN y la composición de la leche en fincas de productores.

Materiales y Métodos

Localización y selección de fincas. Durante los años 1997 y 1998 se realizaron dos periodos de muestreos, en 9 fincas comerciales, ubicadas en el Valle del Cesar en el Norte de Colombia, entre las coordenadas 9° 31' hasta los 10° 58' de latitud Norte y desde los 72° 48' hasta 74° 05' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Esta región corresponde a un ecosistema semiárido con una precipitación anual promedio entre 700 y 1400 mm, distribuida en dos épocas lluviosas, de abril a mayo y de agosto a octubre. La evapotranspiración promedio anual es de 2000 mm y se presenta un déficit hídrico durante 10 meses del año. La temperatura promedio es de 27 a 30°C. La altura sobre el nivel del mar oscila entre 110 y 180 m.

Se seleccionaron fincas con diferentes niveles tecnológicos para obtener resultados representativos para un amplio rango de sistemas de producción (desde extensivo mejorado hasta intensivo) y así extrapolar los resultados obtenidos a otras regiones del país y al trópico en general. Las características importantes para la determinación del nivel tecnológico fueron: la alimentación (tipo y calidad de pastura, tipo de suplementación) y el nivel promedio de producción de leche. En el cuadro 1 se presenta el resumen de los parámetros tecnológicos y de producción de las fincas escogidas.

Determinaciones en los animales

Por muestreo, se escogieron en cada finca doce vacas en buen estado de salud (prueba de mastitis y control de ecto y endoparasitos), incluyendo animales en diferentes fases de lactancia (0 a 90 días, 91 a 180 días y >180 días).

Producción y composición de la leche. La producción diaria de leche se registró el día de la toma de muestra. En las fincas con doble ordeño se realizaron dos muestreos, uno por la mañana y otro por la tarde. Con el fin de determinar la composición de la leche de cada vaca, se tomaron aproximadamente 250 ml de leche de todos los cuartos. 50 ml se utilizaron para cuantificar los contenidos de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales. Estos análisis se realizaron utilizando un autoanализador (Milko-Scan 133, FOSS ELECTRIC, Dinamarca), en el Laboratorio de Calidad de Leche de la empresa CICOLAC en Valledupar (Colombia).

El contenido de MUN se determinó en el suero lácteo. Para la obtención del suero, se adicionaron 0.5 ml de una solución de cuajo comercial (10 ml de cuajo líquido en 90 ml de agua destilada) a 200 ml de leche y se incubaron en un baño de agua a una temperatura de 38°C por varias horas. Posteriormente se extrajo el suero con pipetas Pasteur estériles, se pasó a tubos de ensayo y se centrifugó por 15 minutos a 6000 revoluciones por minuto (rpm). Después se extrajo el suero puro de los tubos y se almacenó en viales de 1.5 ml bajo congelamiento a -20°C, hasta su análisis. El contenido de MUN se determinó, utilizando un "kit" comercial de urea de marca Sera-Pak® (BAYER, Alemania). El principio de este kit, se basa en la división enzimática de la urea en NH₃ y CO₂, y la posterior determinación colorimétrica del NH₃ en un espectrofotómetro (BAYER CORPORATION, 1996).

Parámetros sanguíneos. De cada vaca experimental se tomó una muestra de sangre de la vena coccigea mediante aguja desechable y tubos con anticoagulante (K-EDTA). El contenido de hematocrito (Hto) se determinó mediante centrifugación en tubos capilares con heparina por 5 minutos a 10000 rpm. Para el análisis del contenido de BUN, las muestras se centrifugaron por 15 minutos a 3500 rpm para separar el plasma sanguíneo. Posteriormente el plasma puro se almacenó en viales de 1.5 ml bajo congelamiento a -20°C, hasta su procesamiento. El contenido de BUN se determinó, utilizando el kit arriba mencionado.

Peso y condición corporal de la vaca y peso del ternero. El peso de las vacas y los terneros se determinó después del ordeño utilizando una báscula electrónica portátil posterior al ordeño. Para determinar la condición corporal, se utilizó una guía para la

evaluación de la condición corporal de vacas en sistemas doble propósito, con puntajes de 1 a 6, donde 1 corresponde a una condición muy pobre, 4 a una condición buena y 6 a una condición obesa (Hess et al., 1999).

Mediciones en pasturas, forrajes y suplementos

Disponibilidad y composición botánica de la pastura. El mismo día del muestreo de sangre y leche, se determinó la disponibilidad de forraje y la composición botánica en las pasturas ocupadas por las vacas de ordeño. Para este efecto, se tomaron, en cada pastura, 30 muestras con un marco de 0.25 m², distribuidos homogéneamente en todo el potrero. El forraje dentro de cada marco se cosechó a 2 cm sobre el suelo, y se separó en las diferentes especies. De cada especie se tomaron dos muestras de 300 g de forraje verde y se secaron en un horno a 60°C, para estimar la cantidad y la proporción de cada una de ellas, con base en materia seca.

Calidad de los forrajes. De las tres especies forrajeras predominantes en cada pastura, se tomaron muestras en forma manual, simulando el pastoreo del animal. Dos muestras de 300 g de cada especie se secaron en un horno a 60°C y posteriormente se molieron en un molino de laboratorio con una malla de 1 mm. A estas muestras se les determinó el contenido de proteína cruda (PC) mediante el método de micro-Kjeldahl (AOAC, 1995), el contenido de proteína soluble en bufer (PS) (Licitra et al., 1996), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina (LDA) (Van Soest et al., 1991). El contenido de materia orgánica (MO) se determinó por incineración a 600°C y el contenido de grasa (EE) por extracción con éter. El contenido de carbohidratos no estructurales (CHNS) se calculó de la siguiente manera: $CHNS(\%) = MO(\%) - PC(\%) - EE(\%) - FDN(\%)$. Adicionalmente, se determinó la digestibilidad *in sacco* de la materia seca (MS) a las 48 horas. Para este fin, se utilizaron bolsas de nylon con un tamaño de poro de 50 µm y un área efectiva de 0.1 cm²/mg MS.

Cantidad y calidad de los suplementos suministrados. En las fincas donde se suministró algún tipo de suplemento, se registró la cantidad ofrecida por vaca y de cada material se tomaron dos muestras de aproximadamente 300 g para realizar los análisis químicos y biológicos arriba mencionados.

Selektividad animal. En las fincas con pasturas asociadas con leguminosas o en sistemas silvopastoriles, pero sin suministro de suplementos, se determinó la proporción de leguminosa en la dieta seleccionada por las vacas, mediante la metodología de $\delta^{13}C$

(Jones et al., 1979). Para este fin, se tomaron muestras de las gramíneas y las leguminosas y de la materia fecal de cinco vacas por finca. Las muestras de materia fecal se tomaron directamente del recto o inmediatamente después de la deposición. Las muestras se secaron a 60°C y se molieron por una malla de 1 mm. Posteriormente se remitieron al laboratorio del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) en Cali (Colombia) donde se realizó el análisis de $\delta^{13}\text{C}$ en un espectrómetro de masas de flujo continuo (Europe Scientific ANCA-TRACERMAS). La proporción de leguminosa en la dieta seleccionada se tuvo en cuenta, para estimar la calidad de la dieta y el consumo total de nutrientes.

Consumo total de nutrientes. Para estimar el consumo de materia seca (MS) a partir de forraje, se asumió arbitrariamente un consumo de 1.4 kg de FDN por 100 kg de peso vivo. El consumo estimado de MS se multiplicó por la concentración de los distintos nutrientes en el forraje, teniendo en cuenta su composición botánica. A este consumo se sumó el aporte de nutrientes de los suplementos, para llegar al consumo total.

El contenido de energía neta para lactancia (ENL) en los suplementos se estimó con la siguiente fórmula (LMZ, 1995): $\text{ENL (MJ/kg MO)} = -13.67 + 0.0226 \text{ PC (g/kg MO)} + 0.0358 \text{ EE (g/kg MO)} + 0.0074 \text{ FC (g/kg MO)} + 0.022 \text{ ENN (g/kg MO)}$. El contenido de fibra cruda (FC) no se determinó directamente, pero se asumió, que era similar al contenido de celulosa en el concentrado y se calculó como la diferencia entre FDA y lignina. El contenido de extracto no nitrogenado (ENN) se calculó de la siguiente manera: $\text{ENN (g/kg MO)} = 1000 - \text{PC (g/kg MO)} - \text{EE (g/kg MO)} - \text{FC (g/kg MO)}$.

Para estimar el contenido de ENL en el forraje, se utilizó la fórmula: $\text{ENL (MJ/kg MS)} = k_L \times \text{EM (MJ/kg MS)} \times 0.975$ (LMZ, 1995). Donde k_L es el coeficiente de conversión de energía metabolizable (EM) en energía neta para lactancia (ENL), y se calcula de la siguiente manera: $k_L = 0.463 + 0.24q$, donde q es el coeficiente de conversión de energía bruta (EB) a energía metabolizable. El contenido de EB se estimó mediante la fórmula $\text{EB (MJ/kg MS)} = 0.0188 \text{ MO (g/kg MS)} + 0.0078 \text{ PC (g/kg MS)}$ (LMZ, 1995) y el contenido de energía metabolizable mediante la fórmula $\text{EM (MJ/kg MS)} = \text{ED (MJ/kg MS)} \times 0.82$ (Minson, 1990), donde ED es la energía digerible valor que se obtuvo mediante la multiplicación de la EB por la digestibilidad de la materia seca.

Análisis de información. La base de datos se organizó para determinar fuentes de variación en producción y composición de leche, parámetros sanguíneos y ganancia de peso de los terneros. Como se muestra en el cuadro 2, dependiendo de la variable de respuesta, se tuvieron en cuenta diferentes fuentes de variación (variables independientes).

Debido a la gran heterogeneidad genética de los rebaños no fue posible determinar con exactitud el grupo racial de todas las vacas. Además, el número de observaciones fue muy diferente entre grupos. Por esta razón, el grupo racial no se tuvo en cuenta como fuente de variación.

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.0 (SAS, 1989). Inicialmente se realizó un análisis de regresión lineal y de correlación entre todas las variables, para determinar el grado de asociación entre ellas. Posteriormente, se realizó un análisis de regresión "multietápica", con el procedimiento STEPWISE, para definir incidencia de las variables independientes en el modelo.

Resultados y Discusión

Fuentes de variación en producción de leche. Como era de esperarse, prácticamente todas las variables de calidad nutricional y consumo de nutrientes, presentaron correlaciones significativas con la producción de leche. Además, el número de partos, la fase de lactancia y la disponibilidad de biomasa en la pastura tuvieron efectos significativos sobre la producción de leche. Debido a la presencia de correlaciones entre varias de estas variables independientes, finalmente se incluyeron el número de parto, la fase de lactancia, el consumo total de PC y de ENL, la relación PC:ENL y la disponibilidad de biomasa, en el modelo para el análisis de regresión multietápica (Cuadro 3). Estas variables independientes únicamente explicaron el 31% de la variación total en producción de leche. Es probable, que si en el modelo se hubiera incluido el grupo racial como fuente de variación, se habría podido explicar una mayor proporción de la variabilidad en producción de leche, porque en estudios realizados por el CIAT, se observó que en sistemas doble propósito, el grupo racial tiene un gran efecto sobre la producción de leche (Lascano et al., 1997). Además, el consumo de nutrientes se calculó, independientemente del nivel de producción, con base en el peso vivo de las vacas, y es probable que de esta manera, se haya subestimado el consumo de vacas con mayor producción.

La información recopilada en las fincas que practicaron doble ordeño, permitió comparar la producción de leche por ordeño con la producción total por día. Se encontró una correlación ligeramente superior entre la producción total por día y la leche medida en la mañana ($r^2 = 0.95$) que con la leche medida en la tarde ($r^2 = 0.88$) (Figura 1). En general, la leche ordeñada en la mañana superó la leche ordeñada en la tarde. Vacas con mayor producción (6 a 14 kg/día), produjeron aproximadamente el 57% de la producción diaria de leche en la mañana y el 43% restante en la tarde. Sin embargo, en vacas de baja

producción (3 a 5 kg/día), las producciones obtenidas en la mañana y la tarde fueron similares.

Estos resultados sugieren que si se trabaja en explotaciones de ganado doble propósito con doble ordeño, la producción diaria se podría estimar midiendo únicamente la leche de la mañana.

Fuentes de variación en contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche. En general, la composición de la leche mostró poca variación debido a factores alimenticios (Cuadro 4). Esto fue particularmente cierto, en el caso del contenido de grasa y lactosa que no fue afectado por ninguna de las variables de calidad nutricional y consumo de nutrientes. El contenido de proteína, sin embargo, presentó una leve pero significativa relación ($P < 0.0001$) con la concentración de proteína soluble (PS) en el forraje ($r^2 = 0.12$) y el consumo total de PS ($r^2 = 0.07$).

La variable que más afectó la composición de la leche fue la fase de lactancia. El nivel promedio de grasa aumentó de 3.5% al iniciar la lactancia, a 5.6% a los 300 días. En el mismo periodo, el nivel promedio de proteína incrementó de 2.8% a 3.7%. En ambos casos, la fase de lactancia explicó aproximadamente un 30% de la variación total. El comportamiento del nivel de lactosa fue diferente. El contenido promedio de lactosa se redujo de 5.1%, al inicio de la lactancia, a 4.7% a los 300 días, y el coeficiente de determinación fue 0.17 ($P < 0.0001$).

Otras variables independientes, que estuvieron asociadas con variaciones en la composición de leche, fueron la edad de la vaca, que afectó negativamente el contenido de proteína y lactosa, y la disponibilidad de biomasa que tuvo un efecto positivo sobre el contenido de lactosa y grasa. Sin embargo, el aporte de estas variables al modelo fue bajo (r^2 parcial < 0.03).

El análisis de regresión multietápica, mostró que las variables independientes incluidas en modelo explicaron un 32% de la variación total de grasa en la leche, un 47% en la variación total de proteína y un 21% en la variación total de lactosa.

Con base en estos resultados se puede concluir que, en ensayos de pastoreo o de suplementación en fincas, no es necesario determinar la composición de la leche, porque el efecto de los parámetros nutricionales sobre la composición es mínimo. Sin embargo, la gran variación observada entre animales, especialmente en el contenido de grasa (1.22% hasta 8.82%), sugiere que es importante determinar esta variable, para corregir la producción de leche según su contenido de grasa.

La comparación de la composición de la leche ordeñada en la mañana y en la tarde, mostró que los contenidos de grasa, proteína y lactosa fueron similares en ambos ordeños. Los coeficientes de determinación variaron entre 0.83 y 0.93 y se observaron coeficientes de regresión entre 0.98 y 1.00. Esto indica que es suficiente tomar una muestra en la mañana, para analizar la composición de la leche.

Fuentes de variación de nitrógeno ureico en sangre (BUN) y leche (MUN). Varios investigadores han propuesto el nivel de BUN o MUN como indicador del estado nutricional de bovinos (Oltner y Wiktorsson, 1983; Lascano et al., 1997; Hammond, 1998). Para trabajos experimentales en general, y en experimentos a nivel de fincas comerciales en particular, la cuantificación del MUN presenta una gran ventaja sobre el BUN, porque se puede determinar mediante métodos no invasivos. La muestra de leche es más fácil de tomar, produce menos estrés en la vaca, es económica y es posible que sea más fácil adoptable por los productores (Moore y Varga, 1996). Sin embargo, su importancia depende en gran medida, del grado de asociación con el BUN. Como se puede observar en la figura 2, se encontró una relación lineal entre los niveles de MUN y BUN, con un alto grado de asociación ($r^2 = 0.93$). El coeficiente de regresión fue similar a 1, lo cual indica, que por cada unidad que aumentó el BUN, el MUN también se incrementó una unidad. El intercepto fue de -2.09, lo cual muestra que, en promedio, los niveles de MUN fueron aproximadamente 2 mg/100 ml inferiores a los niveles de BUN. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Roseler et al. (1993), Baker et al. (1995) y Broderick y Clayton (1997), quienes encontraron una alta correlación entre MUN y BUN (r^2 entre 0.79 y 0.93) y niveles de MUN inferiores a los niveles de BUN.

La comparación de los niveles de MUN medidos en la leche obtenida en el ordeño de la tarde con aquellos de la mañana, mostró una alta correlación ($r^2 = 0.88$, $P < 0.0001$), y el coeficiente de regresión fue de 1.11, lo cual indica que los niveles de MUN en la leche ordeñada en la tarde fueron aproximadamente 11% superior a los niveles de MUN en la leche de la mañana. Esto sugiere que en fincas donde se practica doble ordeño es necesario medir MUN en ambos ordeños.

Los niveles de BUN y MUN difirieron considerablemente entre fincas. Los promedios de MUN por finca y muestreo variaron entre 4.55 y 24.92 mg/100 ml, con coeficientes de variación entre 10% y 50%. El análisis de regresión simple mostró, que prácticamente todos los factores alimenticios estuvieron asociados con variaciones de BUN y MUN. Contrario a esto, de los factores animales (edad, número de partos, nivel de producción, fase de lactancia, peso vivo y condición corporal), solamente el nivel de producción y el peso de la vaca mostraron efectos significativos sobre BUN y MUN. Debido a la presencia de correlaciones entre varias de las variables independientes, finalmente se incluyeron en el modelo para el análisis de regresión multietápica únicamente el nivel de

producción, el peso de la vaca, el consumo total de proteína y de energía y la relación proteína:energía (Cuadro 5). Al considerar todos los datos, estas variables independientes explicaron solamente el 35% de la variación de BUN y un 37% de la variación de MUN. Sin embargo, cuando se eliminaron los datos de las vacas que recibieron forrajes conservados, el modelo explicó aproximadamente un 60% de la variación de BUN y MUN en las vacas en pastoreo. Este efecto del tipo de forraje básico podría estar relacionado con cambios que se presentan en la calidad del forraje durante el proceso de conservación y que no son detectados mediante los análisis químicos y biológicos realizados en el presente estudio.

El factor alimenticio de mayor efecto sobre el nivel de MUN en vacas en pastoreo, fue la relación proteína cruda:energía neta para lactancia (PC:ENL) en el total de la dieta consumida. Esta variable explicó el 55% de la variación en MUN. Como se puede observar en la figura 3, generalmente, niveles de MUN por debajo de 10 mg/100 ml estuvieron asociados con relaciones de PC:ENL inferiores a 20 g/MJ, valor que es considerado como mínimo, para garantizar una eficiente fermentación ruminal (LMZ, 1995). Esto podría explicar porque en vacas doble propósito se encontró una respuesta positiva en producción de leche, a la introducción de leguminosas en la pastura (mayor suministro de proteína), cuando el nivel de MUN fue similar o inferior a 9 mg/100 ml, pero no, cuando el MUN fue superior a este valor (Lascano, 1996). Por otro lado, la figura 3 muestra, que valores de MUN superiores a 20 mg/100 ml, están asociados con relaciones de PC:ENL mayores de 25 g/MJ, lo cual indica un exceso de proteína o una deficiencia de energía disponible a nivel ruminal. Cuando hay un exceso de proteína, el proceso de digestión ruminal da lugar a una intensa producción de amoníaco, se presenta sobrecarga del hígado y se producen alteraciones hepáticas subclínicas (Dehning, 1988), siendo más severa la condición, cuando se acompaña de una deficiencia de energía. Además se ha demostrado, que niveles de MUN superiores a 19-20 mg/100 ml pueden estar asociados con problemas reproductivos en la hembra bovina como aumento en los días abiertos, bajas tasas de concepción y repetición de calores (Ferguson, 1991; Ferguson et al., 1993; Butler et al., 1996; Larson et al., 1997). Todo lo anterior sugiere, que el rango óptimo de MUN para vacas doble propósito en pastoreo, esta entre 10 y 19 mg/100 ml.

Fuentes de variación del peso vivo del ternero. En sistemas de producción doble propósito, el peso del ternero al destete, es de gran importancia económica. En el presente trabajo no fue posible evaluar el peso al destete, pero se determinó el peso en el momento del muestreo, y se asumió, que este peso esta asociado con el peso al destete. Como era de esperarse, la fuente de variación de mayor importancia, fue la fase de lactancia, o mejor, la edad del ternero (Cuadro 6). Otros factores animales asociados con el peso del ternero, fueron la edad y el peso de la madre. Vale la pena resaltar, que

la producción total de leche de la madre no afectó el peso del ternero, pero la producción de leche corregida (ECM), sí tuvo un efecto positivo sobre el peso de la cría. De los factores alimenticios, el contenido de proteína cruda en el forraje presentó una relación significativa con el peso del ternero. El análisis de regresión multietápica, mostró que el modelo explicó el 66% de la variación en el peso del ternero.

Fuentes de variación del contenido de hematocrito. El único factor alimenticio que estuvo asociado con variaciones en el contenido de hematocrito, fue el consumo total de proteína cruda. Esto concuerda con los reportes de Manston et al. (1975), quienes encontraron que en hatos lecheros, el nivel de hematocrito es menor cuando se presenta un nivel bajo de proteína cruda en la dieta. Sin embargo, en el presente estudio, el r^2 parcial de este factor fue de solo 0.02, lo cual significa, que únicamente explicó el 2% de la variación en el nivel de hematocrito. De los factores animales, la edad tuvo un efecto negativo y la condición corporal un efecto positivo sobre el contenido de hematocrito. Se ha demostrado que la edad es un factor de variación del hematocrito, y que vacas de primer parto tienen mayores niveles que vacas de dos o más partos (Ingraham y Kappel, 1988), posiblemente por los cambios normales de la cantidad de células eritroides en la médula ósea (Florez, 1993). En total, el modelo explicó solamente un 12% de la variación total en hematocrito. Esto indica, que el contenido de hematocrito no ayuda en la evaluación del estado nutricional de vacas en producción.

Conclusiones

Los factores alimenticios mostraron poco efecto sobre la composición de la leche, pero se observó una alta variabilidad entre animales, especialmente en el contenido de grasa. Esto sugiere que en ensayos con vacas doble propósito, se debe determinar esta variable, para corregir la producción láctea de acuerdo con su contenido de grasa.

El factor más asociado con variaciones en BUN y MUN, fue la relación proteína:energía en el total de la dieta consumida. En vacas en pastoreo, este factor explicó el 55% del total de variación en MUN y el 52% en BUN. Esto confirma que el BUN y el MUN son buenos indicadores del estado nutricional y sirven como herramienta para ajustar el suministro de proteína y energía en la dieta de vacas doble propósito en pastoreo.

Los resultados del presente estudio sugieren que el rango óptimo de MUN para vacas doble propósito en pastoreo, está entre 10 y 19 mg/100 ml. Generalmente, valores inferiores a 10 mg/100 ml están asociados con deficiencias de proteína en la dieta y es probable que vacas con estos niveles responden a la suplementación proteica. Por otro

lado, niveles superiores a 19 mg/100 ml, indican excesos de proteína o deficiencias de energía en la dieta.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo Nacional de Ganado de Colombia (FEDEGAN) y al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" (COLCIENCIAS) por la financiación parcial del presente trabajo, a la empresa CICOLAC por los análisis de leche y a la doctora Claudia Ariza por su colaboración en el análisis estadístico de la información.

Bibliografía

- Baker L.D., Ferguson J.D. y Chalupa W., 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78: 2424-2434.
- Broderick G.A. y Clayton M.K., 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentration of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 80: 2964-2971.
- Butler W.R., Calaman J.J. y Beam S.W., 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 74: 858-865
- Carroll D.J., Barton B.A., Anderson G.W. y Smith R.D., 1988. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 71: 3470-3481.
- Dehning R., 1988. Diagnostico y mejoramiento de la fertilidad en el hato. CICADEP, Series Monográficas No. 2. Universidad de la Salle, ICA, GTZ. 53pp.
- Elrod C.C. y Butler W.R., 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *Journal of Animal Science*, 71: 694-701.
- Elrod C.C., Van Amburgh M. y Butler W.R., 1993. Alterations of pH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus. *Journal of Animal Science*, 71: 702-706.

- FAG, 1994. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux, Suiza. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Tercera edición, 328 pp.
- Ferguson J.D. 1991. Nutrition and reproduction in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 7(2): 483-506.
- Ferguson J.D., Galligan D.T., Blanchard T. y Reeves M., 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. *Journal of Dairy Science*, 76: 3742-3746.
- Florez H. 1993. Evaluación de la función hemática y hepática y su relación con producción de leche y fertilidad de vacas lecheras. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 242pp.
- Greaney K.B., Reynolds G.W., Ulyatt M.J., Mackenzie D.D.S. y Harris P.M., 1996. The metabolic cost of hepatic ammonia detoxification. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 56:130-132.
- Hammond A.C., 1998. The use of BUN and MUN as guides for protein and energy supplementation in cattle. *Revista de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)*, 2(2): 44-48.
- Hammond A.C., Kunkle W.E., Bates D.B. y Sollenberger L.E., 1993. Use of blood urea nitrogen concentration to predict response to protein or energy supplementation in grazing cattle. In: *Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Inc.*, Palmerston North, New Zealand.
- Hess H.D., Díaz T.E. y Florez H., 1999. Guía para la evaluación de la condición corporal de vacas en sistemas doble propósito. Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), Bogotá, Colombia.
- Ingraham R.H. y Kappel L.C., 1988. Metabolic profile testing. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 4(2): 391-411.
- Jones R.J., Lundlow M.M., Troughton J.H. y Blunt C.B., 1979. Estimation of the proportion of C₃ and C₄ plant species in the diet of animals from the ration of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the faeces. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*, 92: 91-100.

- Kronfeld D.S., Donoghue S., Copp R.L., Stearns F.M. y Engle R.H., 1982. Nutritional status of dairy cows indicated by analysis of blood. *Journal of Dairy Science*, 65: 1925-1933.
- Larson S.F., Butler W.R. y Currie W.B., 1997. Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 80: 1288-1295.
- Lascano C.E., 1996. Oportunidades y retos en la utilización de leguminosas arbustivas como forraje suplementario en sistemas de doble propósito. En: Clavero T. (ed.), *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, La Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. pp. 29-40.
- Lascano C.E., Avila P., Ramírez G. y Amézquita M.C., 1997. Fuentes de variación en la producción de leche de vacas en un sistema de pastoreo secuencial. En: Lascano C.E. y Holmann F. (eds.), *Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia. pp 3-14.
- Lee A.J., Twardock A.R., Bubar, R.H., Hall J.E. y Davis C.L., 1978. Blood metabolic profiles: their use and relation to nutritional status of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 61: 1653-1670.
- Leng R.A., 1990. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews*, 3: 277-303.
- Licitra G., Hernandez T.M. y Van Soest P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, 57: 347-358.
- Manston R., Russel A.M., Dew S.M. y Payne J.M., 1975. The influence of dietary protein upon blood composition y dairy cows. *Veterinary Record*, 96: 497-502.
- Moore D.A. y Varga G., 1996. BUN and MUN: Urea nitrogen testing in dairy cattle. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 18(6): 712-721.
- Payne J.M., Dew S.M., Manston R. y Faulks M., 1970. The use of metabolic profile test in dairy herds. *The Veterinary Record*, 87: 150-158.

- Rivas L., 1992. El sistema ganadero de doble propósito en América Latina Tropical: evolución, perspectivas y oportunidades. Trabajo presentado al Simposio internacional sobre "Alternativas y Estrategias en Producción Animal", organizado por el Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, México, Abril 6-9 de 1992.
- Roseler D.K., Ferguson J.D., Sniffen C.J. y Herrema J., 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 76: 525-534.
- SAS, 1989. SAS Institute Inc., SAS/STAT® User's Guide, Version 6, Fourth Edition.
- Van Soest P.J., Robertson J.B. y Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.

Cuadro 1. Parámetros tecnológicos y de producción de las fincas experimentales.

Finca No.	Tipo de pastura	Tipo de suplemento	Vacas en ordeño	Producción por vaca (kg/día)	Ordeños por día	Peso corporal vaca (kg)	Grupo racial
1	Gramínea + Leguminosa	Salvado de trigo, semilla de algodón y concentrado comercial	44	5.8	2 (1) ¹	394±44	Holstein x Cebú Pardo Suizo x Cebú
2	Gramínea ²	Concentrado comercial en época de sequía	425	3.6	1	392±68	Pardo Suizo x Cebú
3	Gramínea + Leguminosa	-	110	4.3	1	406±71	Pardo Suizo x Criollo Pardo Suizo x Cebú Ramosinuano x Cebú Ramosinuano x Criollo
4	Gramínea + Leguminosa	Semilla de algodón en época de sequía	201	3.7	1	342±53	Cebú x Criollo Pardo Suizo x Cebú
5	Gramínea ²	-	72	3.0	1	366±30	Holstein x Cebú Pardo Suizo x Cebú
6	Gramínea + Leguminosa ³	Salvado de trigo, salvado de maíz y concentrado comercial	89	5.0	1	461±38	Cebú x Criollo Holstein x Cebú Pardo Suizo x Cebú Pardo Suizo x Criollo
7	Gramínea ²	Salvado de arroz, semilla de algodón y concentrado comercial	80	4.5	2 (1) ¹	353±43	Pardo Suizo x Cebú
8	Gramínea + Leguminosa	-	59	6.0	1	380±46	Pardo Suizo x Cebú
9	Gramínea	Salvado de trigo, torta de palmiste y concentrado comercial	36	8.5	2	409±37	Holstein x Cebú

¹ Dos ordeños en época de lluvias y un ordeño en época de sequía.

² Pastoreo en época de lluvias y heno de gramínea en época de sequía.

³ Pastoreo en época de lluvias y pastoreo más heno en época de sequía.

Cuadro 2. Fuentes de variación en producción y composición de leche, valores sanguíneos y ganancia de peso de los terneros, incluidas en el análisis estadístico.

Variable dependiente	Variables independientes
Producción de leche	Edad, número de partos, fase de lactancia (días postparto), condición corporal, peso vivo, calidad nutricional del forraje (PC, PS, FDN, CHNS, ENL, proteína:energía, proteína:CHNS), disponibilidad de biomasa en la pastura y consumo total de nutrientes.
Composición de leche	Edad, número de partos, fase de lactancia, producción de leche, condición corporal, peso vivo, calidad nutricional del forraje, disponibilidad de biomasa en la pastura y consumo total de nutrientes.
Parámetros sanguíneos	Edad, número de partos, fase de lactancia, producción de leche, condición corporal, peso vivo, calidad nutricional del forraje, disponibilidad de biomasa en la pastura y consumo total de nutrientes.
Ganancia de peso del ternero	Edad de la madre, número de partos, fase de lactancia, producción y composición de leche, condición corporal y peso vivo de la madre, calidad nutricional del forraje y disponibilidad de biomasa en la pastura.

Cuadro 3. Fuentes de variación en la producción diaria de leche en vacas en sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.

Fuente de variación	r² parcial	r² del modelo
Consumo total de proteína cruda	0.091	0.091
Número de partos	0.052	0.143
Disponibilidad de biomasa	0.035	0.178
Fase de lactancia	0.030	0.209
Relación proteína:energía	0.020	0.229
Consumo total de energía	0.085	0.314

Cuadro 4. Fuentes de variación en el contenido de grasa, proteína y lactosa de la leche en vacas de sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.

Variable dependiente	Fuente de variación	r ² parcial	r ² del modelo
Grasa	Fase de lactancia (días postparto)	0.294	0.294
	Disponibilidad de biomasa	0.025	0.319
Proteína	Fase de lactancia	0.327	0.327
	Consumo de proteína soluble	0.121	0.448
	Edad de la vaca	0.028	0.476
Lactosa	Fase de lactancia	0.168	0.168
	Disponibilidad de biomasa	0.044	0.213
	Edad de la vaca	0.029	0.242

Cuadro 5. Fuentes de variación en el contenido de nitrógeno ureico en sangre (BUN) y leche (MUN) en vacas en sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.

Variable dependiente	Fuente de variación	r ² parcial	r ² del modelo
BUN	Relación proteína:energía	0.274	0.274
	Peso de la vaca	0.022	0.296
	Consumo de energía	0.058	0.352
MUN	Relación proteína:energía	0.238	0.238
	Consumo total de proteína	0.057	0.295
	Peso de la vaca	0.056	0.351
	Producción de leche	0.023	0.371

Cuadro 6. Fuentes de variación del peso vivo del ternero en sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.

Fuente de variación	r ² parcial	r ² del modelo
Fase de lactancia	0.486	0.486
Peso de la vaca	0.105	0.590
Proteína en el forraje	0.046	0.637
Producción de leche corregida ¹	0.027	0.664

¹ Leche corregida (kg) = ((0.038 x grasa (g/kg) + 0.024 x proteína (g/kg) + 0.017 x lactosa (g/kg)) x kg leche) / 3.14

Figura 1. Relación entre la cantidad de leche por ordeño (mañana y tarde) y el total de leche producida en el día por vacas de sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.

Figura 2. Relación entre el contenido de nitrógeno ureico en la leche (MUN) y en sangre (BUN) en vacas de sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.

Figura 3. Relación entre el nivel de nitrógeno ureico en leche (MUN) y la relación proteína:energía (PC:ENL) en la dieta consumida de vacas en pastoreo en sistemas doble propósito en el trópico bajo colombiano.



