

# CONCENTRACIÓN DE UREA EN LECHE DE TANQUES DE ENFRIAMIENTO EN HATOS DEL TRIÁNGULO DEL CAFÉ COLOMBIANO

## Urea Concentration in Bulk Tank Milk from Dairy Herds of Colombian Coffee Triangle

Alejandro Ceballos y Néstor Alonso Villa

Grupo de Investigación en Biología de la Producción Pecuaria, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. Apartado Aéreo 275. Manizales, Colombia. alejandro.ceballos@ucaldas.edu.co

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue establecer la concentración de urea, grasa y proteína en la leche de tanques de enfriamiento en hatos seleccionados en el Triángulo del Café en Colombia. Mediante un muestreo dirigido, se seleccionaron 34 hatos lecheros, en los que se tomaron mensualmente y por un período de seis meses, muestras de leche del tanque para determinar la concentración de urea, grasa y proteína. Los datos fueron analizados mediante regresión lineal mixta para establecer las eventuales diferencias entre las regiones y períodos de tiempo. El promedio de la concentración de urea fue  $6,0 \pm 1,6$  mmol/L, observándose diferencias significativas según la época del año. La concentración de urea fue más elevada en los meses de mayor precipitación. No se observaron diferencias para el contenido de grasa, mientras que la concentración de proteína fue diferente según la época del año. Bajo las condiciones de este estudio, la concentración de urea en leche se ubicó en el límite superior a los parámetros de referencia, siendo necesario ajustar los valores de referencia para la zona geográfica estudiada.

**Palabras clave:** Bovinos, nutrición, leche, urea, nitrógeno no proteico.

### ABSTRACT

To evaluate the concentration of bulk tank milk urea, milk fat, milk protein in dairy herds from Coffee Triangle, 34 herds were purposively selected. Bulk tank milk samples were monthly collected from each herd for six months. Milk urea, fat and protein were analyzed. Linear mixed models were used to analyze data in order to establish the differences among regions and sea-

sons. Mean milk urea concentration was  $6.0 \pm 1.6$  mmol/L. The milk bulk tank urea concentration was different according to the month of the year. There was also a positive association between milk urea and rainfall. Milk fat concentration was not affected by region or month, while milk protein concentration was different according to the month of the year. These results suggest that milk urea concentration in selected dairy herds was in the upper limit of international reference values, being necessary to adjust the reference values for this region in Colombia.

**Key words:** Dairy cattle, nutrition, milk, urea, non-protein nitrogen.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas intensivos de producción lechera en la zona andina colombiana se basan en el uso de praderas fertilizadas con elevadas dosis de nitrógeno y suplementación con alimentos concentrados, muchos de ellos con una alta concentración de proteína cruda (PC) [9,23]. El uso de altas dosis de nitrógeno se traduce en una alta carga de este elemento en la vaca (*Bos taurus* y *Bos indicus*), excretándose a través de la orina o la leche en forma de nitrógeno ureico (NU) [9]. El NU puede usarse como predictor de la cantidad excretada al ambiente, que contribuye a incrementar la contaminación ambiental dependiendo de la cantidad [7,8,26].

Según la cinética de degradación ruminal de la PC, ésta puede dividirse en proteína degradable (PD), proteína no degradable en el rumen (PNDR) y nitrógeno no proteico (NNP), donde la PD y el NNP proveen nitrógeno y aminoácidos necesarios para el crecimiento bacteriano [20,27]. Bajo ciertas circunstancias, el uso de suplementos alimenticios con un elevado contenido de NNP o PD aportan una cantidad de nitrógeno que se transforma en amoníaco pudiendo llegar a ser excesivo.

vo con respecto a la energía fermentable disponible para la población bacteriana ruminal [6,27]. El amoníaco es transportado al hígado, ingresa al ciclo de la urea, liberándose a la sangre como tal y se excreta en la orina o se recicla en el rumen a través de la saliva [21,27]. La urea se difunde a través de las células secretoras de la glándula mamaria eliminándose en la leche, siendo analizado como nitrógeno ureico en leche (NUL) [27]. La cantidad de NU excretada en la orina es directamente proporcional a la concentración en sangre, y a su vez, esta cantidad es proporcional a la concentración en leche [21].

El NUL ha sido asociado con un aumento del NNP y de la PD de la ración, así como también, con una baja disponibilidad de carbohidratos fermentables, lo que genera una mayor cantidad de amoníaco; además, la concentración también puede aumentar cuando el aporte energético no está equilibrado con el contenido proteico de la dieta, lo que está relacionado con una utilización ineficiente del nitrógeno [18,27]. Así, la detoxificación del amoníaco constituye una pérdida energética para la vaca, pudiendo limitar su producción; sin dejar de lado que los valores inadecuados de urea también interferirán en la calidad de la leche y contribuirán a una mayor eliminación de nitrógeno al medio ambiente [7,8,26].

El análisis de la composición química de la leche así como el conocimiento de las relaciones que hay entre sus diferentes componentes, ha sido usado para establecer la presencia de desequilibrios nutricionales en vacas y rebaños [28,29]. La facilidad para la toma de muestra, al ser un método no invasivo, permite usar regularmente el NUL como herramienta diagnóstica para determinar la eficiencia en la utilización del nitrógeno [3,28,30]. Es útil en el diagnóstico de rebaño y permite evaluar el consumo de PD e indirectamente el balance de carbohidratos fermentables en la dieta [3,28,30].

Estudios realizados en los Estados Unidos, donde han participado tanto productores como asesores, quienes han recibido información completa acerca de los resultados e interpretación de los valores de NUL en sus hatos, han implementado cambios en el manejo nutricional, logrando no sólo la disminución del NUL a valores objetivo sino un ahorro en los costos de la alimentación de las vacas, disminuyendo también el impacto ambiental causado por la excesiva excreción de nitrógeno [17]. Una reducción en el NUL de 0,2 mmol/L corresponde a 9,2 g/d menos de nitrógeno provenientes de la orina y 1,9 g/d de la materia fecal. Asumiendo una lactancia ajustada a 305 d, la reducción sería entonces equivalente a 3,4 kg de nitrógeno/vaca/lactancia, que significan aproximadamente 6 dólares menos por lactancia en el costo de la alimentación [17].

En Colombia, algunos investigadores han indicado la presencia de excesos de proteína en explotaciones lecheras al observar valores promedio para NUL de 8,0 mmol/L, valor estrechamente relacionado con los niveles de PC del forraje [9,23]. Algunas plantas procesadoras de lácteos en el país han venido midiendo los valores de urea en leche de los diferentes tanques en los hatos como parte del pago por calidad; sin em-

bargo, esta información es confidencial y está disponible solo para procesos internos en dichas plantas. Pese a los reportes anteriores y dado que las condiciones de producción pueden variar de una zona geográfica a otra, no se han reportado valores para la concentración de urea total en leche en otras regiones del país, particularmente en el Triángulo del Café. Por consiguiente, se ha señalado como hipótesis de trabajo que la concentración de urea en leche en hatos lecheros de los Departamentos del Triángulo del Café es variable, y que además hay variaciones según la época del año. El objetivo de este estudio fue establecer la concentración de urea en leche en la zona objeto del estudio y su eventual variación según la época del año (noviembre a abril).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** En los departamentos Caldas (n = 12), Risaralda (n = 6), Quindío (n = 7) y Norte del Valle (n = 9) pertenecientes al Triángulo del Café Colombiano, se seleccionaron 34 hatos lecheros mediante un muestreo dirigido [13]. Se consideró para la selección que el hato contara con tanque de enfriamiento para la leche, facilidades para la recolección de las muestras y un sistema de producción basado en pastoreo intensivo con fertilización y suplementación con concentrados. Los predios estaban localizados entre 1000 y 3300 msnm, en una zona con características climáticas determinadas por una convergencia intertropical con dos épocas de verano y dos épocas de lluvias, con una temperatura promedio entre 9° y 24°C, una humedad relativa promedio del 80%, y una pluviosidad entre 1000 mm y 3200 mm anuales [11].

Los sistemas productivos de los hatos seleccionados fueron clasificados como lechería especializada en pastoreo intensivo más suplementación o pastoreo extensivo mejorado [25]. Las razas bovinas predominantes fueron Holstein y Normando en la zona alta, mientras que en zonas bajas las razas fueron Jersey, Gyr, cruzamientos entre Holstein y Brahman, Holstein y Gyr, y vacas mestizas. En el área destinada a la ganadería predominaban las gramíneas como especie forrajera, encontrándose los pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Azul Orchoro (*Dactylis glomerata*), Falsapoa (*Holcus lanatus*) y Raigrás (*Lolium spp*) en las zonas altas; mientras que en las zonas bajas se encontraron Estrella (*Cynodon plectostachyus*) y Guinea (*Panicum maximum*). Estas praderas se caracterizaban por poseer niveles elevados de fertilización nitrogenada, aproximadamente 800 kg de urea/Ha/año. La suplementación se realizaba con alimentos balanceados comerciales, cuyo contenido de PC estaba entre 14 y 18%. Las vacas se suplementaban a razón de un 1 kg de concentrado por cada 5 kg de leche producida, proporción variable según la etapa de lactancia y producción de leche. En todos los hatos se suministraba agua y sal mineralizada a voluntad.

**Muestras:** En cada hato se tomó mensualmente durante seis meses, una muestra de 100 mL de leche directamente

del tanque de enfriamiento. Las muestras fueron transportadas en refrigeración dentro de las siguientes 12 horas a los laboratorios de Patología Clínica Veterinaria de la Universidad de Caldas y al Instituto de Gestión de la Calidad Agroalimentaria (INGECAL) de la Universidad Católica de Manizales para su posterior análisis.

**Análisis:** Se determinaron la concentración de grasa (método Gerber) y proteína (método Kjeldahl) en leche, así como la concentración de urea (método Ureasa-Berthelot) previo desgrasamiento de la muestra por doble centrifugación a 1500 g durante 15 minutos [30]. La urea se expresó en mmol/L como urea total y no como NUL [30].

La fracción de NNP en la leche se determinó usando como base la cantidad total de nitrógeno, expresando el NNP como proporción (%) del nitrógeno total de la leche que fue determinado en laboratorio.

**Análisis estadístico:** Los resultados obtenidos de las muestras tomadas fueron analizados inicialmente mediante estadística descriptiva obteniendo el promedio ( $\bar{X}$ ), desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV). Igualmente, se obtuvo la frecuencia de valores de urea, por región y por período, donde  $<2,9$  mmol/L y  $>6,0$  mmol/L fueron considerados como valores referenciales indicativos de un desequilibrio en el consumo de PD o NNP, o de una alteración en la relación energía:proteína [16,30]. No obstante, estos autores no especificaron cuál fue la relación energía:proteína para la obtención de este rango referencial en Colombia y Chile, respectivamente.

Se realizaron análisis separados para la concentración de proteína, grasa y urea. Los siguientes pasos generales fueron parte de los análisis. Inicialmente se evaluaron las asociaciones incondicionales entre las variables de interés. Las variables independientes asociadas con la variable dependiente ( $P \geq 0,10$ ) fueron incluidas en un modelo multivariado que fue manualmente reducido mediante selección de paso atrás (backward selection) de las variables significativas ( $P \geq 0,05$ ) [13]. La región geográfica, mes del año y pluviosidad se consideraron como variables independientes de efectos fijos. El agrupamiento de los datos dentro de los hatos fue evaluado mediante la inclusión de la variable hato como alea-

toria y no de efectos fijos, lo que cuenta para las eventuales variaciones debidas al manejo y la raza, y una estructura de correlación diagonal compuesta dentro de los hatos [13]. Los supuestos del modelo fueron evaluados mediante los residuos estandarizados, y las asociaciones significantes ( $P \geq 0,05$ ) fueron representadas mediante las medias de los cuadrados mínimos con su respectivo error estándar (EE) [13]. Los análisis fueron llevados a cabo usando los comandos 'pwwcorr', 'reg', 'xtreg' y 'xtmixed' de STATA, v. 13.1 (StataCorp. College Station, TX, EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 201 muestras en total, colectadas mensualmente desde el mes de noviembre hasta abril del año siguiente. Solamente hubo tres muestras que no fueron tomadas, correspondientes al mes de febrero en un hato de Risaralda, mientras que en enero y abril, en dos hatos del norte del Valle.

**Concentración de proteína y grasa en leche:** La proteína fue  $3,17 \pm 0,25\%$ , encontrándose valores similares en las diferentes zonas geográficas ( $P=0,69$ ; TABLA I). Con respecto a la época del año, en diciembre se obtuvieron los mayores valores, mientras que los valores más bajos se presentaron en abril ( $P<0,01$ ). Por otro lado, la concentración promedio de grasa fue  $3,58 \pm 0,41\%$ , no observándose diferencias según la zona geográfica ( $P=0,95$ ) o época del año ( $P=0,10$ ). A pesar que las vacas de la zona baja en este estudio tenían un mestizaje de *Bos indicus*, la concentración de grasa y proteína en leche coincide con resultados obtenidos en vacas de alta producción ordeñadas dos y tres veces/d [24]. Además, es importante tener presente que, a medida que se hace selección por producción de leche, hay una disminución en el contenido de sólidos, principalmente en la grasa [5]. En la TABLA I se presentan los valores promedio para la concentración de proteína y grasa en la leche.

**Concentración de urea en leche:** La concentración promedio de urea observada fue  $6,01 \pm 1,62$  mmol/L, obteniéndose solamente un 3,9% de valores inferiores a 2,9

TABLA I  
PROMEDIO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) PARA LA CONCENTRACIÓN DE UREA, GRASA Y PROTEÍNA EN MUESTRAS DE LECHE EN TANQUES DE ENFRIAMIENTO EN 34 HATOS LECHEROS DEL TRIÁNGULO DEL CAFÉ, COLOMBIA

Región	n <sup>1</sup>	Variable								
		Proteína (%)			Grasa (%)			Urea (mmol/L)		
		$\bar{X}$	DE	CV	$\bar{X}$	DE	CV	$\bar{X}$	DE	CV
Caldas	72	3,14	0,21	6,8	3,56	0,30	8,5	5,61	1,46	26,0
Risaralda	35	3,17	0,27	8,6	3,63	0,48	13,1	6,05	1,37	22,7
Quindío	42	3,22	0,23	7,0	3,56	0,45	12,7	6,68	1,59	23,8
Valle (zona norte)	52	3,17	0,28	8,9	3,58	0,46	12,8	6,00	1,85	30,8

<sup>1</sup>Corresponde al total de muestras colectadas en cada región.

mmol/L, mientras que un 50,5% de los valores fueron iguales o superiores a 6,0 mmol/L (FIG. 1). La concentración de urea no presentó variaciones según la región geográfica ( $P=0,15$ ) pese a que numéricamente la concentración fue menor en el departamento de Caldas y mayor en el Quindío (TABLA I).

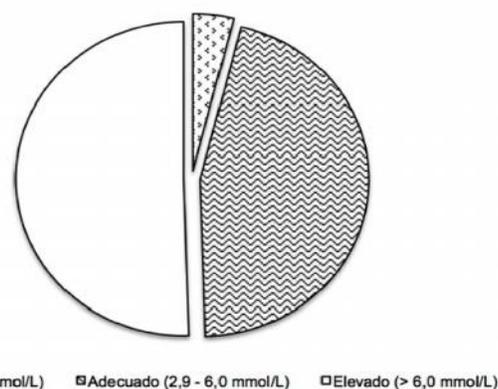
El promedio para la concentración de urea en leche en los tanques de enfriamiento en el Triángulo del Café se encontraba en el límite superior del valor señalado como referencial (2,5-7,3 mmol/L) [10,30]. Los valores observados fueron inferiores a los reportados para lecherías ubicadas en otras regiones de Colombia [9,23]; no obstante, fueron superiores a los observados en lecherías en zonas más bajas geográficamente [16]. Los reportes de estos estudios previamente realizados en Colombia han coincidido en afirmar que, la concentración de urea en leche estaba directamente relacionada con el contenido de PC del pasto.

La PC y el NNP contenidos en la ración junto con la energía fermentable disponible son los factores dietarios más importantes que estarían influyendo en la concentración de NUL, la que puede usarse como herramienta para evaluar el aporte de PC, NNP o el balance con la energía fermentable [16,20,22]. Por consiguiente, los valores observados para la concentración de urea en leche, unida a un promedio de 3,17% para la proteína en leche, podrían considerarse como un indicio del aporte de PD o NNP, que puede ser mayor al requerimiento para el tipo de vacas en los hatos estudiados. No obstante, dada la relación que hay entre el aporte proteico y los carbohidratos fermentables, también podría considerarse que el aumento de la urea en leche pudo deberse a un bajo aporte de energía o a la falta de sincronización entre el aporte de proteína y la energía fermentable en rumen [1,16].

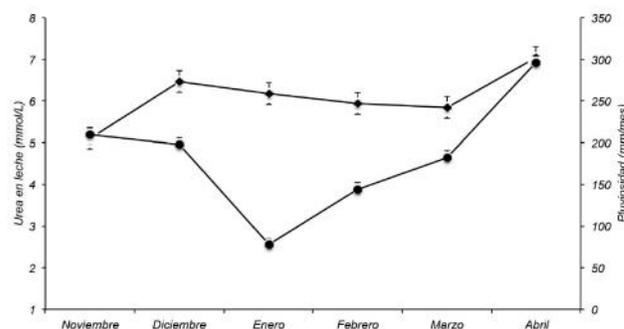
Se obtuvo una variación significativa en la concentración de urea en leche según el mes en el que se obtuvo la muestra ( $P<0,01$ ). Al inicio del estudio (noviembre) se observó la menor concentración, elevándose para el mes de diciembre y luego descendiendo sostenidamente hasta marzo del año siguiente. En el mes de abril se obtuvo de nuevo una alta concentración de urea en leche, siendo el valor más alto en el tiempo del estudio (FIG. 2). El incremento en la concentración de urea en leche al final del estudio fue coincidente con la época de mayor pluviosidad (FIG. 2).

Pese a observar una aparente relación inversa entre la pluviosidad y la concentración de urea entre los meses de diciembre y marzo, la relación entre ambas variables fue positiva ( $P=0,03$ ; FIG. 3). El coeficiente de determinación para esta asociación fue  $R^2=0,022$ , indicando que la variación explicada en la concentración de urea en leche por la pluviosidad es baja.

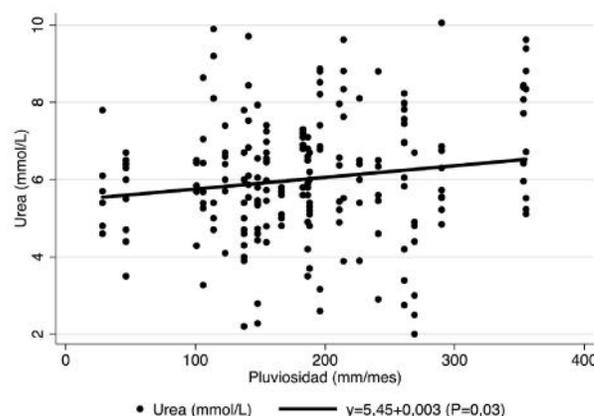
Una limitante de este estudio para hacer inferencia con respecto a la relación entre la urea en leche y el tipo de alimentación ofrecido en los hatos de este estudio, fue que no se realizaron análisis bromatológicos de los forrajes consumidos. Sin embargo, datos no publicados de los resultados del laboratorio de Bromatología de la Universidad de Caldas señalan que la



**FIGURA 1. FRECUENCIA DE VALORES PARA LA CONCENTRACIÓN DE UREA EN LECHE EN TANQUES DE ENFRIAMIENTO INFERIORES A 2,9 mmol/L (BAJO) O SUPERIORES A 6,0 mmol/L (ELEVADO) EN 34 HATOS LECHEROS DEL TRIÁNGULO DEL CAFÉ, COLOMBIA.**



**FIGURA 2. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE UREA EN LECHE DE TANQUES DE ENFRIAMIENTO (·) Y PLUVIOSIDAD MENSUAL (---) ENTRE NOVIEMBRE Y ABRIL EN 34 HATOS LECHEROS DEL TRIÁNGULO DEL CAFÉ, COLOMBIA.**



**FIGURA 3. REGRESIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE UREA EN LECHE SOBRE LA PLUVIOSIDAD EN 34 HATOS LECHEROS DEL TRIÁNGULO DEL CAFÉ, COLOMBIA.**

concentración de PC es elevada en pastos fertilizados con períodos de recuperación entre 28 y 35 d (Ceballos, A. Datos sin publicar). En este laboratorio se han analizado muestras de pasto Estrella en lecherías del Triángulo del Café con una PC entre 17 y 20% después de una recuperación entre 28 y 30 d, mientras que el pasto Kikuyo con una recuperación entre 30 y 35 d presenta una PC de 24%. Estos valores elevados de PC pueden estar originados en la alta fertilización nitrogenada y períodos de recuperación relativamente cortos, causando altos niveles de proteína soluble (PS) y NNP [9]. Las gramíneas típicas de zonas altas, p.e. Bromus (*Bromus inermis*), Falsa poa (*Holcus lanatus*) y Pasto azul (*Dactylis glomerata*) pueden llegar a un contenido de PC cercano a 20% con una proteína soluble de 23% con respecto a la PC [9].

Cuando la disponibilidad de forrajes con una elevada PC es alta, las vacas pueden tener un elevado consumo de PC, que al no complementarse con fuentes de energía fermentable adecuadas puede causar aumentos en la concentración de urea en leche >5,0 mmol/L [4]. Igualmente, se indicó que la suplementación con concentrados (p.e. 13% PC) a razón de 1 kg/4 kg de leche causó una disminución en la urea en leche a valores <4,1 mmol/L, donde el NNP fue un 6% del total de nitrógeno en la leche, mientras que sin suplementar el NNP fue un 8% del nitrógeno de la leche [4]. Sin embargo, los valores señalados por estos autores fueron siempre inferiores a los observados en este estudio.

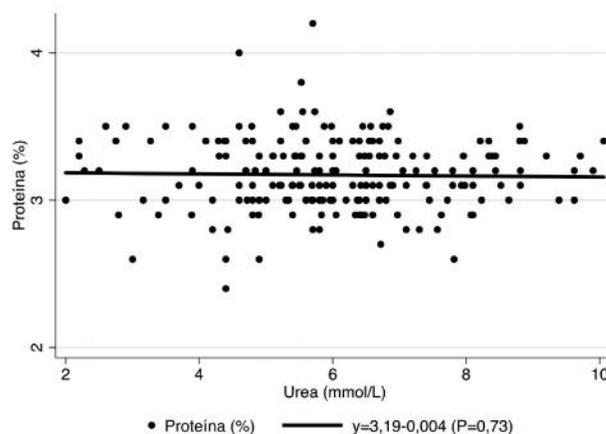
La composición nutricional de los pastos puede variar a lo largo del año [9], lo que determinaría entonces cambios en la fracción nitrogenada, pudiendo así observarse variaciones en la concentración de urea en la leche según la época del año. Así, una mayor concentración de urea en leche estaría determinada por un mayor consumo de PC, principalmente proteína soluble y PD [1,16,20]. Una elevación en la concentración de NUL superior a los valores referenciales, tal como la observada en los meses de diciembre y abril, estaría indicando entonces un mayor consumo de proteína en estos meses. Lo anterior coincide con un reporte previo, donde la época del año con mayor disponibilidad de forraje y un menor período de recuperación estaba asociada con una mayor concentración de urea en la leche [22].

El aumento del NUL no concuerda con un aumento de la proteína láctea, lo que puede indicar que el consumo de energía fermentable no fue suficiente para utilizar el nitrógeno disponible en el animal [12]. Igualmente, no haber determinado el contenido de PC en los pastos de las lecherías del estudio fue una limitante para determinar con mayor precisión que, el consumo de proteína podría haber tenido efecto en la proteína y urea en leche.

El inicio de la temporada de lluvias fue un factor que pudo influir en la elevación del NUL, ya que los forrajes pueden acumular una mayor cantidad de NNP debido a la tendencia de fertilizar cuando se inicia la época de lluvias. A partir de enero, las precipitaciones aumentaron en forma sostenida, he-

cho que coincidió con los valores más elevados de urea en leche. Otro factor que contribuye con el aumento en el consumo de nitrógeno es la suplementación con concentrados (algunos con PC hasta 18%), práctica común en el inicio de la época seca, ya que la cantidad de forraje disponible en las praderas disminuye. Lo anterior puede estar relacionado con un incremento en el consumo de nitrógeno y el aumento del NUL si el consumo de energía fermentable no es el adecuado [9,15,16,22].

**Concentración de proteína y urea en leche.** No se observó una asociación entre la concentración de proteína y la urea en leche (FIG. 4). El coeficiente de determinación para esta asociación fue  $R^2=0,001$ , lo que significa una baja variación en la proteína láctea explicada por la concentración de urea en leche.



**FIGURA 4. REGRESIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE UREA EN LECHE EN 34 HATOS LECHEROS DEL TRIÁNGULO DEL CAFÉ, COLOMBIA.**

La fracción de NNP de la proteína verdadera de la leche en los hatos estudiados, fue en promedio  $3,42 \pm 0,95\%$ , con un rango entre 1,16 y 5,70%. Se observaron diferencias según la época del año ( $P<0,01$ ). En el mes de noviembre se presentó la fracción más baja de NNP con respecto al nitrógeno total en la leche (2,91%, EE: 0,15%), mientras que en el mes de abril fue el promedio más alto (4,11%, EE: 0,15%).

La pendiente para la línea de regresión entre la concentración de proteína y la urea en leche fue prácticamente cero y no significativa, lo que sugiere poca utilidad en establecer esta correlación, al menos bajo las condiciones de este estudio. Lo anterior fue similar a los resultados hallados en otros estudios [14,19], resultados que pueden interpretarse como una baja eficiencia en la incorporación del nitrógeno de la dieta en la proteína verdadera de la leche. Está claro que, la suplementación con una mayor concentración de PC, donde la mayor parte sea aportada por NNP, PS o PD, no siempre va a producir un efecto benéfico en la proteína de la leche y, por el

contrario, mientras no haya un equilibrio con la energía fermentable, se va a producir un incremento lineal en la pérdida urinaria de nitrógeno y en la urea en la leche, contribuyendo a una mayor contaminación ambiental [7,8,26].

Finalmente, no debe descartarse en la interpretación de los valores de urea en leche que hay factores no nutricionales que también están influyendo en los resultados. Factores como la edad de la vaca, el estado de la lactancia y la cantidad de leche producida pueden explicar hasta un 13% de las variaciones observadas [2].

## CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos y bajo las condiciones en las cuales se realizó este estudio, la concentración promedio de urea en leche en tanques de enfriamiento de lecherías en el Triángulo del Café se ubicó en el límite superior a los valores considerados como referenciales para este indicador, con una variación del 27%. En algunos de los hatos persistieron valores elevados para la concentración de urea en leche, lo que sugiere que el rango de referencia para los rebaños ubicados en esta zona del país debe ajustarse, siendo necesaria la realización de estudios posteriores.

Es clara la necesidad de realizar más estudios que incorporen una muestra mayor a la considerada para el presente estudio. Asimismo, la selección de los hatos debe hacerse en forma aleatoria, lo que dará una mayor confianza en los resultados. Igualmente, deben obtenerse mayores antecedentes con respecto a las características de la dieta de las vacas, ya que en este estudio, la obtención de los datos con respecto a la fertilización de praderas, suplementos utilizados y nivel de suplementación de las vacas no fue completa.

La utilización de fertilizantes nitrogenados debe racionalizarse con el fin de evitar un alto consumo de PS o PD, ya que el nitrógeno degradable en exceso producirá un incremento lineal en la excreción de nitrógeno al medio ambiente, haciendo de la producción de leche un proceso metabólico ineficiente y contaminante.

## AGRADECIMIENTO

A los propietarios y trabajadores de las explotaciones que gentilmente facilitaron la realización de este estudio. La dedicación de un buen número de estudiantes del Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia que formaron parte del Grupo de Investigación en Biología de la Producción Pecuaria de la Universidad de Caldas, lo cual fue invaluable para la culminación de este estudio y al aporte financiero de la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados que fue decisivo para finalizar la investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMARAL-PHILLIPS, D. Milk urea nitrogen - A nutritional evaluation tool?. 2011. College of Agriculture, University of Kentucky. On Line: [http://afsdairy.ca.uky.edu/files/extension/nutrition/Milk\\_Urea\\_Nitrogen.pdf](http://afsdairy.ca.uky.edu/files/extension/nutrition/Milk_Urea_Nitrogen.pdf). 10.28.13.
- [2] ARUNVIPAS, P.; DOHOO, I.R.; VANLEEUEWEN, J.A.; KEEFE, G.P. The effect of non-nutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island, Canada. **Prev. Vet. Med.** 59:83-93. 2003.
- [3] ARUNVIPAS, P.; VANLEEUEWEN, J.A.; DOHOO, I.R.; KEEFE, G.P. Bulk tank milk urea nitrogen: Seasonal patterns and relationship to individual cow milk urea nitrogen values. **Can. J. Vet. Res.** 68:169-174. 2004.
- [4] BARGO, F.; MULLER, L.D.; DELAHOY, J.E.; CASSIDY, T.W. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. **J. Dairy Sci.** 85:1777-1792. 2002.
- [5] BOBE, G.; LINDBERG, G.L.; FREEMAN, A.E.; BEITZ, D.C. Short communication: Composition of milk protein and milk fatty acids is stable for cows differing in genetic merit for milk production. **J. Dairy Sci.** 90:3955-3960. 2007.
- [6] BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86:1370-1381. 2003.
- [7] BURGOS, S.A.; FADEL, J.G.; DEPETERS, E.J. Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to urine urea nitrogen excretion. **J. Dairy Sci.** 90:5499-5508. 2007.
- [8] BURGOS, S.A.; EMBERTSON, N.M.; ZHAO, Y.; MITLOEHNER, F.M.; DEPETERS, E.J.; FADEL, J.G. Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions. **J. Dairy Sci.** 93:2377-2386. 2010.
- [9] CARULLA, J. De la proteína del forraje a la proteína en la leche: Metabolismo del nitrógeno del forraje en la vaca lechera. **II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche**. Universidad de Antioquia, Medellín 10/15, Colombia. 1999.
- [10] CEBALLOS, A. Urea en leche: Uso, interpretación y relación con la proteína láctea. **V Seminario Internacional Competitividad en Carne y Leche**. Cooperativa COLANTA, Medellín 10/19-20. Colombia. 2006.
- [11] CENICAFE. Anuario Meteorológico Cafetero 2010. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. 551 pp. 2011.

- [12] DE CAMPENEERE, S.; DE BRABANDER, D.L.; VANACKER, J.M. Milk urea concentration as affected by the roughage type offered to dairy cattle. **Livest. Sci.** 103:30-39. 2006.
- [13] DOHOO, I.; MARTIN, W.; STRYHN, H. Caps. 2,7,12,15,20. **Veterinary Epidemiologic Research.** 2<sup>nd</sup> Ed. AVC Inc., Charlottetown, Canada. 865 pp. 2009.
- [14] GODDEN, S.M.; LISSEMORE, K.D.; KELTON, D.F.; LESLIE, K.E.; WALTON, J.S.; LUMSDEN, J.H. Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. **J. Dairy Sci.** 84:107-114. 2001.
- [15] GODDEN, S.M.; LISSEMORE, K.D.; KELTON, D.F.; LESLIE, K.E.; WALTON, J.S.; LUMSDEN, J.H. Relationships between milk urea concentrations and nutritional management, production, and economic variables in Ontario dairy herds. **J. Dairy Sci.** 84:1128-1139. 2001.
- [16] HESS, H.D.; FLOREZ, H.; LASCANO, C.E.; BAQUERO, L.A.; BECERRA, A.; RAMOS, J. Fuentes de variación en la composición de la leche y niveles de urea en sangre y leche en sistemas doble propósito en el trópico bajo de Colombia. **Past. Trop.** 21:33-42. 1999.
- [17] JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; HIGH, J. Use of milk urea nitrogen to improve dairy cow diets. **J. Dairy Sci.** 85:939-946. 2002.
- [18] KOLVER, E.; MULLER, L.D.; VARGA, G.A.; CASSIDY, T.J. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 81:2017-2028. 1998.
- [19] LYATUU, E.T.; EASTRIDGE, M.L. Nutritional factors affecting milk production, milk composition, milk urea nitrogen, and plasma urea nitrogen, 1999. Extension Research, The Ohio State University. Bull. Ext. Res. #163-99. On Line: [http://ohioline.osu.edu/sc163/sc163\\_11.html](http://ohioline.osu.edu/sc163/sc163_11.html). 10.28.13.
- [20] NATIONAL RESEACH COUNCIL (NRC). Protein and Amino Acids. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) Ed. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 7<sup>th</sup> Ed. National Academy Press, Washington DC. Pp 43-104. 2001.
- [21] NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. **J. Dairy Sci.** 87:386-398. 2004.
- [22] PEDRAZA, C.; MANSILLA, A.; MERUCCI, F.; PINEDO, P.; CONTRERAS, H. Niveles de urea láctea en vacas de la Región del Bío-Bío, Chile. **Agric. Téc.** 66:264-270. 2006.
- [23] PEÑA, F. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de vacas lecheras. 2002. AGRINAL, Colombia, En Línea: <http://www.encolombia.com/veterinaria/revacovez27102-importancianitro.htm>. 10.28.13.
- [24] QUIST, M.A.; LEBLANC, S.J.; HAND, K.J.; LAZENBY, D.; MIGLIOR, F.; KELTON, D.F. Milking-to-Milking Variability for Milk Yield, Fat and Protein Percentage, and Somatic Cell Count. **J Dairy Sci.** 91:3412-3423. 2008.
- [25] RIVERA, B.; VARGAS, J.E.; ARCILA, C.P.; MÁRQUEZ, R.; PÉREZ, J.F. Propuesta para la clasificación de sistemas de producción de leche: El caso de la zona de influencia de Manizales. **Rev. Sist. Prod.** 10:83-103. 1999.
- [26] TAMMINGA, S. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. **J. Anim. Sci.** 74:3112-3124. 1996.
- [27] WESTWOOD, C.T.; LEAN, I.J.; KELLAWAY, R.C. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review. Part 1. Dietary protein sources and metabolism. **N. Z. Vet. J.** 46:87-96. 1998.
- [28] WHITAKER, D.A.; KELLY, J.M.; EAYRES, H.F. Assessing dairy cow diets through milk urea tests. **Vet. Rec.** 136:179-180. 1995.
- [29] WHITAKER, D.A.; GOODGER, W.J.; GARCIA, M.; PERERA, B.M.; WITTWER, F. Use of metabolic profiles in dairy cattle in tropical and subtropical countries on smallholder dairy farms. **Prev. Vet. Med.** 38:119-131. 1999.
- [30] WITTWER, F.G.; GALLARDO, P.; REYES, J.; OPTIZ, H. Bulk milk urea concentrations and their relationship with cow fertility in grazing dairy herds in southern Chile. **Prev. Vet. Med.** 38:159-166. 1999.