

Niveles de urea en leche en sistemas silvopastoriles*

Alexander Navas Panadero¹ / Carlos Hernando Molina Durán² / Enrique José Molina Durán³ / Julio Ernesto Vargas Sánchez⁴

Resumen

El exceso de proteína en la dieta puede generar problemas productivos y reproductivos en rumiantes. La medición de la urea en la leche permite determinar la disponibilidad ruminal de energía y proteína, y, así, hacer ajustes en la dieta de ser necesario. El objetivo de este estudio fue cuantificar la concentración de urea en la leche en un hato que pastorea sistemas silvopastoriles multiestrato en alta densidad. Se evaluó un sistema doble propósito en El Cerrito, Valle del Cauca (Colombia). Los animales estuvieron divididos en tres grupos de alimentación (praderas con guinea-leucaena-algarrobo, estrella-leucaena-algarrobo, y estrella-algarrobo, respectivamente). Se recolectaron muestras de leche en el ordeño de la mañana y la tarde de cada animal seleccionado en cada grupo, a las cuales se les determinó la concentración de urea (Ureasa/ Berthelot). La concentración de urea en la leche del ordeño de la mañana y la tarde estuvo correlacionada positivamente ($r = 0,86$), la concentración promedio fue de $22,7 \pm 9,4$ mg/dl. Sin embargo, entre grupos de alimentación varió ($p < 0,001$), fue mayor en el primer muestreo ($p < 0,001$), y también se observó una amplia variación entre los muestreos de una misma base forrajera. Los sistemas silvopastoriles multiestrato presentan adecuado balance entre la materia orgánica fermentable y la proteína degradable a nivel ruminal.

Palabras clave: agroforestería, asociación gramínea-leguminosa, ganadería, nutrición.

* Artículo de investigación. Esta investigación fue financiada por la Reserva Natural El Hatico.

- 1 MVZ, MSc, PhD. Universidad de La Salle, Bogotá.
✉ anavas@unisalle.edu.co
🌐 <https://orcid.org/0000-0001-8975-2601>
- 2 MVZ. Reserva Natural El Hatico, Cali.
✉ chmolina@fun.cipav.org.co
- 3 Zoot, MSc. Reserva Natural El Hatico, Cali. ✉ ejmolina@fun.cipav.org.co
- 4 MVZ, MSc, PhD. Universidad de Caldas, Manizales.
✉ jvargas@ucaldas.edu.co
🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9126-3452>

Cómo citar este artículo: Navas Panadero A, Molina Durán CH, Molina Durán EJ, Vargas Sánchez JE. Niveles de urea en leche en sistemas silvopastoriles. Rev Med Vet. 2022;(44): 71-80. Disponible en: <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss44.9>

Urea Levels in the Milk in silvopastoral Systems

Abstract

Excess of protein in the diet can lead to both productive and reproductive problems in ruminants. Measuring the urea in the milk allows determining the ruminant availability of energy and protein and, therefore, to do some adjustments to the diet whenever necessary. This study aims to quantify the urea concentration in the milk in a farm that takes care of high-density multi-layer silvopastoral systems. A system with dual purpose was evaluated in El Cerrito, Valle del Cauca (Colombia). The animals were divided into three feeding groups (prairies with guinea-leucaena-algarrobo, estrella-leucaena-algarrobo and estrella-algarrobo, respectively). Samples of milk were gathered during the morning and afternoon milking from the animal selected in each group, and then the urea concentration was determined (Urease/ Berthelot). The urea concentrations in the morning and afternoon milk were correlated positively ($r = 0.86$), the average concentration was 22.7 ± 9.4 mg/dl. However, the values varied between the feeding groups ($p < 0.001$), it was higher in the first sample ($p < 0.001$). Likewise, a

broad variation was observed between the samples inside the same foraging basis. Multi-layer silvopastoral systems show an appropriate balance between the fermentable organic matter and the degradable protein in the ruminants.

Keywords: agroforestry, grass-leguminous association, dairy cattle, nutrition.

INTRODUCCIÓN

La proteína de la dieta de los rumiantes se degrada en el rumen o pasa al abomaso e intestino delgado, donde se degrada a aminoácidos y péptidos que son absorbidos. La proteína degradable, al igual que el nitrógeno no proteico (ej. urea), se convierte finalmente en amoníaco, que es usado para la síntesis de proteína microbiana (1, 2). En ese escenario, parte del amoníaco va al torrente sanguíneo, pasando a través de la pared ruminal, y en el hígado da origen a la urea (3). Asimismo, una parte de la urea regresa al rumen incorporada en la saliva y otra es eliminada del organismo, principalmente a través de la orina. En el caso de las vacas lactantes, también se elimina urea a través de la leche (4, 2, 5). La urea también se puede producir a partir de la proteína de los tejidos corporales o de aminoácidos absorbidos en el intestino delgado, cuando estos son utilizados para la producción de energía o síntesis de glucosa (6).

Con todo, la urea en la sangre está altamente correlacionada con el amonio ruminal y con la urea en la leche (7, 8, 9). Sin embargo, ya que es más práctico obtener muestras de leche, y que la concentración de urea en esta no esté sujeta a regulación por mecanismos homeostáticos, se ha propuesto que la determinación de la concentración de urea en leche puede ser una herramienta válida comercialmente, para examinar la disponibilidad ruminal de energía y proteína (10, 11).

Cuando a nivel ruminal la relación entre energía disponible (materia orgánica fermentable) y proteína degradable es óptima, se logra la máxima síntesis de proteína microbiana, y la concentración de urea en leche se encuentra en el rango óptimo. En tanto, si existe un exceso

de proteína, en relación con la energía, el nivel de urea en la leche aumenta (12); pero cuando existe una deficiencia de proteína, en relación con la energía, la concentración de urea en la leche disminuye (1). El exceso de proteína en la dieta, absoluto o relativo a la disponibilidad de energía, está asociado con una disminución en la fertilidad (6, 13, 14, 15). También, la concentración de urea en niveles bajos o altos en plasma o en leche, influye en la conducta productiva de los animales (16). Los valores de la urea en la leche y el nitrógeno ureico en la leche (NUL) se han usado para realizar ajustes en las concentraciones de proteína o energía de la ración, con el fin de conseguir un mayor aprovechamiento de los nutrientes que son suministrados (9, 17). Asimismo, se buscó mejorar la eficiencia productiva y reproductiva en sistemas de producción de leche.

Con base en la información de Mahecha y compañía (18), se puede considerar que en el sistema silvopastoril estrella (*Cynodon plectostachyus*) - leucaena (*Leucaena leucocephala*) - algarrobo (*Prosopis juliflora*), la cantidad de proteína cruda que consumen los animales es mayor que la cantidad requerida. Para una vaca de 500 kg, que produce 11 kg de leche/día, cuyo consumo de materia seca (MS) de forraje se estima en 9,5 kg/día (81 % estrella y 19 % leucaena) y que es suplementada con harina de arroz (1,4 kg), gallinaza (1,1 kg) y melaza (1,1 kg), el exceso de proteína cruda se calcula en 485 g/día (42 % más de lo requerido). En consecuencia, el nivel de urea en la leche debería estar aumentado. Asimismo, el balance de energía señala un exceso de 4 Mcal EM/día (15 % más de lo requerido). Bajo esas condiciones, se podría pensar que en sistemas silvopastoriles multiestrato en alta densidad se presentan excesos de proteína que pueden afectar el desempeño de los animales en sistemas de producción

de leche. Así, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar la concentración de urea en la leche en un hato doble propósito en el cual la base forrajera está constituida por sistemas silvopastoriles multiestrato en alta densidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Reserva Natural El Hatico, ubicada en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca. La Reserva se encuentra a una altura de 1.000 m.s.n.m., cuenta con una temperatura media de 24°C, y 750 mm anuales de precipitación, distribuida en forma bimodal (marzo/mayo y octubre/noviembre), así como con humedad relativa del 75 % y evaporación media de 1825 mm/año (19).

Se evaluaron tres grupos de vacas en producción, los cuales se establecieron considerando el nivel de producción, el comportamiento reproductivo y los días de lactancia. Los primeros dos grupos estuvieron en sistemas silvopastoriles multiestrato en alta densidad, y el tercero en un sistema con árboles dispersos. El grupo 1 (GLA) estuvo constituido por las vacas de mayor nivel de producción (12-13 l/vaca/día), generalmente en el primer tercio de la lactancia, y pastorearon una asociación guinea (*Megathyrus maximus* cvs Tanzania y Mombasa),

leucaena (*Leucaena leucocephala*) y algarrobo (*Prosopis juliflora*). El grupo 2 (ELA) correspondió a las vacas de producción media (11 l/vaca/día), la mayor parte de las cuales estuvo en segundo tercio de la lactancia, y pastorearon una asociación de estrella (*Cynodon plectostachyus*), leucaena y algarrobo. El grupo 3 (EA) reunió a las vacas de baja producción (6,5-8,5 l/vaca/día) y en la fase final de la lactancia, las cuales pastorearon en una asociación de estrella y algarrobo.

Los sistemas silvopastoriles tuvieron un pastoreo rotacional. En los sistemas multiestrato en alta densidad, las plantas de leucaena alcanzan densidades de 8.000 a 10.000 plantas/ha, mientras que la densidad del algarrobo no sobrepasó los 20 árboles/ha. Ninguno de los potreros recibió fertilización. Se suministró sal mineralizada a libre disposición.

De cada grupo, se eligieron ocho animales (raza Lucerna) para el estudio. Al inicio del estudio, las vacas del grupo GLA promediaron 37 días posparto y 13 l/día de leche; las del grupo ELA promediaron 110 días posparto y 12 l/día. En tanto, las del grupo EA promediaron 200 días posparto y 9 l/día. Los animales de todos los grupos fueron suplementados (tabla 1); asimismo, los forrajes y suplementos presentaron diferente calidad nutricional (tabla 2).

Tabla 1. Suplementación alimenticia de las vacas en la Reserva Natural el Hatico

Suplementos	Materia seca (kg/vaca/día)	Momento del suministro
Forraje de matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)	0,5	Antes del ordeño de la tarde
Caña integral picada (<i>Sacharum officinarum</i>)	0,5	
Gallinaza	2,4	Antes de ambos ordeños
Melaza	1,2	
Caña integral picada	1	Durante ambos ordeños
Harina de arroz	1 a 2*	

* Las vacas de los grupos GLA (guinea-leucaena-algarrobo) y ELA (estrella-leucaena-algarrobo) recibieron 2 kg/día; las del grupo EA (estrella-algarrobo) solo 1 kg/día.

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Calidad de los forrajes y los suplementos usados en la Reserva Natural el Hatico

	PC %	FDA %	FDN %	DIVMS %	EM Mcal/kg	Fuente
Estrella	12	35,8	-	64,6	2,4	Mahecha y compañía (18)
Leucaena	26,3	14,1	-	68,9	2,5	Mahecha y compañía (18)
Guinea**	7,8	47,6	80,2	59,8	2,2	-
Caña integral	1,2	22,4	-	74	1,7	Laredo y Cuesta (20)
Mataratón	21,2	27,3	-	74,7	1,8	Laredo y Cuesta (20)
Harina de arroz	12,1	0,2	-	89,5	2,2	Laredo y Cuesta (20)
Gallinaza piso	15,7	26,2	-	71	1,7	Laredo y Cuesta (20)
Melaza	5,8	-	-	-	2,6	NRC (21)

*** Datos inéditos, laboratorio de Calidad de Forrajes CIAT (2000). PC: proteína cruda; FDA: fibra en detergente ácido; FDN: fibra en detergente neutro; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM: energía metabolizable
Fuente: elaboración propia

El estudio tuvo una duración de seis meses. Los primeros dos meses correspondieron a una fase de adaptación de los animales al sistema. La recolección de muestras se realizó con intervalos de 28 días, en tres ocasiones. En cada ocasión se recolectaron 10 ml de leche por vaca, tanto en el ordeño de la mañana como en el de la tarde. Cada muestra recibió 4 gotas de una solución de enzimas proteolíticas; luego se llevaron a la centrifuga por 20 minutos. Así, se obtuvieron 2 ml de suero los cuales se mantuvieron en congelación. Posteriormente, estos se llevaron al Laboratorio de Calidad de Forrajes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), para determinar el contenido de urea, utilizando el método Ureasa/Berthelot (Kit Sera-Pak®Urea (Bayer, Alemania), el cual se basa en la división enzimática de la urea en amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2), y la posterior cuantificación del NH_3 con un fotocolorímetro.

El análisis estadístico inicialmente determinó la correlación entre la concentración de urea de las muestras de la mañana y de la tarde. Luego, se calculó la concentración de urea promedio del día; información que fue usada para realizar un análisis de varianza y prueba de Tukey. Mediante dicho proceso se discriminó el efecto de las fuentes de variación, su grupo de alimentación y muestreo, así como su interacción. Se utilizó el programa Minitab®.

RESULTADOS

La concentración de urea en la leche del ordeño de la mañana estuvo correlacionada positivamente ($r = 0,86$) con la concentración del ordeño de la tarde. En términos generales, el valor promedio de la concentración de urea en la leche fue de $22,7 \pm 9,1$ mg/dl. Los valores extremos fueron 7,8 y 47,2 mg/dl y el intervalo de confianza al 68 % fue de 13,6 a 31,8 mg/dl. De acuerdo con los hallazgos de varios autores, estos valores se pueden considerar normales.

Con relación al comportamiento reproductivo, se observó un promedio general de días abiertos de 108 ± 65 , valor que se puede considerar normal, máxime cuando dos animales presentaron resultados atípicos (242 y 304 días). El número de inseminaciones por concepción también fue normal, ya que 61 % de las vacas se preñaron con una sola inseminación, mientras que el 39 % restante se distribuyó equitativamente en grupos que requirieron dos, tres y cuatro o más inseminaciones.

Grupos de alimentación

Los animales de los grupos GLA y ELA estaban en diferentes etapas de la lactancia. Sin embargo, su nivel de producción de leche fue similar (12,7 vs 11,8,

respectivamente). En la tabla 3 se observa que, aunque no se presentaron diferencias estadísticas, el grupo GLA tuvo una menor concentración de urea que el grupo ELA (18,7 vs 23,5 mg/dl, respectivamente). Aquello guarda relación con el contenido de proteína de las pasturas y el cálculo del consumo de proteína cruda en el forraje. La proteína cruda del pasto guinea fue de $7,8 \pm 2,9$ %, mientras que Mahecha y compañía (18) encontraron $12 \pm 0,9$ % de proteína para el pasto estrella; y, en efecto, se observa que el valor energéti-

co de los dos pastos es similar (2,4 Mcal EM /kg MS). Si se considera que el consumo de forraje es similar en ambos casos y que se comporta como lo indican Mahecha y compañía (18), las vacas del grupo GLA debieron haber consumido en el forraje 1071 g/día de proteína cruda, y las del grupo ELA 1392 g/día. Solo con el consumo de forraje (estrella-leucaena), las vacas del grupo ELA satisfacen su requerimiento de proteína cruda, mientras que las del grupo GLA aún necesitan cubrir 23 % de sus requerimientos.

Tabla 3. Nivel de urea en leche y producción láctea de acuerdo con la base forrajera

Base forrajera	Urea (mg/dl)	Leche (l/día)	PC Requerida**** (g/día)
GLA (guinea-leucaena-algarrobo)	$19,0^a \pm 1,5$	$12,7^b \pm 0,5$	1405
ELA (estrella-leucaena-algarrobo)	$23,5^{ab} \pm 2,3$	$11,8^b \pm 0,4$	1332
EA (estrella-algarrobo)	$25,5^b \pm 1,6$	$7,2^a \pm 0,4$	954
p-valor	0,0395	< 0,0001	

**** Requerimiento para mantenimiento (500 kg peso) y producción de leche (NRC. 1989); PC: proteína cruda. Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia

La concentración de urea en la leche fue similar en las vacas de los grupos EA y ELA (25,5 vs 23,5 mg/dl, respectivamente). Con base en los análisis de proteína cruda de la leucaena ($26 \pm 0,9\%$) y la estrella ($12 \pm 0,9\%$), se alude a la determinación de la proporción de inclusión en la dieta de estrella y leucaena (81 y 19 %, respectivamente) y del consumo de MS de los forrajes ($9,5 \pm 2,9$ kg materia seca por vaca/día) que fueron realizados por Mahecha y compañía (18). Se puede calcular que el consumo de proteína proveniente de los forrajes en el grupo ELA fue de 1392 g/vaca/día. Si se considerara que por tener un menor nivel de producción las vacas del grupo EA pueden disminuir el consumo de MS en 1 kg/día (0,2 kg de MS/kg de leche), su consumo de proteína del forraje se calcula en aproximadamente 1020 g/vaca/día. La comparación entre la cantidad de proteína requerida (tabla 2) y la consumida en el forraje, permite ver un pequeño exceso de proteína, que es

similar para los grupos ELA y EA (5 % y 7 % más de lo requerido, respectivamente).

Aunque el ensayo no consideró el estudio de variables reproductivas, cabe mencionar que todos los 8 animales del grupo GLA se preñaron durante el periodo experimental y tuvieron un periodo abierto de 79 ± 58 días y $1,3 \pm 0,8$ servicios por concepción. Por tanto, es claro que no existe efecto negativo de los sistemas silvopastoriles descritos, sobre el comportamiento reproductivo, lo cual va acorde con los niveles normales de urea que se hallaron.

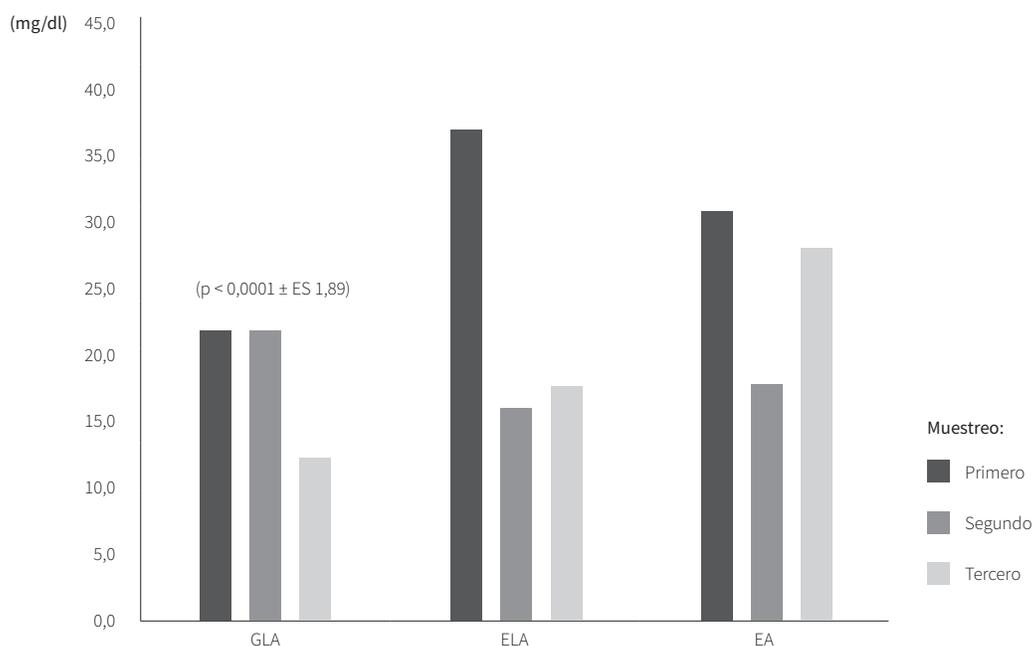
Muestreos

La concentración de urea en el primer muestreo (30,0 mg/dl) fue mayor ($p < 0,0001$; $\pm ES$ 1,6) que en el segundo y el tercero (18,4 y 19,6 mg/dl, respectivamente).

También, se observó una interacción entre los grupos de alimentación y el momento de muestreo (figura 1). Asimismo, llama la atención que dentro de una misma

base forrajera se presenten valores tan diferentes entre muestreos como ocurre en ELA (desde 15,8 hasta 37,2 mg/dl).

Figura 1. Nivel de urea en leche de acuerdo con la base forrajera y el muestreo



GLA: guinea-leucaena-algarrobo; ELA: estrella-leucaena-algarrobo; EA: estrella-algarrobo

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio coinciden con los hallazgos de Carlsson (6), quien no encontró diferencias en la concentración de urea entre muestras recolectadas en ordeños de la mañana y la tarde, a pesar de observar que a lo largo del día existe una considerable variación ($27,1 \pm 5,3$ mg/dl). Esta, a su vez, muestra un patrón regular relacionado con el intervalo de tiempo que transcurre entre los dos ordeños (momento de la suplementación) (6). En tanto, Hess y compañía (22) también encontraron alta correlación ($r = 0,88$) en el NUL del ordeño de la mañana y la tarde, mientras que Nozad y compañía (23), por el contrario, reportan diferen-

cias en los contenidos de NUL entre los dos ordeños, las cuales atribuyen al nivel de producción de los animales y al manejo de los suplementos durante el día.

Igualmente, la concentración promedio y el intervalo de confianza se pueden considerar normales según varios autores. Wittwer y compañía (24) encontraron una concentración de urea en la leche de $29,3 \pm 7,2$ mg/dl, con valores entre 9 y 69,5 mg/dl (con un intervalo de confianza del 95 %, de 15 a 44,3 mg/dl). Marenjak y compañía (citado por Konjačić y sus colaboradores (12)) mencionan que la concentración normal de NUL oscila entre 10 y 30 mg/dl. Mientras tanto, Jonker y compañía (25) calcularon valores ideales de NUL entre 21 y 34

mg/dl. Por su parte, Carlsson (6) sugiere que valores de urea en leche comprendidos entre 23,9 y 32,9 mg/dl se pueden considerar normales bajo las condiciones de alimentación propias de Suecia. Hutjens y Barmore (26) sugieren que concentraciones de urea en la leche desde 25,7 hasta 36,4 mg/dl pueden indicar un balance óptimo entre la proteína degradable en el rumen y la materia orgánica fermentable allí disponible. Cabe señalar que investigaciones de la Universidad de Cornell y de la Universidad de Illinois sugieren que el valor promedio de urea del hato debe estar comprendido entre 25,7 y 38,5 mg/dl (10). Por su parte, Baset y compañía (27) reportaron contenidos de NUL superiores a los encontrados en este estudio.

El desempeño reproductivo general de los animales y de las vacas en la primera fase de lactancia mostró que no existe efecto negativo de los sistemas silvopastoriles descritos, sobre el comportamiento reproductivo. Dichos resultados se dan en consonancia con los hallazgos de niveles normales de urea. La concentración óptima de urea en la leche o NUL permite un buen desempeño reproductivo (28, 29), mientras que concentraciones altas pueden indicar problemas reproductivos (16, 14, 15).

El efecto de la fase de lactancia sobre la concentración de urea es notorio solamente durante el primer mes, tiempo durante el cual se han registrado menores concentraciones; en tanto, a partir del segundo mes de lactancia, se ha observado una correlación positiva, pero débil, entre el nivel de producción y la concentración de urea (6, 12). En consecuencia, se puede considerar que ni el nivel de producción, ni la fase de la lactancia, son factores que están afectando la concentración de urea entre los grupos GLA y ELA. Por su parte, Stoop y compañía (30) y Baset y compañía (27) argumentan según sus resultados que la fase de lactancia no afectó las concentraciones de NUL. En efecto, reportan que los cambios se pueden atribuir más al plano nutricional y a las estaciones, las cuales generan condiciones diferentes para el crecimiento y calidad de las pasturas.

En tanto, Budimir y Mahmutović (31) encontraron una correlación positiva entre la producción diaria de leche

y la concentración de urea en la leche, la cual explican por la adición de proteína en la dieta y el incremento de aminoácidos necesarios para la síntesis de proteínas de la leche, especialmente en vacas de alta producción. Lo recién descrito se podría relacionar con una mayor demanda de nutrientes por parte de esos animales (32).

Las diferencias en la concentración de urea entre grupos se pueden explicar posiblemente por el metabolismo de la proteína, en lo cual es muy factible que la mayor parte de la proteína del pasto estrella se degrade en el rumen (33). En tanto, el contenido de taninos de la leucaena (3 a 6 %) previene la degradación excesiva de la proteína en el rumen (18). En consecuencia, se espera una mayor generación de amoníaco ruminal en EA, lo cual es congruente con la tendencia a obtener una mayor concentración de urea en la leche en el grupo EA que en el grupo ELA.

Los resultados de este estudio contrastan con el trabajo de Lascano y compañía (34) quienes encontraron que el nivel de urea en la leche fue mayor (19,6 mg/dl) en pasturas asociadas con leguminosas (*Brachiria dictyoneura* o *Angropogon gayanus* y *Centrosema acutifolium* o *Centrosema macrocarpum*), que en pasturas solas (*Brachiria dictyoneura* y *Angropogon gayanus*) (6,7 mg/dl). Esto se puede explicar posiblemente por el bajo contenido de proteína cruda de las gramíneas evaluadas, lo cual supone menor cantidad de amoníaco ruminal, mientras que los aportes de nitrógeno por parte de las leguminosas en estas pasturas asociadas pueden incrementar el amoníaco ruminal. En tanto, la concentración de urea encontrada en la asociación fluctuó entre 15 y 24 mg/dl.

El aumento en la concentración de NUL y nitrógeno amoniacal en rumen se asocia negativamente con la eficiencia de la utilización de nitrógeno, aunque el incremento de nitrógeno amoniacal en el rumen se puede asociar positivamente con la digestibilidad de la dieta (17). Asimismo, es importante satisfacer los requerimientos de consumo de materia seca de los animales y la calidad de los nutrimentos presentes en la ración, ya que existe una relación entre la calidad de la dieta, el nivel de producción y el NUL (35).

En tanto, las diferencias en la concentración de urea entre muestreos en animales de una misma base forrajera pueden estar asociadas a resultados como los de Mahecha y compañía (18). Dichos autores (18) registran que, tanto el consumo de materia seca del forraje (estrella-leucaena), como el comportamiento alimenticio de los animales, cambia considerablemente a lo largo del año, en razón de la precipitación.

Por su parte, Stoop y compañía (30), Konjačić y compañía (12) y Aguilar y compañía (36) encontraron cambios en la concentración de NUL durante el año, los cuales atribuyeron a las condiciones propias de las estaciones, o a otros factores diferentes a la dieta. Mientras tanto, Bonifaz y Gutiérrez (5) atribuyeron los cambios en la concentración a la variación en la calidad nutricional de las pasturas durante el año, lo que modifica la sincronía entre la degradación de los carbohidratos y la disponibilidad de la proteína en rumen. En su experimento, López y compañía (37) encontraron por su parte cambios en la concentración de urea en la leche durante el año, y los atribuyeron a los niveles de producción y proteína contenida en la leche.

CONCLUSIONES

En términos generales, la concentración de urea en la leche ($22,7 \pm 9,4$ mg/dl) estuvo dentro de los rangos normales establecidos con base en la literatura. Esto indica un adecuado balance entre la materia orgánica fermentable y la proteína degradable a nivel ruminal en los sistemas silvopastoriles evaluados con suplementación estratégica.

REFERENCIAS

1. Hammond A, Chase C. Uso de indicadores en la sangre y leche para determinar el estado nutricional y reproductivo del ganado vacuno. En: *Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. Cali: CIAT, Consorcio Tropicelche; 1997. p. 15-25. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Conceptos_metodologias_investigacion.pdf
2. Correa H, Cuéllar A. Aspectos clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2004;17(1): 29-38. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295025896004.pdf>
3. Rapetti L, Colombini S, Galassi G, Crovetto GM, Malagutti L. Relationship between milk urea level, protein feeding and urinary nitrogen excretion in high producing dairy goats. *Small Rumi Res*. 2014;121(1): 96-100. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.04.006>
4. Orskov ER. *Protein Nutrition in Ruminants*. Second Edition. London: Academic Press; 1982.
5. Bonifaz N, Gutiérrez F. Correlación de niveles de urea en leche con características físico-químicas y composición nutricional de dietas bovinas en ganaderías de la provincia de Pichincha. *Rev Cien Vida*. 2013;18: 33-42. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/lgr.n18.2013.02>
6. Carlsson J. The value of the concentration of urea in milk as an indicator of the nutritional value of diets for dairy cows, and its relationships with milk production and fertility. [Dissertation]. Sweden: University of Agricultural Science-Skara; 1994.
7. Roseler DK, Ferguson JD, Snifen CJ, Herrema J. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *Jour Dai Sci*. 1993;76: 525-534. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0022030293773725?token=64800919938ADB11EEC61A8641D5022CEC43204A3304F2D24E5D7BAE77804DACFF8501283050522C863573B168206AD9>
8. Hammond A. Uso de niveles de nitrógeno ureico en sangre (BUN) y leche (MUN) como guía para la suplementación proteica y energética en bovinos. *Revista Corpoica*. 1998;2(2): 44-49. Disponible en: https://doi.org/10.21930/rcta.vol2_num2_art:171
9. 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 Col Cie Pecu*. 2008;21(3): 387-397. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023540008.pdf>

10. Roenfeldt S. Use MUNs to monitor nutrition. *Dairy Herd Management*. 1996;(feb): 26-28.
11. Peterson AB, French KR, Russek-Cohen E, Kohn RA. Comparison of analytical methods and the influence of milk components of milk urea nitrogen recovery. *Jour Dai Sci*. 2004;87: 1747-1750. Disponible en: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73329-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73329-9)
12. Konjačić M, Kelava N, Ivkić Z, Ivanković A, Prpić Z, Vnučec I, Ramljak J, Mijić P. Non-nutritional factors of milk urea concentration in Holstein cows from large dairy farms in Croatia. *Mljekarstvo*. 2010;60(3): 166-174. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/9e30/8d388067d70a2c3b22e8f4432ce9bd9beb96.pdf?_ga=2.28892284.118322050.1598817686-1979159238.1598817686
13. Butler WR, Calaman JJ, Beam SW. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Jour Anim Sci*. 1996;74(4): 858-865. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/1996.744858x>
14. Fenwick MA, Llewellyn S, Fitzpatrick R, Kenny DA, Murphy JJ, Patton J, et al. Negative energy balance in dairy cows is associated with specific changes in IGF-binding protein expression in the oviduct. *Reproduction*. 2008;(1): 63-75. Disponible en: <https://doi.org/10.1530/REP-07-0243>
15. Albaaj A, Foucras G, Raboisson D. Changes in milk urea around insemination are negatively associated with conception success in dairy cows. *Jour Dairy Sci*. 2017;100: 1-9. Disponible en: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)30152-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)30152-2/fulltext)
16. García R, Bacallao Y. Influencia de la concentración de urea en plasma en la gestación y componentes lácteos para las condiciones del trópico. *Rev Cuba Cien Agrí*. 2010;44(1): 19-21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193014943005.pdf>
17. Huhtanen P, Cabezas H, Krizsan S J, Shingfield K J. Evaluation of between-cow variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen concentrations and the association with nitrogen utilization and diet digestibility in lactating cows. *Jour Dairy Sci*. 2015;98: 3182-396. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8215>
18. Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Molina EJ. Un sistema silvopastoril de *Leucaena Leucocephala*-*Cynodon* *plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el valle del Cauca, Colombia. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma: FAO; 1999. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x1213s/x1213s00.htm>
19. Ramírez H. Evaluación de dos Sistemas Silvopastoriles Integrados por *Cynodon plectostachyus*. *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. [Tesis de pregrado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 1996.
20. Laredo MA, Cuesta A. Tabla de contenido nutricional en productos y subproductos agroindustriales. Colombia: ICA; 1990.
21. NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 1996.
22. Hess H, Florez H, Lascano C, Baquero L, Becerra A, Ramos J. Fuentes de variación de la composición de leche y los niveles de urea en sangre y leche de vacas doble propósito en el trópico bajo colombiano. *Pasturas Tropicales*. 1999;21(1): 33-42. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Vol21_hess.pdf
23. Nozad S, Ramin A, Moghadam G, Asri-Rezaei S, Babapour A. Diurnal variations in milk urea, protein and lactose concentrations in Holstein dairy cows. *Act Vet (Beog)*. 2011;61(1): 3-11. Disponible en: <https://doi.org/10.2298/AVB1101003N>
24. Wittwer F, Reyes JM, Opitz H, Contreras PA, Bohmwald H. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. *Arch Med Vet*. 1993;25(2): 165-172. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286270560_Determinacion_de_urea_en_muestras_de_leche_de_rebanos_bovinos_para_el_diagnostico_de_desbalance_nutricional
25. Jonker JS, Kohn RA, Erdman RA. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Jour Dai Sci*. 1998;81: 2681-2692. Disponible en: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75825-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75825-4)
26. Hutjens MF, Barmore JA. Milk urea test gives us another tool. *Hoard's Dairyman*. 1995;24: 401.
27. Baset MA, Huque KS, Sarker NR, Hossain MM, Islam MN. Evaluation of milk urea nitrogen of dairy cows reared under different feed bases in the different seasons. *Jour Sci Found*. 2010;8: 97-110. Disponible en: <https://doi.org/10.3329/jsf.v8i1-2.14632>

28. Mucha S, Strandberg E. Genetic analysis of milk urea nitrogen and relationships with yield and fertility across lactation. *Jour Dai Sci.* 2011;94: 5665-5672. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3916>
29. Rzewuska K, Strabel T. The genetic relationship between reproduction traits and milk urea concentration. *Anim Sci Pap Rep.* 2014;32(3): 243-256. Disponible en: http://free-journal.umm.ac.id/files/file/str_243-256.pdf
30. Stoop W, Bovenhuis H, Van Arendonk J. Genetic parameters for milk urea nitrogen in relation to milk production traits. *Jour Dai Sci.* 2007;90: 1981-1986. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-434>
31. Budimir D, Mahmutović H. Factors affecting the concentration of urea in milk. *Jour Sci-Prof Chem Tech Fac Tech Tuz.* 2013;6: 11-19.
32. Gonzáles J P, WingChing R. Relación del valor de urea en leche con parámetros reproductivos y productivos en vacas Holstein, Jersey y sus cruces. *Cuad Investig.* 2016;8(2): 175-183. Disponible en: <https://doi.org/10.22458/urj.v8i2.1558>
33. Carulla J. Memorias del segundo seminario internacional sobre calidad de leche, competitividad y proteína. De la proteína del forraje a la proteína en la leche: Metabolismo del nitrógeno del forraje en la vaca lechera. Medellín. 1999.
34. Lascano C, Rodríguez J, Avila P. Niveles de urea en la leche como un indicativo del consumo de leguminosas tropicales por animales en pastoreo. *Pasturas Tropicales.* 1990;12(3): 38-40.
35. Nousiainen J, Shingfield K, Huhtanen P. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Jour Dai Sci.* 2004;87: 386-398. Disponible en: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73178-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73178-1)
36. Aguilar M, Hanigan MD, Tucker HA, Jones BL, Garbade SK, McGilliard ML, Stallings CC, Knowlton KF, James RE. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle. *Jour Dai Sci.* 2012;95: 7261-7268. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5582>
37. López E, Villegas Y, Gómez A, Vinay JC, Mendoza GD, Plascencia A, et al. Contenido de urea láctea en lactación de bovinos en el trópico húmedo veracruzano. *Universidad y Ciencia.* 2011;27(2): 199-208. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792011000200009