

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



EFFECTO DEL NIVEL DE UREA EN BLOQUES MULTINUTRIENTES EN LA
UTILIZACION DEL FORRAJE Y BALANCE DEL NITROGENO EN CABRAS

TESIS

QUE PRESENTA

ZAIDA TORRES CAVAZOS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIA ANIMAL

ESCOBEDO, N.L. MÉXICO

DICIEMBRE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DEL NIVEL DE UREA EN BLOQUES MULTINUTRIENTES EN LA
UTILIZACION DEL FORRAJE Y BALANCE DEL NITROGENO EN CABRAS**

TESIS

QUE PRESENTA

ZAIDA TORRES CAVAZOS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIA ANIMAL

ESCOBEDO, N.L. MÉXICO

DICIEMBRE 2012

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

COMITÉ PARTICULAR



Ph.D. Jorge R. Kawas Garza

Asesor Principal



Dr. Héctor Fimbres Durazo

Co-Asesor



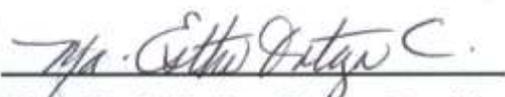
Dr. Francisco Javier Picón Rubio

Co-Asesor



Dr. Héctor Andrade Montemayor

Asesor



Dra. María Esther Ortega Cerrilla

Co-Asesor Externo



Dra. Diana Zamora Ávila

Subdirector de Estudios de Posgrado

Facultad de Medicina Veterinaria y

Zootecnia



Ph.D. Francisco Zavala García

Subdirector de Estudios de Posgrado

Facultad de Agronomía

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres el Dr. Arturo Torres Bugdud por todo su apoyo y cariño durante mi formación profesional y el haberme encaminado hacia la investigación, a mi mamá Isabel María Cavazos de Torres por brindarme su amor y paciencia durante todo este tiempo, a mis hermanos Irasema Torres y Arturo Erick Torres por todo su amor incondicional.

Agradezco a SOY HETOR FIMBRES! Dr. Héctor Fimbres Durazo por su amistad cariño y apoyo durante este proceso de formación y la confianza que me brinda.

Quiero darle gracias al Dr. Jorge R. Kawas que siempre me brindo confianza para realizar esta tesis y formar parte de su equipo de trabajo dentro y fuera de la facultad, cariño, amistad y comprensión por ser como un padre que me regañaba cuando lo necesitaba y un gran ejemplo a seguir. Muchísimas gracias Doc!!.

También quiero agradecer a mis compañeros de MNA, los MVZ. Rocío Rodríguez, Juan Manuel Garza y Héctor Ortiz, quienes me facilitaron y apoyaron en todo mi trabajo de investigación, por su ayuda durante el periodo de muestreo, y por su amistad. A la Q.F.B. Marisol Galván de AQUA LAB por el apoyo con los análisis de laboratorio, y también, a la técnico laboratorista María Julia Arteaga de la FMVZ, por la ayuda que me brindo en el laboratorio. Agradezco al Ing. Gustavo Martínez Kawas por su ayuda con la tesis, su paciencia y apoyo.

Gracias a todos y cada uno de ustedes porque sin su ayuda no habría podido desarrollar este trabajo.

NOMENCLATURA

AA	Aminoácidos
d	Día
dl	Decilitro
DM	Digestibilidad de la materia
EE	Extracto etéreo
EEM	Error estándar de la media
FDN	Fibra detergente neutro
g	Gramos
kg	Kilogramo
L	Efecto Lineal
MS	Materia seca
N	Nitrógeno
NH₃	Amoniaco
(NH₂)₂ CO	Formula química de la urea
NNP	Nitrógeno no proteico
°C	Grados centígrado
P	Probabilidad
PC	Proteína cruda
Q	Efecto cuadrático
RDP	Proteína degradable en el rumen
RAN	Nitrógeno absorbido en rumen

SPM Metabolitos secundarios de plantas
TGI Tracto gastrointestinal

ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
2.1. Objetivo.....	8
2.2. Hipótesis	8
REVISIÓN DE LITERATURA	9
3.1. Limitantes nutricionales en pastoreo.....	9
3.2.1. Disponibilidad y calidad del forraje	10
3.2.1.1. Disponibilidad del forraje	12
3.2.1.2. Calidad del forraje	12
3.2.2. Metabolitos secundarios de las plantas	13
3.2.3. Parásitos internos	14
3.2. Utilización de la proteína	16
3.2.1. Digestión y metabolismo	17
3.2.2. Funciones y características de la urea.....	19
3.2.3. Síntesis y degradación en el rumen.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1. Ubicación e instalaciones.....	25
4.2. Características de los animales y diseño experimental.....	25
4.3. Manejo de los animales.....	25
4.4. Preparación de alimentos y manejo de la alimentación	26

4.5. Colección y análisis de muestras de alimento y heces	28
4.6. Actividades de masticación	29
4.7. Colección y análisis de orina	29
4.8. Análisis de muestras de sangre	30
4.9. Análisis estadísticos	30
RESULTADOS Y DISCUSION	31
5.1. Composición química de los bloques	31
5.2. Consumo y digestibilidad de la materia seca y FDN	31
5.3. Tiempo dedicado al consumo y la rumia	34
5.4. Consumo y retención de nitrógeno	37
CONCLUSIÓN	47
BIBLIOGRAFIA	48

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Composición de bloques multinutrientes con varios niveles de urea para cabras consumiendo pasto Buffel	27
Cuadro 2.	Efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el consumo y digestibilidad de la materia seca y la fibra en detergente neutro	32
Cuadro 3.	Efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en los tiempos de consumo, rumia y masticación total.	35
Cuadro 4.	Efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el balance del nitrógeno.	38
Cuadro 5.	Correlaciones entre el consumo de bloques y consumo de agua, excreción de orina y heces, y digestibilidad de la materia seca.	46

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Estructura química de la urea y biuret	20
Figura 2.	Formación de la urea en rumiante.	24
Figura 3.	El pH ruminal de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.	36
Figura 4.	Concentración de urea en suero de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.	40
Figura 5.	Estimación del requerimiento de proteína cruda para el mantenimiento de cabras consumiendo heno de pasto Buffel y bloques con varios niveles de urea.	41
Figura 6.	Concentración de urea en suero sanguíneo en cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.	43
Figura 7.	Consumo de agua y excreción de orina de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.	44

RESUMEN

La suplementación de fuentes de proteína y/o nitrógeno no-proteico generalmente mejoran el desempeño animal. La suplementación de bloques a base de melaza y urea que proporcionan nutrientes requeridos para mejorar la fermentación ruminal de caprinos que consume forrajes de baja calidad, simplifican su transporte y manejo, restringen el consumo de suplemento y reducen la necesidad de sal como regulador del consumo, reduciendo el riesgo de una intoxicación con urea. Un estudio fue llevado a cabo para determinar el efecto del nivel de urea en bloques multinutrientes a base de melaza y maíz quebrado, en el consumo, la digestibilidad de la materia seca y fibra, y la retención de nitrógeno en cabras de cruce con Nubia, de 6 a 8 meses de edad, con peso promedio de 18.2 kg. Las cabras fueron confinadas individualmente en una jaula metabólica, donde se les ofreció heno de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) picado y agua a libre acceso. Las cabras fueron distribuidas aleatoriamente en un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (bloques multinutrientes con 0, 2, 4 y 6% de urea). Los bloques manufacturados con una bloquera mecánica, adaptada con un gato hidráulico, contenían melaza, urea, cascarilla de soya, cal, sal, una premezcla de minerales y vitamina A. El estudio tuvo una duración de 30 días, 21 días para la adaptación de las cabras a las jaulas metabólicas y a los tratamientos, y 9 días para la obtención de muestras de forraje consumido y rechazado, heces fecales y orina, y la obtención de los tiempos dedicados a comer y rumiar. Un aumento en el contenido de urea en el bloque aumentó el consumo de N, incrementando la excreción urinaria de N, sin

afectar la excreción fecal de N. Conforme se incrementó el contenido de urea en los bloques, se observó un aumento linealmente del balance ($P < 0.090$) y la retención ($P < 0.076$) de nitrógeno. Un aumento en el consumo de bloque, sin considerar su contenido de urea estuvo correlacionado con un aumento en el consumo de agua ($r = 0.44$; $P = 0.051$) y excreción de orina ($r = 0.44$; $P = 0.051$). También se observó una relación positiva con la excreción fecal ($r = 0.54$; $P = 0.014$) y una reducción en la digestibilidad de la MS ($r = -0.53$; $P = 0.018$), ambas probablemente relacionadas con una mayor excreción de cenizas al aumentar el consumo de bloque. El contenido de PC de la dieta de las cabras fue de 6.2, 7.5, 8.6 y 9.6% para los tratamientos con 0, 2, 4 y 6% de urea. Una regresión entre el consumo de PC (%) y el balance de N permitió estimar ($r = 0.26$; $P < 0.027$) el requerimiento mínimo de PC para el mantenimiento de cabras en aproximadamente 8%. Debido a la amplia variación en el consumo de bloque, se recomienda su mejor compactación o la inclusión de aditivos para restringir su consumo.

ABSTRACT

Protein supplementation of low-quality forages low in protein, generally improve forage intake and animal performance. Supplementation of molasses-urea based blocks that provide the nutrients required to improve rumen fermentation of goats fed low quality forages, simplify their transport and management, restricting supplement intake and reducing the need of salt as an intake regulator, reducing the risk of urea toxicity. A study was conducted to determine the effect of urea level in molasses multinutrient blocks on DM and NDF intake and digestibility, and N retention in Anglo Nubian-cross bred does with 6 to 8 months of age, and an average weight of 18.2 kg. Goats were confined individually in metabolic crates, in which chopped Buffel grass hay (*Cenchrus ciliaris*) and water were offered *ad libitum*. Goats were randomly distributed in a completely random design with four treatments (multinutrient blocks with 0, 2, 4 and 6% urea). Blocks manufactured using a mechanical block-press adapted with an hydraulic jack, contained molasses, urea, soybean hulls, lime, salt and a mineral-vitamin A premix. The study was 30 d long, with 21 d for adaptation of does to metabolic crates and treatments, and 9 d for collection of offered and rejected forage, feces and urine, and the rumination and eating times. Increasing the urea content of the blocks increased N intake and urinary N excretion, without affecting fecal N output. As urea block content increased linear increases in N balance ($P < 0.090$) and retention ($P < 0.076$) were observed. An increase in block intake, without considering the urea content of blocks, was correlated with an increase in water intake ($r = 0.44$; $P = 0.051$)

and urine excretion ($r = 0.44$; $P = 0.051$). Also, a positive relationship with fecal excretion ($r = 0.54$; $P = 0.014$) and a negative relation with DM digestibility ($r = -0.53$; $P = 0.018$) were observed, both probably related to a greater excretion of ash, as block intake increased. Crude protein in the diet of does was 6.2, 7.5, 8.6 and 9.6% for treatments with 0, 2, 4 and 6% urea. A regression analysis between CP intake (% of DM) and N balance was used to estimate ($r = 0.26$; $P < 0.027$) the doe minimum CP requirement for maintenance which came to approximately 8%. Since a great variation in block intake was observed in this study, a better compaction of blocks or the inclusion of additives to restrict intake is recommended.

INTRODUCCIÓN

El uso de fuentes económicas de energía como la melaza, una fuente de carbohidratos fácilmente fermentables, y urea, fuente de nitrógeno no-proteico, pueden ayudar a que los microorganismos del rumen crezcan y digieran los alimentos fibrosos. Con una mayor digestión de la fibra, se reduce el efecto restrictivo que esta tiene en el consumo de materia seca, permitiendo el mantenimiento, y frecuentemente, una mayor productividad (Schacht *et al.*, 1992).

Algunas ventajas de ofrecer los suplementos (complementos) multinutrientes en bloque, en contraste con suplementos líquidos o en harina, incluyen: (1) La facilidad de transporte y manejo; (2) Un consumo más homogéneo entre animales; (3) Una reducción en la necesidad de sal como regulador de consumo; y (4) menor riesgo en el uso de urea como fuente de nitrógeno no-protéico. Sin embargo, aunque los bloques tiene varias ventajas en comparación con suplementos líquidos o en harina, lo más importante de un suplemento es el perfil nutricional y el impacto que este tendrá en el crecimiento y la reproducción (Kawas *et al.*, 2008).

En muchos sistemas de producción, el uso de suplementos multinutrientes es necesario para obtener mayores niveles de productividad de pequeños rumiantes que consumen principalmente forraje. Una estrategia de la suplementación de rumiantes que consumen forrajes de baja calidad, sería la de maximizar la digestión y el consumo del forraje, tomando en cuenta que el suplemento no aporte nutrientes en exceso de los requerimientos del animal. El

consumo de materia seca de pequeños rumiantes en pastoreo está limitada por la capacidad del rumen y la tasa de desaparición de la materia seca en este órgano (Lu *et al.*, 2005). Los cambios en el consumo de forraje ocurren como resultado de los cambios en la digestión y paso del alimento por el tracto digestivo, que están asociados con el consumo de los nutrientes adicionales que reciben del suplemento. La suplementación de energía y proteína tienen una influencia positiva sobre el crecimiento y el desempeño reproductivo de los caprinos en pastoreo (Lu *et al.*, 2005).

La mayoría de los estudios sobre el efecto de la suplementación energética o proteica de ovinos y caprinos demuestran que la respuesta en el consumo de alimento depende del nivel de proteína cruda en el forraje. Un aumento en el consumo y la productividad de caprinos y ovinos consumiendo forrajes o esquilmos agrícolas con bajo contenido de proteína (<7% PC) se ha obtenido con la suplementación con N no proteico y proteína verdadera, al satisfacerse los requerimientos mínimos de N de los microorganismos del rumen (NRC, 1987).

La suplementación con proteína produce una mayor respuesta sobre el consumo de materia seca cuando los forrajes tienen un bajo contenido de proteína que cuando tienen un alto nivel de proteína. Conforme aumenta el contenido de PC de los forrajes, la magnitud de las respuestas en producción debido a la suplementación adicional con proteína puede, no estar relacionada a cambios en el consumo de forraje, sino a cambios en la digestibilidad del forraje o a la eficiencia metabólica en la utilización de los nutrientes, incluyendo los efectos de la proteína degradable e indegradable (NRC, 1987; Kawas *et al.*,

1997). Debido al alto contenido de proteína degradable de los pastos, la suplementación de proteína indegradable (sobrepaso) puede mejorar el desempeño en pastoreo (Kawas *et al.*, 1997).

En regiones semiáridas, el potencial de la producción caprina está limitado por muchos factores ambientales y nutricionales (Huston *et al.*, 1986). La suplementación en esta especie, es requerida para mejorar la producción, la salud y la reproducción (Ben Salem and Smith, 2008). La suplementación debe ser específica, considerando los contenidos de proteína y minerales de los forrajes en cada región (Alexandre and Mandonnet, 2005). La suplementación de minerales y proteína pudiera mejorar el desempeño de los caprinos que consumen forrajes altos en fibra (Abebe *et al.*, 2004; Kawas *et al.*, 2008).

Bloques artesanales que contienen melaza y urea pueden estimular la fermentación ruminal, proporcionar nutrientes, y aumentar el consumo de forrajes de baja calidad (Kawas, 2008). Estos bloques requieren cierto grado de compactación y la inclusión de cal (óxido de calcio), la cual reacciona con la melaza para impartir dureza, restringiendo el consumo del bloque; además pueden ser transportados y manejados fácilmente, reduciendo la necesidad de sal como regulador de consumo y el riesgo de una intoxicación con urea (Bowman y Sowel, 1997; Caton y Dhuyvetter, 1997).

El uso de fuentes económicas de nitrógeno como la urea en bloques multinutrientes puede ayudar a mejorar la digestión de la fibra. Con esto se puede reducir el efecto restrictivo en el consumo de materia seca (MS), permitiendo el mantenimiento del animal, y frecuentemente, una mayor productividad (Kawas, 2008).

2.1. OBJETIVO

Determinar el efecto del nivel de urea (0, 2, 4 y 6%) en un suplemento multinutrientes en bloque, en el consumo de bloque, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, y digestibilidad de la materia seca y fibra en detergente neutro (FDN) de cabras consumiendo heno de pasto Buffel.

2.2. HIPÓTESIS

La suplementación de urea en bloques a base de melaza mejora el consumo y digestibilidad de la materia seca y el balance de nitrógeno de cabras consumiendo un forraje de mala calidad, en este caso, heno de pasto Buffel.

REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Limitantes nutricionales en pastoreo.

La dieta de los caprinos en pastoreo es variable y se compone de arbustos, hierbas y pastos (gramíneas). Askins y Turner (1972) definieron los hábitos de alimentación de la siguiente manera: (1) Pastoreo, es el hábito de alimentarse de la vegetación en su estado natural, al nivel de la superficie, incluyendo hojas de árboles de hoja caduca y el tallo de algunas arbustivas; y (2) Ramoneo, es el hábito de alimentarse de follaje intacto, capullos, flores y tallos de árboles leñosos, y arbustos.

Los caprinos pastorean los zacates y las hierbas cuando estos son más abundantes, y se inclinan al ramoneo, cuando la vegetación arbustiva predomina. En el noreste de Brasil, durante la época seca, el principal componente de la dieta de los caprinos es la cama de hojas secas de árboles de hoja caduca, la cual escasea al llegar el final de esta época de estiaje. Como resultado de una reducida disponibilidad de alimento, variaciones estacionales en el peso corporal de más de 50%, se pueden observar en un período de 5 a 6 meses (Figueiredo *et al.*, 1980).

Durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje que ocurre por la reducida disponibilidad en los agostaderos, es el resultado de una restricción en la libre selección en la dieta de los caprinos (Schacht *et al.*, 1992). Ruvuna *et al.* (1991) reportó que el exceso de lluvias durante las horas de mayor actividad de pastoreo afectó el desempeño reproductivo de las cabras en pastoreo

debido a la mayor incidencia de timpanismos y diarreas al consumir forrajes inmaduros y succulentos.

Los rumiantes naturalmente consumen material vegetal con alto contenido fibroso, y lo convierten en un producto útil. Con la fermentación de la fibra en el rumen, la energía y proteína microbiana que se obtienen es utilizada para el mantenimiento, el crecimiento, la lactancia y la reproducción (Lu *et al.*, 2005). Sin embargo, en ambientes semiáridos, debido a las características físicas y químicas de los forrajes con alto contenido de fibra, estos no poseen los suficientes nutrientes para sustentar una producción rentable de los caprinos (Alexandre y Mandonnet, 2005; Silanikove, 2000).

El crecimiento y la reproducción de los caprinos son adversamente afectados por la extrema variación en la disponibilidad y calidad de los forrajes que se consumen en condiciones extensivas de las regiones semi-áridas y desiertas, como aquellas encontradas en el norte de México, noreste de Brasil, la región semi-árida de África occidental, y la Savana del África oriental. Las regiones semi-áridas se caracterizan por una época de lluvias, por lo general, menor a los cinco meses (De Boer *et al.*, 1986). Estas variaciones en la nutrición de los caprinos en condiciones extensivas, se debe principalmente a la distribución de las lluvias durante el año (Kawas *et al.*, 1992).

3.2.1 Disponibilidad y calidad del forraje.

Los dos factores más importantes que afectan a la calidad del forraje y su utilización son las especies forrajeras y la madurez. En comparación con los forrajes templados, los forrajes tropicales tienen un mayor rendimiento de MS

anual. Sin embargo, una mayor producción se asocia generalmente con una menor calidad del forraje (Arthington y Brown, 2005). Por otra parte, el riego es el principal medio de minimizar las limitaciones climáticas en la agricultura, pero las consideraciones físicas y económicas a menudo limitan el uso del riego en forrajes tropicales (Sotomayor-Rios y Pitman, 2001).

En las regiones semiáridas subtropicales y tropicales del mundo, la mayoría de la población de pequeños rumiantes depende exclusivamente de forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y la calidad del forraje ha sido reconocida como una de las principales causas del estrés nutricional que limita la producción animal en estas regiones (Kawas, 1990; Kawas *et al.*, 1992).

Durante la temporada seca, un consumo inadecuado de forraje se produce como resultado de una reducida disponibilidad, un bajo nivel de proteína, un mayor contenido de lignina y de otros componentes de la fibra, por consiguiente, puede reducirse el consumo de nutrientes tales como nitrógeno, energía, minerales y vitaminas, que son requeridos por las cabras para su crecimiento, gestación y lactancia (Alexandre y Mandonnet, 2005, Kawas y Huston, 1990 y Lachica y Aguilera, 2005).

La disponibilidad de forraje puede ser tan limitante como la calidad del forraje para el desempeño de los caprinos. Aunque la calidad del forraje disminuye durante la época seca del año, la composición de la dieta puede depender de la disponibilidad y el perfil botánico de las praderas pastoreadas por las cabras. En el noreste de Brasil, Kawas *et al.* (1999) reportaron que la proteína cruda (PC) de las muestras recogidas de cabras fistuladas tenía 7.8%

PC durante la temporada de lluvias y el 12% de PC durante la época seca. En este estudio, los bajos contenidos de PC y FDN en la dieta de las cabras durante la estación húmeda, sugieren que la dieta de las cabras podría haber sido compuesta en mayor proporción de pastos. En la temporada seca, (Schacht *et al.*, 1992) reportaron que el contenido de PC de las muestras de la dieta obtenidas de las cabras fistuladas había cambiado de 12 a 8.4%, respectivamente. En su estudio, los análisis botánicos indicaron que >75% de la dieta está compuesta de plantas herbáceas muertas y hojas caídas de los árboles, durante la mayor parte de la estación seca.

3.2.1.1. Disponibilidad del forraje.

Durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje que ocurre como resultado de una reducida disponibilidad en los agostaderos, el bajo nivel de proteína, y un aumento en la lignificación y en el contenido de otros componentes de la fibra, puede consecuentemente reducir el consumo de nutrientes que requieren los pequeños rumiantes para el crecimiento, la gestación y la lactancia (Kawas y Huston, 1990).

3.2.1.2. Calidad del forraje.

En las regiones semiáridas, los pequeños rumiantes consumen principalmente alimentos fibrosos como rastrojos, pajas y pasturas de baja calidad. Estos forrajes son deficientes en nitrógeno, energía, minerales y vitaminas (Kawas y Huston, 1990).

La calidad del forraje también se ve afectada por otros factores como la fecha de corte y el clima. El valor nutritivo de las gramíneas y las leguminosas generalmente disminuye a medida que aumenta la temperatura (Arthington y Brown, 2005).

3.2.2. Metabolitos secundarios de las plantas.

La disponibilidad de nutrientes y palatabilidad de ciertas especies de plantas parecen ser afectados por compuestos anti-nutricionales, también conocidos como metabolitos secundarios de plantas (MSP) como los taninos, ácidos fenólicos y alcaloides (Maleckek y Provenza, 1983; Pfister, 1983; Lu, 1992), que se encuentran en altas concentraciones en las dietas de los caprinos.

Los taninos pueden inducir efectos perjudiciales cuando se consumen por los herbívoros tales como la reducción de la disponibilidad de proteína, menor palatabilidad, irritación intestinal y la toxicidad sistémica (Kumar y Vaithyanathan; 1990 y Makkar, 2003). Quebracho, un tanino condensado provoca una degeneración epitelial y la ulceración del tracto gastrointestinal, reduciendo la disponibilidad del nitrógeno (Dawson *et al.*, 1999).

Guajillo (*Acacia berlandierie Benth.*) una especie de arbustos consumidos por las cabras y los venados cola blanca, con un alto contenido de nitrógeno, se distribuye ampliamente en el sur de Texas y el norte de México. Es particularmente valioso cuando los pastos están inactivos o durante los períodos de sequía prolongada (Nantoumé *et al.*, 2001). El Guajillo puede causar ataxia de las extremidades traseras de las cabras (Price y Hardy, 1953),

que parece estar relacionada con la presencia de compuestos fenólicos y alcaloides como el N-metil-B-feniletamina que se encuentran en altas concentraciones (Clement *et al.*, 1997). Este compuesto tiene profundos efectos fisiológicos (Forbes *et al.*, 1994; Vera-Avila *et al.*, 1996). Con niveles crecientes de guajillo en la dieta de las cabras la palatabilidad, digestibilidad de los nutrientes, el equilibrio de energía y nitrógeno disminuyeron (Nantoumé *et al.*, 2001). Consecuentemente, se incrementa la demanda de glucosa para desintoxicar el MSP en los niveles de consumo de guajillo (>50%), sugiriéndose suplementos que proporcionen energía y otros nutrientes para mitigar los efectos tóxicos del MSP.

Una concentración de MSP por debajo del nivel de toxicidad pueden utilizarse para la prevención, control y tratamiento de enfermedades, en combinación con otros materiales presentes en la naturaleza, tienen el potencial para mejorar la digestión y utilización de nutrientes en cabras. Las cabras son versátiles y son capaces de sobrevivir en condiciones adversas de disponibilidad de forraje. La tolerancia de los caprinos al sabor amargo de los MSP puede tener un papel antihelmíntico y crea las condiciones adecuados para sistemas de alta producción orgánica caprina, que no se puede obtener con otras especies de rumiantes (Lu, 2011).

3.2.3. Parásitos internos

Los parásitos gastrointestinales son un problema de salud importante para la producción pecuaria en los ambientes tropicales y subtropicales (Sykes, 1994). Las pérdidas económicas se deben principalmente a una menor

producción. La incidencia de parásitos es mayor en condiciones de pastoreo debido a que la mayoría de los parásitos se encuentran a nivel del suelo, mientras que las cabras ramonean, siendo menor la incidencia de parásitos que con otros rumiantes domésticos. La reducción de la exposición al parásito, detección de signos clínicos de parasitismo y el tratamiento de las cabras son recomendadas como prácticas de manejo (Mobley *et al.*, 2007).

Para el control y tratamiento de las infecciones con parásitos gastrointestinales, se debe administrar medicamentos antihelmínticos. Los antihelmínticos son desparasitantes utilizados para tratar infecciones por parásitos (helminths). Después de décadas de utilizar estos medicamentos, muchos parásitos han adquirido resistencia, lo que hace que estos desparasitantes se vuelvan menos efectivos para el control de las infecciones parasitarias de los caprinos, borregos y el ganado. Por lo tanto, tratamientos alternativos han sido evaluados para reducir la dependencia a estos desparasitantes (Waller, 1994).

La nutrición juega un papel importante en cómo los animales son capaces de resistir los efectos perjudiciales de los parásitos internos. De hecho, los signos de parasitismo se utilizan generalmente como un síntoma de una mala nutrición (Waller *et al.*, 1997). Las investigaciones han demostrado que una mejor nutrición animal, puede llegar a aumentar la capacidad de los animales para resistir y defenderse a sí mismo contra cualquier infección. Algunas alternativas de métodos no farmacológicos prometedoras para los sistemas de producción pecuaria, en especial aquellos en la producción caprina, están relacionados con la nutrición. La suplementación de proteína

parece mejorar la resistencia del huésped a los parásitos gastrointestinales, aparentemente mediada por una mayor inmunidad del huésped, que puede ser especialmente importante en la selección para la inmunidad a los parásitos gastrointestinales (Min y Hart, 2003). Los estudios de campo han demostrado que la suplementación con bloques de melaza y urea puede aumentar el peso vivo de los corderos al destete, aumentar las tasas de reproducción de ovejas y reducir la producción de huevos de parásitos en las heces de las ovejas en pastoreo. Sin embargo, los estudios con cabras jóvenes han demostrado que los suplementos con solamente urea no proporcionaron beneficios productivos, pero cuando fueron acompañados con 100 g diarios de semilla de algodón, hubo una respuesta benéfica (Knox y Steel, 1996).

3.2. Utilización de la proteína

Las proteínas contienen nitrógeno, las cuales se encuentran en el tejido corporal y la leche de las cabras. Las proteínas están formadas por una o más cadenas de aminoácidos, y son componentes esenciales de la sangre, músculo, piel y células óseas. Las enzimas, hormonas y los anticuerpos también están formados por proteínas y están involucradas en la digestión, metabolismo, reproducción e inmunidad de los seres vivos. Los aminoácidos de la proteína en la dieta son necesarios para el mantenimiento corporal, el crecimiento, la gestación y la lactación en los animales (Mahgoub *et al.*, 2011).

3.2.1. Digestión y metabolismo

Las proteínas de los alimentos son parcialmente degradadas en el rumen a amoníaco (NH_3), y están disponibles para su utilización por los microorganismos del rumen y para la síntesis de proteína microbiana. La urea se utiliza comúnmente como una fuente económica de nitrógeno no-proteínico para su inclusión en los alimentos para rumiantes. El nitrógeno de la urea se utiliza para la síntesis de proteína microbiana. El exceso de NH_3 en el rumen es absorbido y transportado a través de la vena porta hacia el hígado donde se sintetiza urea, y es reciclada en la saliva o se excretada en la orina. Los esqueletos de carbono que contienen la molécula de proteína proporcionan energía para los caprinos. Con forrajes y ensilajes que contienen una alta concentración de NNP, el uso de urea debe ser limitada, mientras esta será más útil cuando las cabras consuman forraje de baja calidad. La fracción de proteína degradable es conocida como proteína degradable de consumo (PDC), mientras que la fracción de proteína intacta que resiste la degradación ruminal se conoce como proteína indegradable de consumo (PIC) o proteína de sobrepaso. La proteína microbiana y proteínas de origen alimenticio que son capaces resistir la degradación en el rumen, se desdoblan por la acción de las enzimas digestivas en el abomaso y el intestino delgado. Estas moléculas son absorbidas en el intestino delgado y se utiliza para la síntesis de nuevo tejido corporal. A diferencia de cabras de carne, un alto porcentaje de proteína de sobrepaso es requerido por las cabras lecheras de alta producción. Las cabras de carne generalmente no requieren mucha proteína, excepto cuando el forraje contiene una alta proporción de proteínas degradables (Kawas *et al.*, 2011).

Una mayor utilización de forrajes de baja calidad por los caprinos comúnmente depende de una mayor disponibilidad de nitrógeno en el rumen, debido a que aumenta la digestibilidad de la fibra (Ben y Smith, 2008). El consumo de MS y la digestibilidad se reducen si el contenido de proteína cruda es <7%, agravando una deficiencia de energía. Estudios sobre el efecto de la suplementación energética o proteica han mostrado una respuesta en el consumo de forraje con bovinos (NRC, 1987) y caprinos (Negesse *et al.*, 2001) que consumen dietas bajas en proteína cruda a base de forrajes de baja calidad. La suplementación de proteína puede aumentar el consumo de forraje al satisfacer los requerimientos mínimos de nitrógeno para los microorganismos del rumen. Debido a que una proporción importante de la proteína asociada con la fracción indegradable de fibra no puede ser utilizada por los microbios del rumen, el establecimiento de un nivel mínimo PC para la función normal del rumen puede ser especialmente crítico con forrajes proteicos altos en fibra y bajos en proteína (Mahgoub *et al.*, 2011).

A medida que aumenta el contenido de PC del forraje, la magnitud de la respuesta en la producción con la suplementación adicional de proteína puede ser en respuesta a los cambios en el consumo de forraje en lugar de un aumento en la digestibilidad o a una mayor eficiencia metabólica en la utilización de nutriente (NRC, 1987).

En las zonas templadas, los forrajes tienen un alto nivel de proteína degradable. La suplementación con PIC puede mejorar el desempeño de los rumiantes en pastoreo. Después de satisfacer las necesidades de PDC, la suplementación adicional de PIC puede mejorar el rendimiento sin afectar el

consumo (Kawas *et al.*, 1997). En cabras, debido a que con el ramoneo se consumen altos niveles de taninos condensados, la suplementación con proteína puede mejorar el desempeño y puede reducir la degradabilidad de la proteína al formar complejos con la proteína de los alimentos e inactivar las enzimas del tracto digestivo (Kumar y Vaithyanathan, 1990).

3.2.2. Funciones y características de la urea

La urea, también conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido arbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida, cuya fórmula química es $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (Figura 1). Es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco, el cuál es altamente tóxico para ellos.

En cantidades menores, está presente en la sangre, en el hígado, en la linfa y en los fluidos serosos, y también en los excrementos de los peces y muchos otros animales. También se encuentra en el corazón, en los pulmones, en los huesos y en los órganos reproductivos así como el semen. La urea se forma principalmente en el hígado como un producto final del metabolismo. El nitrógeno de la urea, que constituye el 80% del nitrógeno en la orina, procede de la degradación de los diversos compuestos nitrogenados, sobre todo de los aminoácidos de las proteínas en los alimentos. En los mamíferos la urea se forma en un ciclo metabólico denominado ciclo de la urea. En general, la producción de urea y excreción están inversamente relacionados con la utilización eficiente del N de la dieta para el crecimiento animal o su deposición en los productos (Huntington y Archibeque, 1999; Lobley *et al.*, 2000).

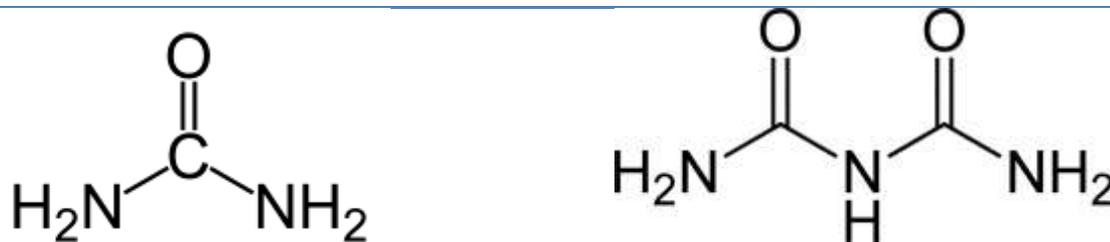


Figura 1. Estructura química de urea y el biuret.

En pastoreo, al mejorar la sincronía en la liberación del nitrógeno y la fermentación de los carbohidratos en el rumen, se reduce al mínimo la excreción de urea, mejorando su utilización por los rumiantes y reduciendo la excreción al medio ambiente (Bach *et al.*, 1995).

Suplementando con urea a animales que consumen forraje de baja calidad incrementan su utilización (Church y Santos, 1981; Köster *et al.*, 1996) y mejora el desempeño del animal (Mathis *et al.*, 1999.). La suplementación con urea logra esto al proporcionar una fuente de N disponible en el rumen. El N disponible en el rumen se usa junto con la materia orgánica que se fermenta por los microorganismos del rumen para sintetizar los compuestos nitrogenados, que permite que estos crezcan. El aumento de la actividad microbiana mejora el estado de energía del animal a través de la producción y aumento de los AGV, y mejora la cantidad de proteína que llega al intestino delgado, mediante el aumento de flujo de N microbiano al duodeno (Scott y Hibberd, 1990; Köster *et al.*, 1996.).

Virtanen (1966) demostró que los rumiantes pueden convertir NNP a proteína de la leche. Fuentes de NNP son un atractivo remplazo de la proteína debido a su bajo costo en comparación con la mayoría de las proteínas naturales. Por consiguiente, numerosos estudios se han llevado a cabo en la evaluación de la urea como fuente de N suplementario para los rumiantes. La urea, es la fuente más comúnmente utilizada de NNP, es muy soluble en agua y se hidroliza rápidamente a NH_3 dentro del rumen. Esto puede conducir a la toxicidad de NH_3 si la urea se consume en grandes cantidades dentro de un corto período de tiempo (Bartley *et al.*, 1976).

3.2.3. Síntesis y degradación en el rumen

Los rumiantes son capaz de sintetizar en el rumen muchas de las vitaminas hidrosolubles, especialmente las del complejo B y vitamina K, en cantidades superiores a las requeridas por los microorganismos del rumen (Kawas *et al.*, 2011).

El crecimiento microbiano del rumen depende de la disponibilidad de N en la forma de péptidos, AA, y NH_3 (Russell *et al.*, 1992). Para satisfacer las demandas de N de los microbios del rumen, el NRC (1989) recomienda 60 a 65% de la PC como proteína degradable rumen (RDP), y aproximadamente el 50% de la proteína soluble como RDP. Sin embargo, una proporción significativa de RDP puede fluir fuera del rumen con las fases líquida y sólida (McCarthy *et al.*, 1989), reduciendo su disponibilidad para la utilización por los microbios del rumen.

El nitrógeno absorbido después del rumen del ganado puede estar disponible para los microbios del rumen a través del reciclaje de N. El N reciclado se puede incorporar en los microbios sintetizando AA, que pueden ser absorbidos por el ganado y se utilizan para los procesos metabólicos tales como el anabolismo (Figura 2). Esto es una ventaja cuando el contenido de proteínas de la dieta es bajo o cuando el N disponible en el rumen (RAN) está limitado por la degradación de proteínas ruminales. Algunos estudios se han llevado a cabo recientemente (Archibeque *et al.*, 2001; Marini y Van Amburgh, 2003; Wickersham *et al.*, 2008a, b; Huntington *et al.*, 2009) para cuantificar mejor la capacidad del ganado para reciclar N.

Las características propias de la fisiología digestiva de los rumiantes adultos hacen que, prácticamente la totalidad de los alimentos ingeridos o de los compuestos administrados por vía oral, se vean expuestos a la acción digestiva ruminal (principalmente, hidrólisis, bio-hidrogenación y fermentación microbiana) antes de ser digeridos en el abomaso y absorbidos en el intestino (Torre y Caja, 1998).

Aunque la respuesta a la utilización de un determinado nutriente o aditivo debería esperarse que siguiese la ley biológica general de los rendimientos decrecientes, con una fase de aumento (lineal) y otra de saturación de la respuesta (cuadrática), en los rumiantes el proceso se ve claramente modificado por las condiciones fermentativas en el rumen (Torre y Caja, 1998).

La urea se hidroliza rápidamente a la entrada del rumen, lo que resulta en un pico rápido de las concentraciones de amoníaco en la primera hora después de su consumo. La degradación de carbohidratos ruminal y el

crecimiento microbiano subsiguiente es un proceso mucho más lento. Una mayor sincronía de estos procesos puede mejorar la eficiencia de incorporación NNP en proteína microbiana y de ese modo mejorar la eficacia global de utilización del N. En los rumiantes, los protozoos son de 20 a 70% de la biomasa microbiana ruminal, pero su contribución al flujo de proteína microbiana en el duodeno se limita a solamente del 20 al 40% (Jouany, 1996).

No es raro para los rumiantes sintetizar urea en exceso del N aparentemente digerido (Lapierre y Lobley, 2001), lo que implica para estos animales estén en un equilibrio positivo de N. El Nitrógeno reciclado en el TGI puede ser utilizado para la síntesis de proteína microbiana en el rumen y por lo tanto proporcionar AA para el huésped. Los rumiantes con dietas bajas en proteínas dependen más de su capacidad para reciclar urea que animales alimentados con niveles adecuados de proteína (Siddons *et al.*, 1985; Marini y Van Amburgh, 2003). El papel del riñón en el ahorro de urea ha sido bien establecida (Faix *et al.*, 1988; Tebot *et al.*, 1998; Cirio *et al.*, 1990).

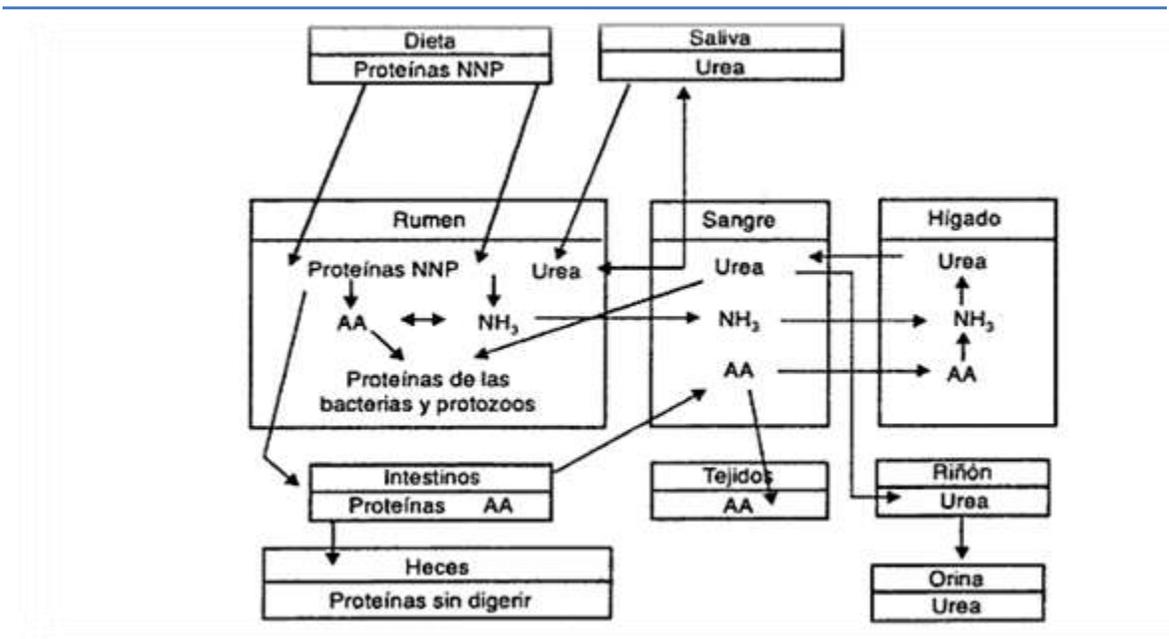


Figura 2. Formación de urea en Rumiantes (Adaptado de Kawas *et al.*, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación e instalaciones

Un estudio de digestibilidad y balance de nitrógeno se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en colaboración con la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el Campus Agropecuario, ubicado en la Ex-Hacienda El Canadá, en General Escobedo, N.L.

La prueba constó de tres etapas para la colección de muestras, registro de datos, análisis estadísticos e interpretación de la información: (1) etapa experimental; (2) etapa de análisis de muestras en el laboratorio; y (3) etapa de análisis e interpretación de datos.

4.2. Características de los animales y diseño experimental

Veinte cabras de cruce con Anglo Nubia, de 6 a 8 meses de edad (peso promedio de 18.2 kg), fueron asignadas aleatoriamente a cuatro grupos en un diseño completamente al azar. Los tratamientos constaron de la suplementación de bloques multinutrientes que contenían 0, 2, 4 y 6% de urea, a cabras que estaban consumiendo heno de pasto Buffel, a libre acceso.

4.3. Manejo de los animales

Las cabras se confinaron individualmente en jaulas metabólicas de 0.9 m x 1.2 m. El estudio de digestibilidad y balance de nitrógeno tuvo una duración de 30 días, 21 días para adaptación de las cabras a las jaulas metabólicas, y al

consumo de heno de pasto Buffel y a los bloques multinutrientes, y 9 días para la colección de muestras y registrar datos de peso corporal, consumo, y excreción de heces y orina.

A los animales se les aplicó un desparasitante, se vacunaron contra enfermedades Clostridiales y se les aplicó una inyección de vitaminas A, D y E. Con el peso promedio (de los días 22 y 30) de las cabras, se obtuvieron los pesos metabólicos, usados para calcular el consumo de materia seca ajustada por el peso metabólico. El consumo de agua se calculó por la mañana, pesando un recipiente metálico que contenía el agua, después que las cabras tuvieron acceso a ella durante el día anterior.

4.4. Preparación de alimentos y manejo de la alimentación

Los bloques que fueron manufacturados con una bloquera mecánica, adaptada con un gato hidráulico, contenían melaza, urea, cascarilla de soya, cal, sal, y una pre-mezcla de minerales y vitamina A (Cuadro 1). A las cabras se les ofreció pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) picado y un bloque, a libre acceso. El consumo del bloque ofrecido a las cabras fue calculado como la diferencia del peso actual y aquel del día anterior, durante la mañana.

La cantidad total del heno se ofreció en dos porciones durante el día (09:00 y 16:00), considerando el consumo diario más un 15% adicional al consumo del día anterior, para reducir la selección excesiva por los animales. El heno de pasto Buffel rechazado se pesó y registró diariamente, todas las mañanas, calculándose los consumos diarios de heno.

Cuadro 1. Composición de bloques multinutrientes con varios niveles de urea para cabras consumiendo pasto Buffel.

Item	Urea en block, %			
	0	2	4	6
Ingredientes				
Melaza	350	350	350	350
Cascarilla de soya	60	60	60	60
Maíz quebrado	335	315	295	275
Urea	0	20	40	60
Sal	130	130	130	130
Cal	100	100	100	100
Mezcla base	25	25	25	25
Composición				
Proteína cruda	4.1	10.0	14.6	21.7
Energía metabolizable, Mcal/kg	2.095	2.041	1.987	1.933
Fibra detergente neutro %	19.9	18.1	14.1	13.4
Extracto etéreo, %	10.1	11.4	9.7	9.6
Cenizas, %	32.3	34.3	33.6	34.9
Carbohidratos no-fibrosos, %	31.8	28.5	33.1	30.8

4.5. Colección y análisis de muestras de alimento y heces

Durante el periodo de colección, muestras de heno ofrecido y todo el heno rechazado se obtuvieron para almacenar y analizar posterior. El total de heces frescas de cada animal fueron colectadas, congeladas y almacenadas individualmente para cada cabra, posteriormente integrando las siete muestras obtenidas para generar una muestra compuesta.

Al final de la fase de colección, las heces fueron secadas individualmente en una estufa de aire circulante a 55°C durante aproximadamente 96 horas, hasta un peso constante. Posteriormente, todas las muestras de alimento y heces fueron molidas a través de un molino Wiley con una criba de 2 mm, preparándolas para el análisis por duplicado, repitiéndose el análisis en aquellas muestras donde la diferencia en los resultados fue mayor al 5%. Para cada animal, muestras compuestas de heno ofrecido y rechazado, y heces fecales fueron secadas en una estufa a 105°C (AOAC, 1997) para determinar el contenido de materia seca (MS) residual.

Muestras de heno ofrecido y rechazado fueron analizadas para determinar extracto etéreo (EE) utilizando el Extractor XT10 de Ankom Technology. El contenido de cenizas fue determinado después de la combustión en una estufa a 600°C, durante 3 horas. El contenido de nitrógeno fue determinado usando el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997). El contenido de proteína cruda del alimento ofrecido y rechazado fueron calculados como $N \times 6.25$. La fibra en detergente neutro (FDN) de las muestras de heno ofrecido, heno rechazado y heces fue determinada de acuerdo al procedimiento de Goering y Van Soest (1991). Las determinaciones se llevaron a cabo utilizando

un analizador de fibra marca Ankom, modelo A200, de Ankon Technology usando bolsas de filtración. El contenido de lignina en el forraje, bloque y heces fue determinado por el método de Ankom Technology 4/11, basado en la técnica de Van Soest (1994). En este estudio, los valores de FDN se presentan en base libre de cenizas como FDNmo (Udén *et al.*, 2005). El contenido de carbohidratos no-fibrosos (CNF) se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{CNF (\%)} = \text{MS} - (\text{PC} + \text{EE} + \text{FDNom} + \text{Cenizas})$$

4.6. Actividades de masticación

Al finalizar los siete días de la fase de colección de muestras, los tiempos dedicados al consumo de alimento, rumia u otra actividad (tomar agua, dormir, etc.) fueron registrados cada 5 minutos por un período de 24 horas, con la suposición de que estas actividades persistían durante los 5 minutos (Fimbres *et al.*, 2002).

4.7. Colección y análisis de orina

La orina colectada diariamente fue pesada, y una muestra diaria del 10% se fue acumulando en recipientes de plástico, y posteriormente, congeladas a una temperatura de -20°C. Para analizar el nitrógeno, la orina fue descongelada y filtrada a través de una capa de fibra de vidrio colocada en un embudo. El contenido de nitrógeno de la orina se determinó mediante el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997), usándolo para calcular el balance y la retención de nitrógeno:

$$\text{Balance de N (g/d)} = \text{N consumido} - (\text{N heces} + \text{N en orina})$$

$$\text{N retenido (\%)} = (\text{balance de N} / \text{N consumido}) \times 100$$

4.8. Análisis de muestras de sangre

Una muestra de sangre de cada cabra se obtuvo al final del experimento (día 30). Todas las muestras se dejaron coagular durante 30 minutos a temperatura ambiente y posteriormente se centrifugaron a 1,000 x g durante 15 minutos. El suero se separó y almacenó en un congelador a -72 °C hasta su análisis para determinar las concentraciones de nitrógeno en plasma. La prueba colorimétrica para determinar la concentración de urea en sangre se llevó a cabo usando un kit comercial (Idexx Laboratories Inc., Westbrook, Maine).

4.9. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la digestibilidad, la retención y balance de nitrógeno, las actividades de masticación, el pH ruminal y la concentración de urea en sangre, fueron evaluados estadísticamente mediante un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, usando polinomios ortogonales, para determinar los efectos lineal y cuadrático de las variables, en respuesta a un incremento en el nivel de urea en los bloques (Steel y Torrie, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Composición química de los bloques

En el Cuadro 1, se presenta la composición de los bloques multinutrientes con varios niveles de urea. Los cuatro tratamientos constaron de varios niveles de urea (0, 2, 4 y 8%) la cual remplazo parte del maíz en el suplemento. Los ingredientes usados en la formulación de los suplementos fueron cascarilla de soya, maíz quebrado, urea, sal, cal y una mezcla base.

Los análisis químicos de los bloques se presentan en el Cuadro 1. La concentración de proteína cruda varió de 4.1 a 21.7%, conforme aumentó el nivel de urea de 0 a 6% (base húmeda) del bloque. Por otro lado, la FDN se redujo al remplazar el maíz con urea. Debido a que el contenido de cenizas fue alto (varió de 28.5 a 33.1) con la inclusión de cal, sal y minerales, la densidad energética de los bloques fue baja (aproximadamente 2.0 Mcal EM/kg MS).

5.2. Consumo y digestibilidad de la MS y FDN

En el Cuadro 2, se presentan los consumos y digestibilidades de la MS y de la FDN. No se observó una diferencia ($P > 0.05$) entre los consumos o digestibilidades de la MS de las cabras de los tratamientos con varios niveles de urea en el bloque. El consumo de forraje varió de 542 a 571 g/d, mientras que el consumo de bloque varió de 121 a 168 g/d. Los consumos de materia seca total variaron de 662 a 736 g/d. Además, debido al alto nivel de cenizas, la digestibilidad de la materia seca pudo haberse reducido en todos los tratamientos.

Cuadro 2. Efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el consumo y digestibilidad de la materia seca, la fibra en detergente neutro.

Variable	Urea en block, %				EE ^a	P ^b	
	0	2	4	6		L	C
Materia Seca							
Forraje, g/d	571	542	543	554	42.8	0.896	0.645
Bloque, g/d	165	121	168	122	30.0	0.557	0.977
Total, g/d	736	662	712	676	57.3	0.616	0.742
Digestibilidad de MS (%)	75.2	77.2	75.8	75.4	2.22	0.937	0.596
Fibra detergente neutro							
Consumo, g/d	417	396	402	404	27.1	0.775	0.674
Heces, g/d	52.9	50.8	49.4	52.1	1.95	0.290	0.235
Digestibilidad, %	87.2	86.9	87.6	86.9	0.71	0.928	0.782

^a EEM, error estándar de la media.

^b P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático.

Los consumos y digestibilidades de la FDN no fueron afectados ($P > 0.05$) por el nivel de urea en los bloques. El consumo de FDN varió de 369 a 417 g/d, mientras que la excreción fecal de FDN varió de 49.4 a 52.9 g/d. La digestibilidad de la FDN varió de 86.9 a 87.6%. Estos datos coinciden con los reportados por Chanjula *et al.* (2008) quienes utilizaron cabras de cruce nativa Tailandesa y Anglo Nubia y cabras mestizas, con un peso promedio de 19.0 kg, a las que se les ofreció dietas a base de pasto elefante y yuca, con cuatro niveles de urea (0, 1, 2 y 3%), reportando que no había diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos con respecto a los coeficientes de digestión de MS, MO, PC, FDN y FDA.

Schacht *et al.* (1992) llevo a cabo un estudio para determinar si la urea y/o melaza mejoraban el desempeño de cabritos en la vegetación nativa (Caatinga) del noreste de Brasil, durante el final de la época seca. Los tratamientos incluyeron: (1) Caatinga solamente; (2) Caatinga y 5 gramos de urea por día; (3) Caatinga y 140 gramos de melaza por día; y (4) Caatinga y ambos suplementos (5 gramos de urea y 140 gramos de melaza por día). Estos autores no observaron una respuesta de la urea o la melaza suplementadas individualmente, sin embargo, cuando ambas fueron suplementadas, la ganancia de peso de los cabritos se duplico ($P < 0.05$), sugiriendo la necesidad de la suplementación de una fuente de energía para que la urea pueda ser utilizada por las bacterias del rumen para sintetizar proteína microbiana.

5.3. Tiempo dedicado al consumo y rumia.

En la Cuadro 3, se presentan los efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en los tiempos de consumo, rumia, masticación total y pH ruminal. El tiempo dedicado al consumo del alimento no fue afectado ($P > 0.05$) por el nivel de urea en el bloque, variando de 412 a 471 min/d. En contraste, la rumia varió cuadráticamente ($P = 0.013$) con un aumento en el nivel de urea en los bloques multinutrientes. La masticación total (suma de tiempos de consumo y rumia) no fue afectada ($P > 0.05$) por el nivel de urea en los bloques. Un aumento en tiempo de rumia se asocia con un aumento en el consumo de MS y de FDN (Fimbres *et al.*, 2002), lo que no sucedió en nuestro estudio.

El pH ruminal de las cabras cambió cuadráticamente conforme aumentó el nivel de urea en los bloques que se ofrecieron como suplemento. El pH ruminal fue de 6.62, 6.75, 6.72 y 6.58 para cabras suplementadas con bloques que contenían 0, 2, 4 y 6% de urea. Entre otros factores, el nivel de pH está influenciado por el consumo, y por su efecto sobre la rumia (Owens y Goetsch, 1984). La suplementación con urea en una dieta baja en proteína cruda originaría una mayor fermentación, y consecuentemente, una mayor producción de AGV, lo que explicaría una reducción en el pH ruminal (Amos y Evans, 1976).

En la Figura 3, se presenta el pH ruminal de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea (0, 2, 4 y 6%). Se observó un efecto cuadrático ($P = 0.012$) del nivel de urea en el pH ruminal, aumentando con los niveles de 2 y 4%, para posteriormente reducirse con el nivel de 6%.

Cuadro 3. Efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en los tiempos de consumo, rumia y masticación total.

Variable	Urea en block, %				EE ^a	P ^b	
	0	2	4	6		L	C
Masticación, Min/d							
Consumo	424	412	471	447	33.6	0.469	0.878
Rumia	444	340	351	400	27.5	0.346	0.013
Total	868	752	822	847	45.0	0.972	0.136
pH ruminal	6.62	6.75	6.72	6.58	0.048	0.457	0.012

^a EEM, error estándar de la media.

^b P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático.

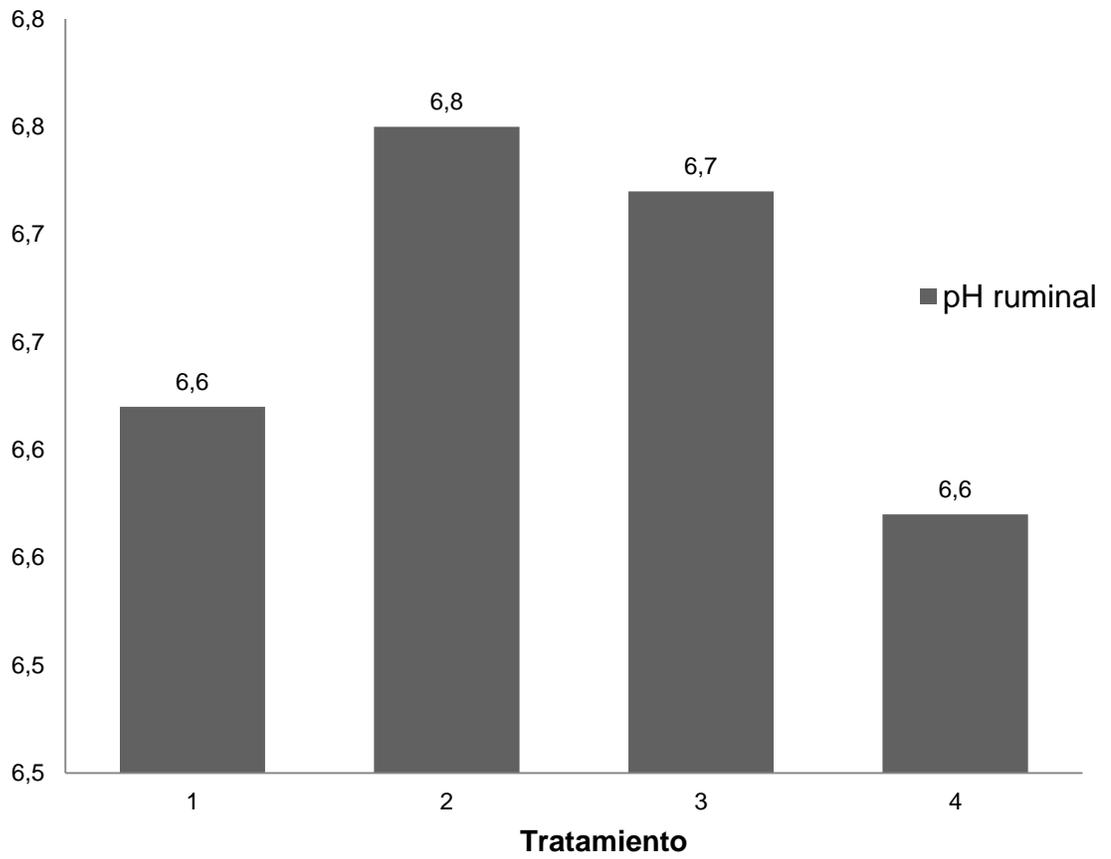


Figura 3. El pH ruminal de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.

Un mayor pH ruminal en los tratamientos con 2 y 4% de urea podría ser atribuido a un posible efecto "buffer" del amoníaco (Counotte *et al.*, 1979; Galina *et al.*, 2004). Una gran variación en la concentración de amoníaco ruminal encontrada por Smith *et al.* (1980) cuando suplementaron dietas fibrosas con urea, se debería a que como la urea es 100% soluble, se incrementan las concentraciones de amoníaco ruminal al poco tiempo de haber sido ingerida, pues los microorganismos del rumen no tienen la capacidad ni la disponibilidad de energía suficiente para metabolizarlo en su totalidad.

5.4. Consumo y retención del nitrógeno

En el Cuadro 4, se presentan los efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el balance del nitrógeno. La excreción de orina no cambió ($P > 0.05$) con un aumento en el nivel de urea en los bloques consumidos por las cabras. Mientras que el consumo de N del forraje ingerido no fue diferente ($P > 0.05$), el consumo de N que se obtuvo con la ingestión de bloque, aumentó ($P = 0.001$) de 1.074 g/d con el bloque sin urea, a 4.600 g/d con el bloque que contenía 6% de urea. Consecuentemente, el consumo diario de N aumento de 7.258 g/d a 10.605 g/d al aumentar el contenido de urea de 0 a 6%.

Ningún cambio ($P > 0.05$) en la excreción de N en heces fue observado con más urea en el bloque consumido por las cabras (Cuadro 4). Sin embargo, el N en orina aumentó ($P = 0.072$) de 2.142 g/d con el bloque sin urea, a 3.275 g/d con 6% de urea. El balance de N (g/d) y la retención (% del N consumido)

Cuadro 4. Efectos del nivel de urea en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el balance del nitrógeno de caprinos.

Variable	Urea, %				EEM ^a	P ^b	
	0	2	4	6		L	Q
Orina, ml/d ^a	933	805	1016	1010	206.6	0.638	0.772
Consumo N, g/d							
Forraje, g/d	6.188	5.994	5.928	6.010	0.427	0.763	0.751
Block, g/d	1.074	1.924	3.924	4.600	0.537	0.000	0.874
Total	7.258	7.922	9.848	10.605	0.749	0.003	0.951
N excretado en heces, g/d	6.530	5.772	6.228	6.438	0.871	0.965	0.587
N excretado en orina, g/d	2.142	2.242	3.100	3.275	0.481	0.072	0.939
Balance de N, g.	-1.412	-0.092	0.520	0.895	0.906	0.090	0.610
Retención N, %	-21.44	-0.84	5.73	10.06	11.59	0.076	0.494

^a EEM, Error estándar de la media.

^b P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático.

aumentaron ($P < 0.10$) con más urea en los bloques. El balance de N paso de ser negativo (-1.412 g/d) para las cabras que consumieron el bloque sin urea, a ser positivo (0.895 g/d) para aquellas que consumieron el bloque con 6% de urea. Las cabras perdieron N (-21.4%) con el bloque sin urea, reteniendo más N (10.1%) al consumir el bloque con 6% de urea.

En la Figura 4, se presenta la relación entre nivel de proteína cruda (x) en la dieta y el balance de nitrógeno (y) de cabras consumiendo heno de pasto Buffel y bloques con varios niveles de urea. Conforme aumentó el nivel de PC, principalmente a base de urea, aumentó el balance de N de las cabras. Considerando un balance de N de 0, el requerimiento aproximado de PC de las cabras sería de 8% (Figura 5). La digestibilidad de la dieta, y consecuentemente, la tasa de paso del alimento, se reduce si los requerimientos de nutrientes de las bacterias en el rumen no son satisfechos (Van Soest, 1994). Los requerimientos de N para máximo crecimiento microbiano en el rumen están principalmente en función del consumo de materia seca digestible (Van Soest *et al.*, 1982). La solubilidad y degradabilidad de la proteína en la dieta tiene una influencia en la disponibilidad de la proteína para satisfacer las necesidades de N de los microorganismos. Consecuentemente, el nivel de N necesario en el rumen para soportar una máxima tasa de paso del alimento se espera que varíe con la digestibilidad de los carbohidratos en el rumen. Una evaluación de datos de varios estudios con bovinos (NRC, 1987), sugieren que la mayoría de las dietas satisfacen este requerimiento con 6 a 8% de PC. El valor de 8% que estimamos para caprinos en nuestro estudio es similar al obtenido en estos estudios reportados para

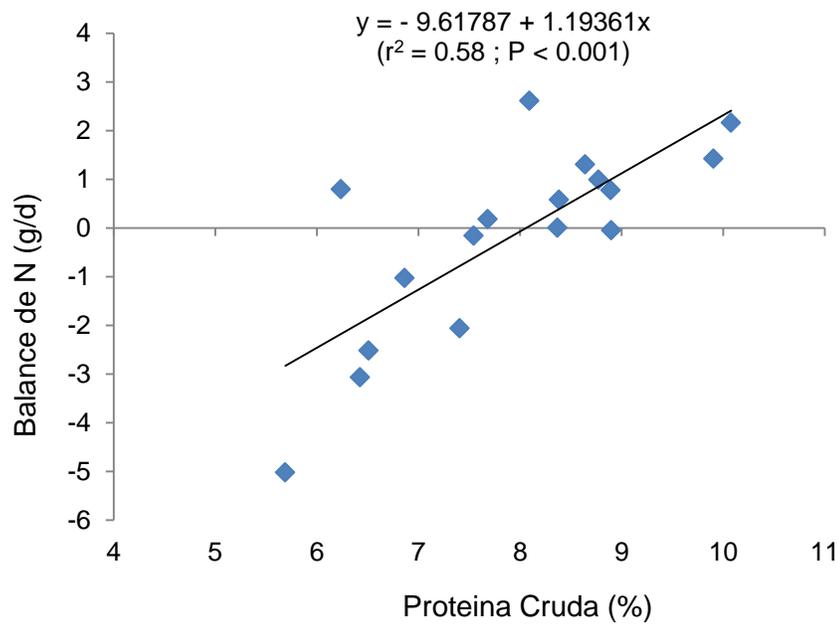


Figura 4. Relación entre nivel de proteína cruda en la dieta y el balance de nitrógeno de cabras consumiendo heno de pasto Buffel y bloques con varios niveles de urea.

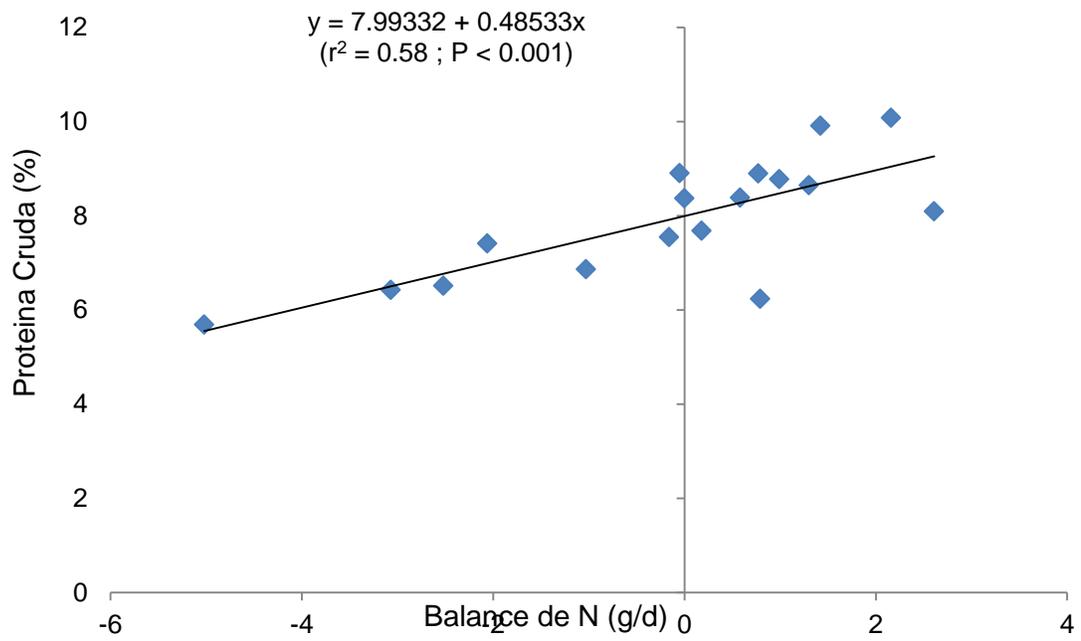


Figura 5. Estimación del requerimiento de proteína cruda para mantenimiento de cabras consumiendo heno de pasto Buffel y bloques con varios niveles de urea.

bovinos por el NRC (1987) y caprinos (NRC, 2007).

En la Figura 6, se presenta la concentración de urea en suero de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con cuatro diferentes niveles de urea (0, 2, 4, y 6%). Se observó aumentó lineal ($P < 0.001$) conforme aumentó la urea en el bloque. La concentración de urea en suero varió de 5.8 a 15.2 mg/dl. En animales alimentados con dietas a base de ensilaje de rastrojo de maíz y suplementadas con concentrado proteico con varios niveles de urea, Adamu *et al.* (1989) observó que el máximo crecimiento microbiano, medido a través de la cantidad de N-bacteriano que llega a duodeno, se produjo cuando el nivel de amoníaco en rumen alcanzó 4.9 mg/dl, mientras que en animales alimentados 4 veces por día, el nivel óptimo para maximizar el consumo y la digestibilidad de la MS se alcanza con un valor de 13.3 mg/dl. En nuestro estudio, este valor se alcanzó con el bloque que contenía 2% de urea. Este autor concluye que para mantener el nivel de amoníaco ruminal por encima de este valor en animales alimentados una vez por día, se deberá alcanzar un nivel superior a los 18.2 mg/dl a 2 horas del máximo consumo de alimento.

En la Figura 7, se muestra el consumo de agua y excreción de orina de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea (0, 2, 4 y 6%). No se observó una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el consumo y la excreción de orina entre los cuatro tratamientos, los cuales variaron en el consumo de agua de 2308 a 1939 ml/d, y en la excreción de orina de 805 a 1016 ml/d.

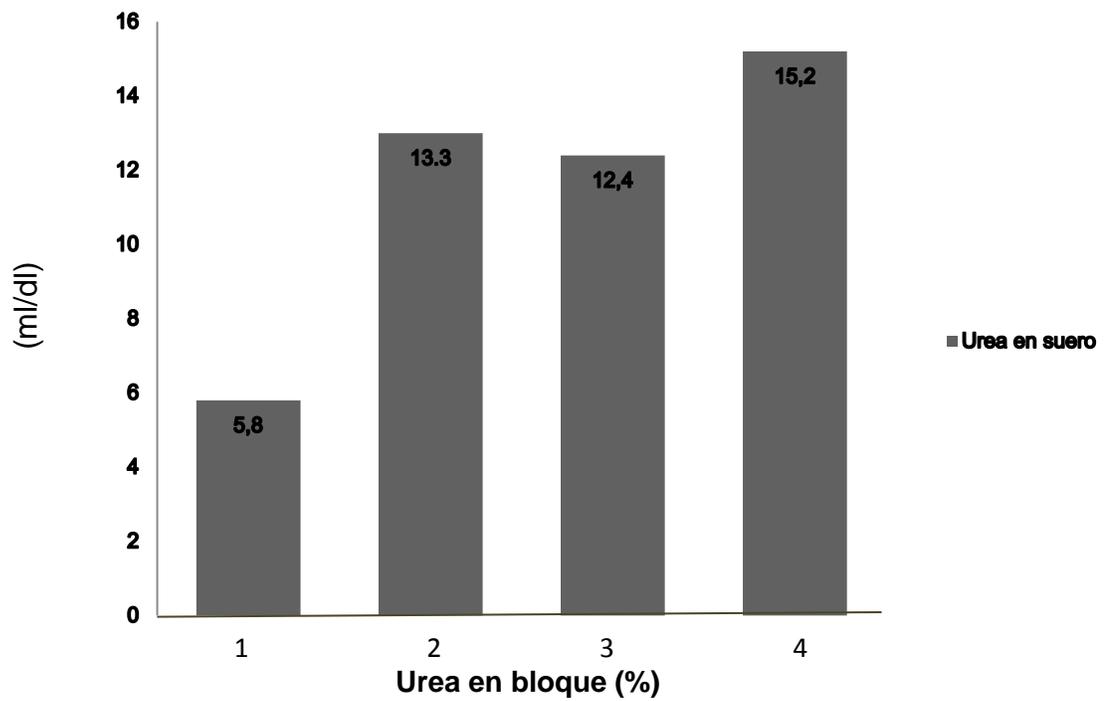


Figura 6. Concentración de urea en suero sanguíneo de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.

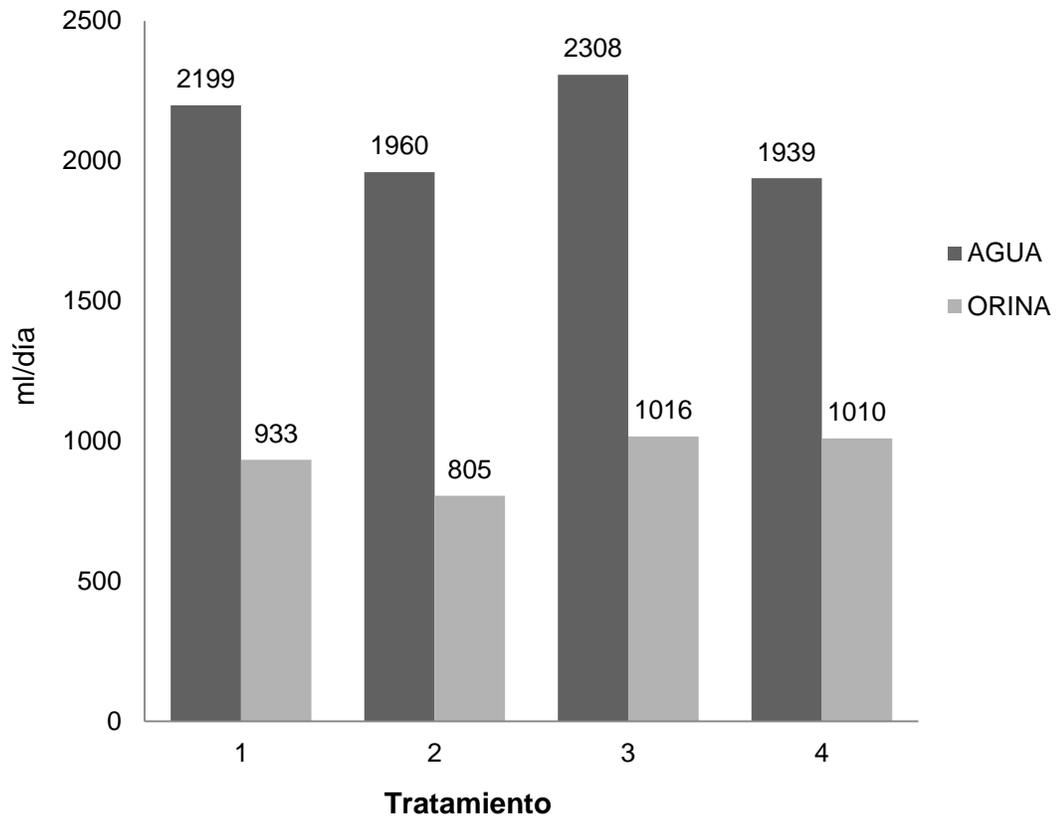


Figura 7. Consumo de agua y excreción de orina de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de urea.

En el Cuadro 5, se muestran las correlaciones entre el consumo de bloque y consumo de agua, excreción de orina, excreción fecal y digestibilidad de la materia seca. Con un mayor consumo de bloque, se observó un aumento en el consumo de agua ($P = 0.051$), y consecuentemente, una mayor excreción urinaria ($P = 0.051$). Estos datos también sugieren que al aumentar el consumo de bloque, aumentó la excreción fecal ($P = 0.014$) y se redujo ($P = 0.018$) la digestibilidad de la MS.

Cuadro 5. Correlaciones entre consumo de bloque y consumo de agua, excreción de orina y heces, y digestibilidad de la materia seca.

Consumo de bloque con:	r	P
Consumo de agua (g/d)	0.442	0.051
Excreción de orina (g/d)	0.441	0.051
Excreción fecal (g/d)	0.540	0.014
DMS (%)	-0.525	0.018

CONCLUSION

La suplementación de urea es recomendada principalmente cuando se ofrecen forrajes de baja calidad. Pastos de temporal como el Buffel generalmente contiene menos proteína cruda de la requerida para la función normal del rumen o el mantenimiento de los caprinos. En este estudio, se observó un aumento significativo en el consumo de N con la inclusión de un nivel de hasta 6% de urea en bloques multinutrientes a base de melaza, aumentando el balance y retención de nitrógeno de las cabras. Sin embargo, también se observó una mayor excreción urinaria de N entre mayor fue el nivel de urea en los bloques suplementados. En nuestro estudio pudimos determinar que para mantener un balance de N positivo, se requiere un 8% de proteína cruda en la dieta de las cabras. Debido a las grandes variaciones observadas en el consumo de bloque en este estudio, se recomienda restringir o regular el consumo mediante la inclusión de más sal o endurecer el bloque.

BIBLIOGRAFIA

- Abebe, G., R.C. Merkel, G. Animut, T. Sahlü and A.L. Goetsch. 2004. Effects of ammoniation of wheat straw and supplementation with soybean meal or broiler litter on feed intake and digestion in yearling Spanish goat wethers. *Small Rumin. Res.* 51:37-46.
- Adamu, A.D., J.R. Russell, M.C. Gilliard, and A. Trenkle. 1989. Effects of added dietary urea on the utilization of maize-stover silage by growing beef cattle. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 22:227-236.
- Alexandre, G. and N. Mandonnet. 2005. Goat meat production in harsh environments. *Small Ruminant Research* 60:53-66.
- Amos, H.E. and J. Evans. 1976. Supplementary protein for low quality Bermudagrass diets and microbial protein synthesis. *J. Anim. Sci.* 43:861-868
- AOAC, 1997. *Official Methods of Analysis*, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Archibeque, S.L., J.C. Burns, and G.B. Huntington. 2001. Urea flux in beef steers: Effects of forage species and nitrogen fertilization. *J. Anim. Sci.* 79:1937-1943.
- Askins, G.D. and E.E. Turner. 1972. A behavioral study of Angora goats during the danced periods on West Texas Range. *J. Range Manage.* 25:82-87.
- Bach, A., S. Calsamiglia, and M. D. Stern. 1995. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88:E9–E21.

- Bartley, E. E., A. D. Davidovich, G.W. Barr, G.W. Griffel, A.D. Dayton, C.W. Deyoe, and R.M. Bechtle. 1976. Ammonia toxicity in cattle. I. Rumen and blood changes associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.* 43:835-841.
- Ben Salem, H. and T. Smith. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Rumin. Res.* 77:174-194.
- Bowman, J.G.P. and B.F. Sowell. 1997. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: A review. *J. Animal Sci.* 75:543-550.
- Caton, J.S. and D.V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Animal Sci.* 75:533-542.
- Chanjula, P. and N. Wanwisa. 2008. Effect of supplemental nitrogen from urea on digestibility, rumen fermentation pattern, microbial populations and nitrogen balance in growing goats Songklanakarin *J. Sci. Techn.* 30:571.
- Church, D.C., and A. Santos. 1981. Effect of graded levels of soybean meal and of a non-protein nitrogen-molasses supplement on consumption and digestibility of wheat straw. *J. Anim. Sci.* 53:1609–1615.
- Cirio, A., R. Boivin, and D. Grancher. 1990. Diuresis, debit plasmatique renal et filtration glomerulaire chez le mouton vigile et anesthesie: effets d'un regime carence en proteines. *Ann. Rech. Vet.* 21:23–32.
- Clement, B.A., C.M. Gulf, and T.D.A. Forbes. 1997. Toxic amines and alkaloids from *Acacia berlandieri*. *Phytochemistry* 46:249-254.

- Counotte, G.H.M., A. Van't klooster, J. Van der kuilen, and R. Prints. 1979. Analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 49:1536-1544.
- Dawson, J.M., P.J. Buttery, D. Jenkins, C.D. Wood, and M. Gill. 1999. Effects of dietary quebracho tannin on nutrient utilization and tissue metabolism in sheep and rats. *J. Sci. Food and Agric.* 79:1423-1430.
- De Boer, A.J., N. Gutierrez, y J. de Souza. 1986. Farm feed resources for small ruminant production. Proceedings of the First Workshop of the Small Ruminant CRSP, University of California-Davis/US-Aid, Brazil, p.9.
- Faix, S. L., Leng, M. Szanyiova, and K. Boda. 1988. Effect of dietary energy intake on tubular reabsorption of urea in sheep. *Physiol. Bohemoslov.* 37:493–501.
- Figueiredo, E.A., A. Simplicio, G.S. Ribeiro, E.L. Melo, and E.R. Oliveira. 1980. Comportamento ao longo do ano em cabras criolas, em sistema tradicional de manejo. Embrapa, Comunicado Técnico 4:3.
- Fimbres, H., J.R. Kawas, G. Hernandez-Vidal, J.F. Picón-Rubio, and C.D. Lu. 2002. Nutrient intake, Digestibility, mastication and ruminal fermentation of lambs fed finishing ration with various forages levels. *Small Rumin. Res.* 43:275-281.
- Forbes, T.D.A., B.B. Carpenter, D.R. Tolleson, and R.D. Randel. 1994. Effects of N-Methyl- β -phenethylamine on GnRH stimulated luteinizing hormone release and plasma catecholamine concentrations in weathers. *J. Anim. Sci.* 72:464-469.

- Galina, M.A., M. Guerrero, C.D. Puga and G.F.W. Haenlein. 2004. Effects of slow-intake urea supplementation on goat kids pasturing natural Mexican rangeland. *Small Rumin. Res.* 55:85-95.
- Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agric. Handbook No. 379.* ARS-USDA, Washington, D.C.
- Huntington, G.B., K. Magee, A. Matthews, M. Poore, and J. Burns. 2009. Urea metabolism in beef steers fed tall fescue, orchardgrass, or gamagrass hays. *J. Anim. Sci.* 87:1346-1353.
- Huston, J.E., B.S. Rector, W.C. Ellis, and M.L. Allen. 1986. Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats, and deer. *J. Anim. Sci.* 62:208-215.
- Jouany, J.P. 1996. Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants. *J. Nutr.* 126:1335S-1346S.
- Kawas, J. R. 2008. Producción y Utilización de Bloques Multinutrientes como Complemento de Forrajes de Baja Calidad para Caprinos y Ovinos: La Experiencia en Regiones Semiáridas. *Tecnol. & Cien. Agropec., Joao Pessoa, Brasil*, 2:63-69.
- Kawas, J. R., N. A. Jorgensen and C. D. Lu. 1990. Influence of Alfalfa Maturity on Feed Intake and Site of Nutrient Digestion in Sheep. *J. of Animal Sci.* 68:4376-4386.
- Kawas, J.R. and J.E. Huston. 1990. Nutrient requirements of hair sheep in tropical and subtropical regions. Chapter 4. In: *Tropical Hair Sheep Production* (Eds. M. Shelton and E.A.P. Figueiredo). *Small Ruminant–Collaborative Research Support Program/US-AID.* p. 37-58.

- Kawas, J.R., O. Mahgoub and C.D. Lu. 2011. Chapter 6. Nutrition of the meat goat. In: Goat Meat Production and Quality. Eds. O. Mahgoub, I.T. Kadim and E. Webb. CAB International, GPI Group, UK.
- Kawas, J.R., O. Osmin, J. Hernandez, R. Leal, F. Garza and J.L. Danelon. 1997. Performance of grazing bull calves supplemented with increasing levels of ruminally undegradable protein. XVIII International Grassland Congress. Winnipeg, Manitoba & Saskatoon, Saskatchewan, Canada. Nutrition Conference. p. 67-77.
- Kawas, J.R., W.C. Foote, and A. Simplicio. 1992. Nutritional Aspects of Female Reproduction. Fifth International Goat Conference. New Delhi, India.
- Knox, M. and J. Steel. 1996. Nutritional enhancement of parasite control in small ruminant production system in developing countries of south-east Asia and the pacific. *Inter. J. Parasitology* 26:963-970.
- Köster, H.H., R.C. Cochran, E.C. Titgemeyer, E.S. Vanzant, I. Abdelgadir, and G. St-Jean. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.* 74:2473-2481.
- Kumar, R. and S. Vaithyanathan. 1990. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Anim. Feed Sci. Tech.* 30:21-38.
- Lachica, M. and J.F. Aguilera. 2005. Energy needs of the free-ranging goat. *Small Rumin. Res.* 60:111-125.
- Lapierre, H., and G. E. Lobley. 2001. Nitrogen recycling in the ruminant: A review. *J. Dairy Sci.* 84:E223-E236.

- Lobley, G.E., D.M. Bremner, and G. Zuur. 2000. Effects of diet quality on urea fates in sheep as assessed by refined, non-invasive [^{15}N ^{15}N] urea kinetics. *Br. J. Nutr.* 84:459-468.
- Lu, C.D. 1992. Effect of antiquality substances on utilization of leaf protein by animals. *World Rev. Anim. Prod.* 26:29-30.
- Lu, C.D. 2011. Nutritionally related strategies for organic goat production. *Small Rumin. Res.* 98:73-82.
- Lu, C.D., J.R. Kawas, and O.G. Mahgoub. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. *Small Rumin. Res.* 60:45-52.
- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Rumin. Res.* 49:241-256.
- Maleckek, J.C., and F.D. Provenza 1983. Feeding behaviour and nutrition of goats in rangelands. *World Animal Review* 47:38-48.
- Marini, J.C., and M.E. Van Amburgh. 2003. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 81:545-552.
- Mathis, C.P., R.C. Cochran, G.L. Stokka, J.S. Heldt, B.C. Woods, and K.C. Olson. 1999. Impacts of increasing amounts of supplemental soybean meal on intake and digestion by beef steers and performance by beef cows consuming low-quality tallgrass prairie forage. *J. Anim. Sci.* 77:3156-3162.
- McCarthy, R.D., T. H. Klusmeyer, J.L. Vicini, and J.H. Clark. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage

- of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72:2002-2016.
- Min, B.R., and S.P. Hart. 2003. Tannins for suppression of intestinal parasites. *Journal of Animal Science* 81, 102-109. and digestion by beef steers and performance by beef cows consuming low-quality tallgrass prairie forage. *J. Anim. Sci.* 77:3156-3162.
- Mobley, R., T. Kahan, F. Okpebholo, G. Nurse, J. Beaudoin, C. Lytle-N'guessan and T. Peterson. 2007. Practical management of internal parasites in goats. Cooperative Extension Program. College of Engineering Sciences, Technology and Agriculture, Florida A&M University. Tallahassee, Florida.
- Nantoumé, H., T.D.A. Forbes, C.M. Hensarling, and S.S. Sieckenius. 2001. Nutritive value and palatability of guajillo (*Acacia berlandieri*) as a component of goat diets. *Small Rumin. Res.* 40:139-148.
- Negesse, T., M. Rodehutschord, and E. Pfeffer. 2001. The effect of dietary crude protein level on intake, growth, and protein retention and utilization of growing male Saanen kids. *Small Ruminant Research* 39:243-251.
- NRC, 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. Natl. Acad. Press. Washington, D.C.
- NRC, 1989. Nutritional Requirements of Dairy Cattle, 6th ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC.
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids. 7th revised edition. Natl. Acad. Press. Washington, D.C.

- Owens, P. N. and A. L. Goetsch. 1986. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: L. P. Milligan, W.L. Grovum and A. Dobson (Ed.) Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. Pp. 196-223. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Pfister, J.A. 1983. Nutrition and feeding behavior of goats and sheep grazing deciduous shrub-wood-land in Northeastern Brazil. Ph.D. Dissertation Utah State Univ., Logan.
- Price, D.A. and W.T. Hardy. 1953. Guajillo poisoning of sheep. J. Anim. Veter. Med. Assoc. 122:223-225.
- Russell, J.B., J.D. O'Connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest, and C.J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. J. Anim. Sci. 70:3551-3561.
- Ruvuna, F., T.C. Cartwright, J.F. Taylor, C. Ahuga, and S. Chema. 1991. Factors affecting body weight of East African and Galla goats. Small Rumin. Res. 4:339-347.
- SAS. 1999. The logistic procedure. In SAS/STAT User's Guide. Ver. 8. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schacht, W.H., J.R. Kawas, and J.C. Malechek. 1992. Effects of supplemental urea and molasses on dry season weight gains of goats in semiarid tropical woodland, Brazil. Small Rumin. Res. 7:235-244.
- Scott, R.R., and C.A. Hibberd. 1990. Incremental levels of supplemental ruminal degradable protein for beef cows fed low-quality native grass hay. Okla. Agric. Exp. Sta. Res. Rep. MP-129:57-63.

- Siddons, R.C., J.V. Nolan, D.E. Beever, and J.C. MacRae. 1985. Nitrogen digestion and metabolism in sheep consuming diets containing contrasting forms and levels of N. *Br. J. Nutr.* 54:175-187.
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin. Res.* 35:181-193.
- Smith, T.; V. Broster, and R. Hill. 1980. A compararison of source of supplementary nitrogen for young cattle recei-ving fibre-rich diets. *J. Agric. Sci., Camb.* 95: 687-695.
- Sotomayor-Rios, A. and W.D. Pitman. 2001. Tropical forage plants: development and use. CRC Press UC, Florida, USA.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie, 1980. Principles and Procedures of Statistics. An Biometrical Approach. Second ed. McGraw-Hill Book Co. New York, USA.
- Sykes, A.R. 1994. Parasitism and production in farm animals. *Anim. Prod.* 59:155-172.
- Tebot, I., S. Faix, M. Szanyiova, A. Cirio, and L. Leng. 1998. Micropuncture study on urea movements in the kidney cortical tubules of low protein fed sheep. *Vet. Res.* 29:99-105.
- Torre, C. and G. Caja. 1998. Utilización de aditivos en rumiantes: vitaminas y aminoácidos protegidos. XIV Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Agribrands Europa-España, Barcelona. Producción Animal, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Udén, P., P.H. Robinson, and J. Wiseman. 2005. Use of detergent system terminology and criteria for submission of manuscripts on new or revised,

- analytical methods as well as descriptive information on feed analysis and/or variability. *Anim. Feed Sci. Tech.* 118:181-186.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Edition. Cornell University Press. Ithaca and London.
- Van Soest, P.J., C.J. Sniffen, D.R. Mertens, D.G. Fox, P.H. Robinson, and U. Krishnamoorthy. 1982. A net protein system for cattle: the rumen submodel for nitrogen. P. 280 in *Symposium on Protein Requirements for Cattle: Symposium*, F.N. Owens, ed. Publication No. MP-109. Oklahoma State University, Stillwater.
- Vera-Avila, H.R., T.D.A. Forbes, and R.D. Randel. 1996. Plant phenolic amines: potential effects on sympathoadrenal medulary, hypothalamic-pituitary-adrenal, and hypothalamic-pituitary-gonadal function in ruminants. *Dom. Anim. Endocrin.* 13:285-296.
- Virtanen, A.I. 1966. Milk production of cows on protein-free feeds. *Science* 153:1603.
- Waller, P.J. 1994. The development of anthelmintic resistance in ruminant livestock. *Acta Tropica* 56:233-243.
- Waller, P.J. 1997. Anthelmintic resistance. *Vet. Parasit.* 72:391-412.
- Wickersham, T. A., E. C. Titgemeyer, R. C. Cochran, E. E. Wickersham, and E. S. Moore. 2008b. Effect of frequency and amount of rumen-degradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 86:3089-3099.

Wickersham, T.A., E.C. Titgemeyer, R.C. Cochran, E.E. Wickersham, and D.P. Gnad. 2008a. Effect of rumen-degradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 86:3079-3088.⁶