

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



EFFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA INDEGRADABLE EN BLOQUES  
MULTINUTRIENTES EN EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA  
SECA DE CABRAS CONSUMIENDO HENO DE PASTO BUFFEL

**TESIS**

QUE PRESENTA

DANIELA SARAÍ RICO COSTILLA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE:

MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL

ESCOBEDO, N.L., MÉXICO

DICIEMBRE DE 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

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



**EFFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA INDEGRADABLE EN BLOQUES  
MULTINUTRIENTES EN EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA  
SECA DE CABRAS CONSUMIENDO HENO DE PASTO BUFFEL**

**TESIS**

**QUE PRESENTA**

**DANIELA SARAÍ RICO COSTILLA**

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

**MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL**

**ESCOBEDO, N. L., MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 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



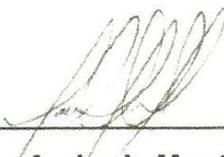
**Dr. Héctor Fimbres Durazo**

Co-Asesor



**Dr. Francisco Javier Picón Rubio**

Co-Asesor



**Dr. Héctor Andrade Montemayor**

Co-Asesor Externo



**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**

Primero que nada, quiero agradecer a Dios que me permitió continuar con mis estudios y superarme profesionalmente. Doy las gracias a mi esposo José Ezequiel Martínez Arredondo que estuvo conmigo en todo momento de mi carrera, apoyándome en todo lo necesario; extendiendo mi más caluroso agradecimiento a mi madre, Rosa María Costilla Rodríguez, por su amor, paciencia y por el apoyo que me brindo para salir adelante en mis estudios, a mi padre Jorge A. Rico Sandoval, que desde el cielo, ha estado conmigo ayudándome a seguir adelante, sé que él estaría orgulloso de este gran logro y parte de este trabajo se la dedico a él, y finalmente a todos mis familiares y amigos que me alentaron a seguir adelante y estuvieron conmigo en estos momentos tan importantes de mi vida.

También doy gracias a todos y cada uno de los profesores del Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por todo su apoyo, en especial al Dr. Jorge Kawas, por brindarme esta oportunidad tan importante en mi carrera, por enseñarme que hay que superarse en la vida, por confiar en mí y permitirme ser su tesista; además quiero agradecer al Dr. Héctor Fimbres que me brindó su apoyo y ayuda para concluir este trabajo y quiero agradecer a la T.L. María Julia Arteaga por brindarme su apoyo para realizar los análisis de laboratorio.

También agradezco a las empresas, AQUA Laboratorios y a MNA de México, S.A. de C.V., que me apoyaron en todo este proceso, y me prestaron sus instalaciones para realizar este trabajo; además doy gracias al personal de estas

empresas que colaboraron con su ayuda para realizar el experimento y análisis de laboratorio; gracias a los médicos Héctor Ortiz, Juan Garza, a las químicas Marisol Galván, Esmeralda Mandujano y al Ing. Gustavo Martínez Kawas.

Por su confianza y comprensión, muchísimas gracias,

Daniela Saraí Rico Costilla

## **NOMENCLATURA**

<b>AGV</b>	Ácidos grasos volátiles
<b>C</b>	Efecto Cuadrático
<b>d</b>	Día
<b>EB</b>	Energía bruta
<b>EE</b>	Extracto etéreo
<b>EEM</b>	Error estándar de la media
<b>FDA</b>	Fibra en detergente ácido
<b>FDN</b>	Fibra en detergente neutro
<b>G</b>	Gramos
<b>H</b>	Hora
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>L</b>	Efecto Lineal
<b>MS</b>	Materia seca
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoniaco
<b>°C</b>	Grados centígrado
<b>P</b>	Probabilidad
<b>PDC</b>	Proteína degradable consumo
<b>PIC</b>	Proteína indegradable consumo
<b>PC</b>	Proteína cruda

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	ix
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
2.1. Objetivo.....	4
2.2. Hipótesis .....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
3.1. Sistemas de producción en regiones semiáridas .....	5
3.2. Hábitos de alimentación de los caprinos.....	6
3.3. Valor nutritivo de los forrajes.....	8
3.3.1. Composición química de los forrajes .....	9
3.3.2. Disponibilidad y calidad del forraje.....	12
3.3.2.1. Disponibilidad del forraje .....	13
3.3.2.2. Calidad del forraje .....	13
3.4. Compuestos de anti-calidad de los forrajes.....	14
3.5. Utilización del nitrógeno por los rumiantes .....	15
3.5.1. Contenido de nitrógeno en forrajes .....	18
3.5.2. Digestión y metabolismo del nitrógeno en el rumen .....	19
3.5.2.1. Metabolismo del nitrógeno .....	19
3.5.2.1.1. Degradación ruminal de la proteína .....	20
3.5.2.1.2. Síntesis de proteína microbiana.....	21
3.5.3. Balance y retención del nitrógeno .....	22
3.6. Suplementación de nutrientes .....	23
3.6.1. Proteína.....	24
3.6.2. Minerales.....	26
3.7. Bloques multnutrientes .....	28
3.7.1. Elaboración del bloque .....	30
3.7.2. Regulación del consumo de los bloques .....	31

<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
4.1. Ubicación e instalaciones.....	33
4.2. Características de los animales .....	33
4.3. Manejo de los animales .....	33
4.4. Preparación de alimentos y manejo de la alimentación .....	34
4.5. Colección y análisis de muestras de forraje, bloque y heces.....	34
4.6. Colección y análisis de muestras de orina .....	37
4.7. Análisis de muestras de sangre .....	37
4.8. Actividades de masticación.....	37
4.9. Análisis estadísticos.....	38
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>39</b>
5.1. Composición química de los bloques.....	39
5.2. Consumo y digestibilidad de la materia seca .....	39
5.3. Digestibilidad de la FDN.....	41
5.4. Tiempos de consumo y rumia .....	43
5.5. Consumo y retención de nitrógeno .....	45
5.6. Consumo de agua y excreción de orina.....	48
5.7. Correlaciones con el consumo de bloque .....	51
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>54</b>

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.	Composición del bloque multinutriente con diferentes niveles de proteína indegradable consumo, consumidos por cabras alimentadas con heno de pasto buffel. 35
Cuadro 2.	Consumo y digestibilidad de la materia seca en caprinos confinados consumiendo pasto buffel henificado y bloques multinutrientes con cuatro tratamientos de proteína indegradable consumo (PIC). 40
Cuadro 3.	Efectos del nivel de proteína indegradable consumo (PIC) 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 42
Cuadro 4.	Efectos del nivel proteína indegradable consumo (PIC) en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en los tiempos de consumo, rumia y masticación total. 44
Cuadro 5.	Efectos del nivel de proteína indegradable consumo (PIC) en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el balance y retención del nitrógeno. 47
Cuadro 6.	Correlaciones entre consumo de bloque multinutriente con varios niveles de proteína indegradable consumo ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel. 52

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Composición celular de las plantas	11
Figura 2. Utilización del nitrógeno en los rumiantes	16
Figura 3. pH ruminal de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con distintos niveles de proteína indegradable	46
Figura 4. Concentración de urea en suero de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable.	49
Figura 5. Consumo de agua y excreción de orina de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable	50

## RESUMEN

Una mejor utilización de forrajes de baja calidad por caprinos frecuentemente depende de un aumento en el suministro de nitrógeno en el rumen, lo que puede aumentar la digestibilidad de la fibra. Sin embargo, los suplementos que proporcionan ambos, nitrógeno no-proteico y proteína verdadera, pueden aumentar el consumo de forraje conforme los requerimientos mínimos de nitrógeno son satisfechos. El efecto del nivel de proteína indegradable de consumo (PIC) en bloques multinutrientes, en el consumo y digestibilidad de heno de pasto Buffel fue evaluado con veinte cabras de cruce con Nubia. Los suplementos en bloque fueron formulados con harina de pescado y urea para obtener niveles de PIC de 9, 24, 39 y 54%. Correlaciones significativas fueron obtenidas para el consumo de bloque y los consumos de forraje ( $r = 0.66$ ;  $P = 0.002$ ), agua ( $r = 0.79$ ;  $P = 0.001$ ), y las excreciones de orina ( $r = 0.62$ ;  $P = 0.004$ ) y heces ( $r = 0.67$ ;  $P = 0.001$ ). El consumo de bloque tuvo correlaciones significativas con las digestibilidad de la MS ( $r = -0.45$ ;  $P = 0.045$ ) y el consumo de MS digestible ( $r = 0.83$ ;  $P < 0.001$ ). Por otro lado, un mayor consumo de forraje también estuvo relacionado con un mayor tiempo dedicado a rumiar ( $r = 0.43$ ;  $P = 0.057$ ) y un mayor pH ruminal ( $r = 0.48$ ;  $P = 0.033$ ). Un aumento ( $P = 0.055$ ) en la retención del N de 20.0 a 32.6% se observó conforme aumento el contenido de PIC de 9 a 54%. Además, no se observó una diferencia ( $P > 0.05$ ) entre las concentraciones de urea en suero sanguíneo entre los 4 niveles de PIC, variando de 11.8 a 14.4 mg/dl. Al suplementar caprinos, se debe considerar la dureza del bloque o el uso de reguladores de consumo para para obtener una mejor y mas homogénea respuesta productiva.

## SUMMARY

Improvements in the nutritive value of low-quality forages for goats often depend on increasing the supply of rumen nitrogen, thereby increasing fibre digestibility. However, supplements that provide both, non-protein nitrogen and true protein, may increase forage consumption as the minimum nitrogen requirements for rumen microorganisms are satisfied. The effect of undegradable intake protein (UIP) level in multinutrient feed blocks on Buffel hay and block intake and DM digestibility was evaluated with twenty Nubian crossbred does. Supplement blocks were formulated with fish meal and urea to obtain UIP levels of 54, 39, 24 and 9%. Significant correlations were obtained between block intake and the intakes of forage ( $r = 0.66$ ;  $P = 0.002$ ) and water ( $r = 0.79$ ;  $P = 0.001$ ), and excretion of urine ( $r = 0.62$ ;  $P = 0.004$ ) and feces ( $r = 0.67$ ;  $P = 0.001$ ). Block intake had significant correlations with DM digestibility ( $r = -0.45$ ;  $P = 0.045$ ) and digestible DM intake ( $r = 0.83$ ;  $P < 0.001$ ). A greater forage intake was also related to more time does ruminated ( $r = 0.43$ ;  $P = 0.057$ ) and to an increase in ruminal pH ( $r = 0.48$ ;  $P = 0.033$ ). An increase ( $P = 0.055$ ) in N retention from 20.0 to 32.6% was observed as UIP content increased from 9 to 54%. Also, no difference ( $P > 0.05$ ) was observed between the urea concentrations in blood serum between the four UIP levels, varying from 11.8 to 14.4 mg/dl. When supplementing goats, it is important to consider block hardness or the use of intake regulators to limit multinutrient block intake in order to have a better and more homogeneous productive response by goats.

## 1. INTRODUCCIÓN

La fluctuación estacional 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 las regiones semiáridas y subtropicales (Kawas, 2008). El consumo inadecuado de forraje puede consecuentemente reducir el consumo de nutrientes que requieren los pequeños rumiantes para el crecimiento, gestación y lactancia (Kawas y Huston, 1990).

Los bloques multinutrientes son considerados como suplementos alternativos que pudieran estimular la actividad microbiana en el rumen, lo que puede mejorar la digestión de los forrajes de baja calidad consumidos por rumiantes confinados o en pastoreo (Ben Salem y Nefzaou, 2003). Las ventajas de ofrecer suplementos multinutrientes en bloque, en contraste con suplementos líquidos o en harina, incluyen la facilidad de manejo y transporte, un consumo más homogéneo entre animales, una reducción en la necesidad de sal como regulador de consumo y un menor riesgo en el uso de urea como fuente de nitrógeno no-proteico. En la producción de bloques, al igual que en suplementos en polvo, pellets, etc., se puede considerar la formulación específica de nutrientes de acuerdo con las necesidades fisiológicas de los animales (Kawas, 2010).

La harina de pescado es considerada por la NRC (2007) como una fuente de proteína con una alta fracción indegradable en el rumen, que puede mejorar la producción animal, al complementar la proteína microbiana que se digiere en el duodeno (Hussein y Jordan, 1991). Trabajos como los de Osuagwah (1992),

Lindsay y Laing (1995) y Hennessy *et al.* (1995) han demostrado una mejoría significativa en la tasa de fertilidad, el peso corporal de las ovejas, y el crecimiento de cabritos y corderos, cuando se suplementan con urea como fuente de nitrógeno y melaza como fuente de energía fácilmente disponible en condiciones de sequía (Rafiq *et al.*, 2007.). La urea se utiliza ampliamente en suplementos y alimentos para rumiantes debido a que es una fuente barata de nitrógeno no-proteico. Sin embargo, el uso de urea puede no es suficiente para sostener el nivel deseado de producción (Brito *et al.*, 2007). Los suplementos con proteína verdadera, como en el caso particular de la harina de pescado, mejora la utilización del forraje en mayor proporción que con la suplementación a base de urea (Jelantik *et al.*, 2010).

## **2.1 OBJETIVO**

El objetivo del presente estudio fue determinar si la suplementación de una fuente de proteína verdadera mejora el consumo y la digestibilidad de la materia seca del forraje consumido por cabras, en comparación con una fuente de nitrógeno no-proteico.

## **2.2 HIPÓTESIS**

La suplementación de una fuente de proteína indegradable de consumo (PIC) mejora el consumo y la digestibilidad de la materia seca del forraje consumido por caprinos, en comparación con una fuente de nitrógeno no-proteico (urea).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1. Sistemas de producción en regiones semiáridas

Un “sistema” en el contexto de la producción de ganado se puede considerar como la integración de todos los factores que influyen en el manejo de la cabra. En la evaluación de un sistema de producción caprino, se debe considerar si el sistema de producción está mejorando, empeorando o se mantiene estable, o si es productivo y sostenible (McMillin *et al*, 2011). El manejo de los sistemas de producción caprina incluye la toma de decisiones sobre la raza o tipo de cabra, los sistemas de alojamiento, cría y métodos de alimentación y el manejo de la salud (Donkin *et al.*, 1996).

Las cabras pueden adaptarse al consumo y utilización de hojas de arbustivas, pasto, hierbas y brotes de arbustos (cabras pueden pastorear o ramonear). Las cabras también poseen características únicas que les permiten adaptarse a ambientes hostiles. Estas características únicas les permitan prosperar en una amplia variedad de regiones ecológicas del mundo y en diferentes sistemas de producción (Alexandre y Mandonnet, 2005).

La región semiárida de México ha sido utilizada para sistemas de pastoreo desde la época colonial española. Debido a su adaptación natural a entornos hostiles, las poblaciones de ovejas y cabras ha aumentado en el norte de México (Echavarría-Chairez, *et al.*, 2010).

### 3.2. Hábitos de alimentación de los caprinos

Algunas características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento de los caprinos son inherentes en la estrategia usada para aprovechar los recursos alimenticios disponibles, y estas se manifiestan en el comportamiento de alimentación que conocemos como “selectividad” (Provenza *et al.*, 1983). Entre estas se incluye el labio superior movable y la habilidad de permanecer en una postura bípeda. La postura bípeda grandemente maximiza la disponibilidad de forraje en un área determinada en la que el caprino puede ramonear. Otra característica de los caprinos es que viajan mayores distancias que los bovinos u ovinos, estando expuestos a una mayor cantidad de forraje y variedad de especies forrajeras (Askins y Turner, 1972).

La dieta de los caprinos en los agostaderos 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 pastos y las hierbas cuando estos son más abundantes, y se inclinan al ramoneo, cuando la vegetación arbustiva predomina.

Por lo general, la influencia que el hombre pueda tener sobre los caprinos en pastoreo se limita a decisiones sobre la época y localización de pastoreo, carga animal y composición del hato (Provenza *et al.*, 1983). Sin embargo, últimamente,

la dieta seleccionada en una situación particular depende de variaciones estacionales y de geografía. Además, la palatabilidad se determina mediante características particulares de cada planta, y estas, tienen una amplia influencia sobre la aceptación o el rechazo del forraje disponible para los caprinos.

Generalmente las cabras buscan la diversidad en su ingesta, probablemente para mantener el ambiente del rumen dentro de un cierto rango fisiológico y microbiológico. Sin embargo, también tratan de limitar la variabilidad de la proporción de los nutrientes ingeridos dentro de un periodo corto o dentro de un año (Morand-Fehr, 2005).

Es evidente que las cabras no son ramoneadoras obligatorias o que pueden comer material fibroso. Estas son, sin embargo, capaces de cambiar rápidamente de estrato herbáceo a arbustivo o estratos de árboles, y a la inversa. La experiencia en pastizales juega un papel crucial en la tendencia de los rumiantes a aprender a comer diferentes alimentos, particularmente las cabras que tienen la capacidad de memorizar los eventos alimenticios fácilmente (Morand-Fehr, 2005).

La selectividad es un componente esencial del comportamiento caprino ya que son capaces de estar en áreas difíciles así como afrontar mejor a las plantas tóxicas (Duncan y Young, 2002). Las cabras pueden elegir su ingesta en sistemas de alimentación a libre acceso en función de sus necesidades energéticas y proteicas (Fedele *et al.*, 2002). El agua debe tener prioridad sobre las necesidades nutricionales. Cuando las necesidades de agua y minerales están cubiertas, las cabras pueden seleccionar hojas de los árboles u otros forrajes que son más ricos en nitrógeno y bajos en fibra (Fisher *et al.*, 1999).

Factores que influyen en el comportamiento de alimentación de las cabras incluyen prácticas de manejo del pastoreo, el tipo de vegetación y la temporada, la raza y la etapa de producción, tamaño del grupo y las propiedades de las dietas en confinamiento. El comportamiento de los animales varía mucho entre las especies animales domesticadas. Sin embargo, un denominador común es la influencia de la nutrición. Para las cabras, la consideración de los efectos de la nutrición en el comportamiento puede ser clasificado para los sistemas de pastoreo y animales confinamiento (Goetsch *et al*, 2010).

La investigación sobre el comportamiento de alimentación y selección de la dieta de caprinos de carne en pastoreo explica por qué las cabras seleccionan ciertas plantas y evitan otras, así como sus preferencias dietéticas en diferentes estaciones del año y el perfil de la curiosa selección de la dieta basado en la composición nutricional de las plantas (Kawas, 2011).

### **3.3. Valor nutritivo de los forrajes**

El valor nutritivo de los forrajes se puede evaluar analizando su contenido de cenizas, proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), extracto etéreo (EE), fósforo (P), calcio (Ca) y a veces potasio (K) y magnesio (Mg). También se deben considerar algunos minerales traza como hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), selenio (Se) y cobalto (Co). Durante la época seca, las reservas de vitamina en el hígado se reducen, por lo que se debe considerar su suplementación (Kawas, 2011).

Las cenizas constituyen alrededor del 8-12% de la materia seca (MS) y su valor se debe fundamentalmente al contenido de minerales como fósforo, calcio y

potasio. Las cenizas de los forrajes contienen una gran cantidad de sílice (Si) que representa alrededor del 50% de su peso total.

El término proteína cruda (PC) es empleado convencionalmente para cuantificar el contenido de compuestos nitrogenados, incluyendo proteína verdadera o nitrógeno no-protéico. Debido a que las proteínas contienen aproximadamente 16% de nitrógeno, la proteína cruda se puede calcular multiplicando el contenido de nitrógeno total por el factor 6.25, la cual es una constante. El contenido de proteína cruda tiene por lo general rangos que van desde 3 al 20%, reduciéndose con la madurez de los forrajes. El contenido disminuye a medida que madura el pasto, especialmente en pastos tropicales, donde el contenido de proteína cruda se reduce más rápidamente que en los pastos de zonas templadas, y bajo condiciones de sequía, disminuye más rápidamente que durante la época de lluvias. La fibra está formada de paredes celulares consistentes de celulosa, hemicelulosa y lignina, y es particularmente alta en los pastos maduros. El contenido de fibra aumenta conforme aumenta la edad de la planta y también depende, en cierto grado, de la temperatura en donde se desarrolle el pasto. Conforme aumenta la temperatura ambiente, también aumenta el contenido de fibra y ésta es normalmente más alta en los pastos tropicales que en los subtropicales o de clima templado (Bogdan, 1997).

### **3.3.1. Composición química de los forrajes**

Los forrajes contienen cantidades variables de agua, y la fracción de MS se compone de materiales orgánicos e inorgánicos. La materia orgánica incluye nutrientes como carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas, mientras que los

minerales son los componentes inorgánicos. Ambas entidades orgánicas e inorgánicas pueden proporcionar nutrientes para el cuerpo durante el mantenimiento, crecimiento, reproducción, gestación y lactancia en las cabras.

El contenido de MS puede ser dividido basado en el valor nutritivo de sus componentes en contenido celular y componentes de la pared celular (Figura 1) de la siguiente manera, como (Kawas, 2011):

1. Contenidos celulares:

- Ácidos orgánicos
- Mono y oligosacáridos (azúcar)
- Polisacáridos no-estructurales (almidones)
- Proteínas y otros compuestos nitrogenados
- Lípidos, ácidos grasos y otros componentes solubles en éter
- Minerales solubles

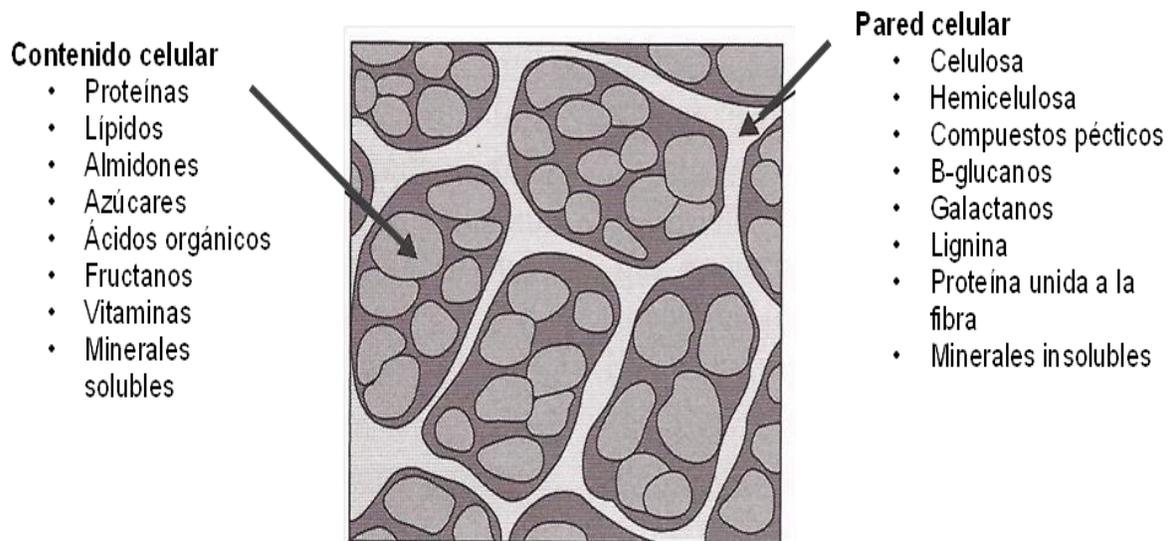


Figura 1. Composición celular de las plantas (Adaptada de Kawas *et al.*, 2011).

## 2. Pared celular:

- Polisacáridos estructurales (materia parcialmente nutritiva)
  - Celulosa
  - Hemicelulosa
  - Compuestos pécticos
- Materia no nutritiva
  - Lignina
  - Extractos etéreos no nutritivos (ceras, terpenos, etc)
  - Minerales insolubles (sílice)

### 3.3.2. Disponibilidad y calidad del forraje

Los dos factores más importantes que afectan a la calidad del forraje y su utilización son la especie de forraje y la madurez del forraje. En comparación con los forrajes de climas templados, los forrajes tropicales tienen una mayor producción de materia seca. Sin embargo, el aumento de la producción generalmente se asocia con la disminución de la calidad del forraje y el subsecuente valor alimenticio (Arthington y Brown, 2005). Las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y la calidad del forraje son, sin embargo una de las principales causas de estrés nutricional que limitan la producción animal en estas regiones (Kawas *et al.*, 1999).

### **3.3.2.1. Disponibilidad del forraje**

Durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje que ocurre como resultado de la reducida disponibilidad en el agostadero, produce un nivel bajo de proteína, un aumento en la lignificación y el contenido de otros componentes fibrosos, por consiguiente, puede reducir el consumo de nutrientes tales como nitrógeno, energía, minerales y vitaminas, que son requeridos por las cabras para su crecimiento, gestación y lactancia (Kawas, *et al.*, 1999).

### **3.3.2.2. Calidad del forraje**

La planta, o más bien, la mezcla de plantas que crecen en un campo o un ecosistema, determinan la calidad del forraje, dependiendo de las condiciones de cultivo y cosecha. Aunque algunos aspectos de la calidad pueden ser modificados después de la cosecha, las especies de plantas, la etapa de crecimiento y la condición en la cosecha generalmente dictan la calidad del forraje (Nelson y Moser, 1994).

En la calidad de los forrajes y en la concentración de los nutrientes, influyen notablemente diversos factores ecológicos relacionados entre sí. El grado de receptividad o tolerancia para ciertos factores que afectan al crecimiento, puede determinar la supervivencia de unas especies y la eliminación de otras (Swift y Sullivan, 1970).

La proporción de leguminosas y gramíneas y las especies presentes, tienen un efecto notable sobre la calidad del forraje. La mezcla de hierbas no deseables, reduce la proporción de las especies útiles y reduce el valor nutritivo. Los forrajes

nutritivos contienen una proporción máxima de hojas en relación a la de tallos. Una elevada producción de nutrientes digestibles se obtiene con forrajes que tienen una gran proporción de hojas durante el período más largo (Motta, 1952). La calidad del forraje disminuye durante el período seco, la composición de la dieta puede depender de la disponibilidad y el perfil botánico de los pastos consumidos por las cabras (Kawas *et al.*, 1999).

Para optimizar la utilización de forrajes de baja calidad y mantener un aceptable rendimiento animal, generalmente se desea mejorar el consumo y la digestión a través de la suplementación de nutrientes. Generalmente, el consumo de la proteína degradable se considera que es el componente de la dieta que es "la primera limitación" para la utilización de forraje de baja calidad (Koster *et al.*, 1996).

#### **3.4. Compuestos de anti-calidad de los forrajes**

La disponibilidad de nutrientes y la palatabilidad de ciertas especies de plantas parecen estar afectadas por compuestos de anti-calidad, también conocidos como metabolitos secundarios de las plantas, como los taninos, ácidos fenólicos y alcaloides, los cuales se encuentran en mayores concentraciones en la dieta de las cabras y venados al igual que otros rumiantes (Kawas *et al.*, 2010).

En dosis altas, los metabolitos secundarios pueden afectar negativamente a los procesos celulares y metabólicos, reducir el consumo de forraje, y causar la pérdida de peso e incluso la muerte. Sin embargo, los metabolitos secundarios también puede afectar negativamente a las bacterias dañinas, parásitos y hongos

que habitan en el cuerpo de los herbívoros y causa una disminución en la salud (Provenza y Villalba, 2010).

A los taninos se les reconoce cada vez más como compuestos importantes en la salud y la nutrición, aunque históricamente los agricultores y los ecologistas pensaban por igual, que los taninos afectan negativamente a los herbívoros. El consumo de plantas con alto contenido de taninos es una manera que tienen los herbívoros para reducir los parásitos internos. Además, los taninos alivian la inflamación mediante su unión a proteínas en el rumen. Al reducir la degradabilidad de las proteínas en el rumen, aumentando su disponibilidad para la digestión y absorción en la porción ácida del abomaso, los taninos también mejoran la nutrición, proporcionando proteínas de alta calidad con el intestino delgado (Provenza, 2008).

### **3.5. Utilización del nitrógeno por los rumiantes**

La proteína del alimento es parcialmente degradada en el rumen, con el  $\text{NH}_3$  disponible para su utilización por los microorganismos del rumen y la síntesis de proteína microbiana. Los animales rumiantes gozan de la capacidad de subsistir y producir sin disponer de una fuente de proteína en la dieta, debido a la síntesis de proteína microbiana en el rumen, a partir de nitrógeno no-proteico (NNP) como la urea (Figura 2). La urea se utiliza comúnmente en los alimentos como una fuente económica de nitrógeno no-proteico para la alimentación de los rumiantes.

Los microorganismos del rumen son aprovechados por el animal y, junto

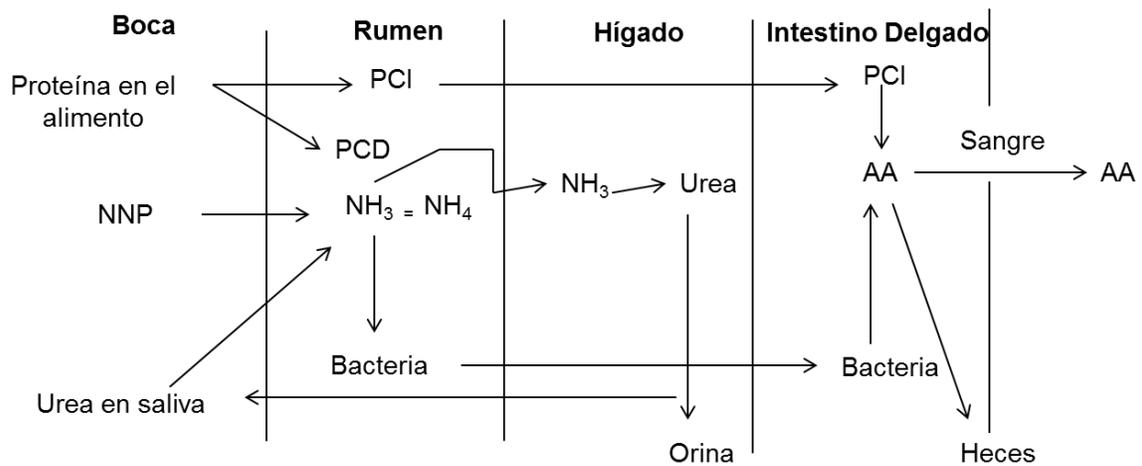


Figura 2. Utilización del nitrógeno en los rumiantes. AA, Aminoácidos; PCD, Proteína consumo degradable; PCI, Proteína consumo indegradable; NNP, Nitrógeno no proteico (Adaptado de Kawas *et al.*, 2011).

con la proteína que se escapa de la degradación en el rumen, proporciona al intestino delgado proteína para ser digerida y absorbida (Owens y Zinn, 1993). El exceso de  $\text{NH}_3$  en el rumen es absorbido y transportado a través de la vena porta al hígado, donde la urea es sintetizada y puede ser reciclada en la saliva o excretada en la orina. Los esqueletos de carbono de las moléculas de la proteína proveen energía a la cabra. La fracción de proteína degradable es conocida como proteína degradable de consumo (PDC), mientras la fracción de la proteína intacta es conocida como proteína indegradable de consumo (PIC) o proteína de sobrepaso. Las proteínas microbianas y las proteínas de los alimentos que escapan de la degradación en el rumen son desdobladas por la acción de las enzimas digestivas en el abomaso y en el intestino delgado, absorbidas en el intestino delgado y usadas para reemplazar las pérdidas corporales y para la síntesis de nuevo tejido corporal (Kawas *et al.*, 2011).

Las mejoras en el valor nutritivo de las dietas de forraje de baja calidad por las cabras a menudo dependen del incremento en la suplementación del nitrógeno ruminal, lo que aumenta la digestibilidad de la fibra (Ben Salem y Smith, 2008). Suplementos que proporcionan nitrógeno no-proteico y proteína verdadera puede aumentar el consumo de forraje para satisfacer los requerimientos mínimos de nitrógeno para los microbios del rumen. Debido a que una proporción importante de la proteína asociada con la fracción de la fibra no-degradable no puede ser utilizada por los microbios del rumen, establecer un nivel mínimo de proteína cruda para la función normal del rumen puede ser especialmente crítico con forrajes altos en fibra y bajos en proteína (Kawas *et al.*, 2011).

La proteína es el primer nutriente limitante para los rumiantes que pastorean forrajes nativos durante la época seca en invierno. Como las proteínas preformadas son costosas y de gran demanda para la alimentación de los animales no-rumiantes, la atención de los investigadores se ha recurrido a la posible utilización de NPN como fuentes de alimentación para los rumiantes y la posible mejora de la utilización de las proteínas preformadas (Tillman y Sidhu, 1969).

### **3.5.1. Contenido de nitrógeno en forrajes**

Debido a las diferencias que existen en la variedad de las plantas, la etapa de madurez, y las prácticas de manejo, los forrajes pueden variar significativamente con respecto a los parámetros de calidad, tales como la digestibilidad de la materia seca, contenido de proteína cruda y la palatabilidad. Además, muchos rumiantes consumen forrajes de baja calidad (<7% PC) por periodos extendidos durante el año. Para satisfacer las necesidades nutricionales de estos animales, la suplementación de PC se proporciona a menudo para aumentar el consumo de forraje, la digestibilidad de la MS, y la ganancia de peso (Bohnert *et al.*, 2011).

Muchos factores influyen en la degradación del contenido de proteína cruda del forraje. Factores como estado de madurez, especie forrajera y el método de preservación afectan el contenido de proteína cruda en el forraje (Hoffman *et al.*, 1993).

### **3.5.2. Digestión y metabolismo del nitrógeno en el rumen**

Como se mencionó anteriormente, las proteínas de la dieta se dividen en proteína degradable y no-degradable en el rumen, la PDC que incluye proteína verdadera y nitrógeno no-proteico. La proteína verdadera es degradada a péptidos y AA y, finalmente, es desaminada a N amoniacal, e incorporado en la proteína microbiana. El NNP está compuesto de N presente en el ADN, el ARN, el amoníaco, AA, y pequeños péptidos con el N de péptidos, AA, y el amoníaco que se utilizan para el crecimiento microbiano. La salida del rumen consta de N amoniacal, proteína no-degradada (de origen alimenticio o endógeno), y proteína microbiana. Cuando la proteína degradable en el rumen de la dieta está en exceso de la cantidad requerida por los microorganismos ruminales, la proteína es degradada a amoníaco y absorbe, siendo metabolizado a urea en el hígado, posteriormente perdiéndose en la orina. Las pérdidas de N pueden reducirse disminuyendo la PDR y/o aumentando el uso de N por los microorganismos ruminales (Bach *et al*, 2005).

#### **3.5.2.1. Metabolismo del nitrógeno**

El metabolismo de N en el rumen puede ser dividido en 2 eventos distintos: la degradación de la proteína, que proporciona fuentes de N para las bacterias, y la síntesis de proteína microbiana (Bach *et al*, 2005).

### **3.5.2.1.1. Degradación ruminal de la proteína**

El primer paso de la degradación de proteínas en el rumen implica la unión de las bacterias a las partículas alimenticias, seguido por la actividad de las proteasas microbianas de determinadas células (Brock *et al.*, 1982). Aproximadamente del 70 al 80% de los microorganismos ruminales se adhieren a las partículas del alimento no digerido en el rumen (Craig *et al.*, 1987), y del 30 al 50% de los microorganismos tienen actividad proteolítica (Prins *et al.*, 1983). Un gran número de diferentes especies microbianas forman un consorcio que se une a una partícula alimenticia, actuando en simbiosis para degradar y fermentar nutrientes, incluyendo proteínas. Los productos resultantes de este proceso son péptidos y AA. Debido a que el número de diferentes enlaces dentro de una sola proteína es grande, la acción sinérgica de diferentes proteasas es necesaria para la degradación completa de la proteína (Wallace *et al.*, 1997). La velocidad y el grado en el que se produce la degradación de la proteína dependerán de la actividad proteolítica de la microflora ruminal y el tipo de proteína (Wallace *et al.*, 1997).

Los péptidos y AA resultantes de la actividad proteolítica extracelular del rumen son transportados dentro de las células microbianas. Los péptidos pueden ser degradados aun mas por peptidasas en AA, y este último puede ser incorporado a la proteína microbiana, o inclusive, desaminada a AGV, CO<sub>2</sub>, y amoníaco. El destino de los péptidos absorbidos y AA una vez dentro de la célula microbiana dependerá de la disponibilidad de la energía (carbohidratos). Si la energía está disponible, los AA se transaminan o se usan directamente para la

síntesis de proteína microbiana. Sin embargo, si la energía es limitante, los AA se desaminan, y su esqueleto de carbono se fermenta en AGV (Tamminga, 1996).

#### **3.5.2.1.2. Síntesis de proteína microbiana**

El rumen es un entorno complejo habitado por especies microbianas diferentes, cada uno de ellos con diferentes necesidades de nutrientes y de su metabolismo. Las bacterias pueden utilizar carbohidratos y proteínas como fuente de energía. Los carbohidratos son la principal fuente de energía para las bacterias, aunque también pueden utilizar esqueletos de carbono para la síntesis de proteínas en combinación con amoníaco. La síntesis de proteína microbiana ruminal depende de la disponibilidad de cantidades adecuadas y del tipo de carbohidratos como fuente de energía para la síntesis de enlaces peptídicos. Los carbohidratos fácilmente fermentables, tales como almidones o azúcares, son más eficaces que otros carbohidratos como la celulosa, promoviendo el crecimiento microbiano (Stern y Hoover, 1979).

Cuando la tasa de degradación de la proteína excede la velocidad de fermentación de los carbohidratos, puede perderse grandes cantidades de N como amoníaco, y a la inversa, cuando la velocidad de fermentación de los carbohidratos excede la tasa de degradación de proteínas, la síntesis de proteína microbiana puede disminuir (Nocek y Russell, 1988).

### 3.5.3. Balance y retención del nitrógeno

La retención del nitrógeno sirve como una estimación de la de la deposición de proteínas en leche, tejido, lana, e inclusive, piel y pelo. Para el N, como para la energía, la medición de la retención por la diferencia entre el N consumido y el excretado, es menos preciso que mediante de estudios de matanza comparativa, en la que se mide la proteína y energía depositada en los tejidos, en el caso de animales en crecimiento. Sin embargo, los ensayos de balance de N siguen siendo útiles en el estudio del metabolismo del N de los rumiantes (Owens y Bergen, 1983).

Swanson (1982) reportó que normalmente no se calcula la digestibilidad del N corrigiéndola por la secreción o excreción de N en el intestino. Más de la mitad del N secretado en el intestino se reabsorbe. Matemáticamente, la digestibilidad del N es proporcional a la ingesta de N a través de una amplia variedad de dietas. Por consiguiente, la digestibilidad del N no es un valor independiente. La relación general (proteína digerible = 0.898 proteína cruda – 3.18) se puede interpretar en el sentido de que la digestibilidad de la proteína verdadera es cerca del 90%.

La intersección indica que por cada 100 g de materia seca consumida, 3.18 g de proteína equivalente aparece en las heces. Si esta pérdida metabólica representa una pérdida de tejido que debe ser repuesta con una eficiencia de sólo 50%, la dieta debe contener más del 6% de proteína simplemente para reemplazar esta pérdida fecal. Parte de esta pérdida puede ser debido a la asociación del N con residuos fibrosos y una parte es definitivamente residuos de N microbiano. Ambas fracciones pueden ser parcialmente derivadas del N no-específico en vez de N de los aminoácidos del tejido (Owens y Bergen, 1983).

La ruta de la pérdida de N puede cambiar con el estado energético de los microorganismos en el intestino grueso. La presencia de carbohidratos disponibles en el intestino grueso o ciego aumento la excreción de N en heces a expensas del N urinario, lo que causa una disminución de la digestibilidad aparente del N. Esto significa que el sitio de la digestión de la energía va a alterar la digestibilidad del N, y el peso corporal también cambiará, debido aparentemente a que el N absorbido será alterado (Orskov *et al.*, 1970).

Las digestibilidades del N, la materia seca y la celulosa pueden ser drásticamente disminuidas cuando la proteína se daña con calor durante el procesamiento o el almacenamiento de los alimentos, especialmente de los forrajes ensilados (Thomas *et al.*, 1982).

### **3.6. Suplementación de nutrientes**

En muchos sistemas de producción, el uso de suplementos es necesario para obtener mayores niveles de productividad de los 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 de forraje, tomando en cuenta que el suplemento no aporte nutrientes en exceso de los requerimientos del animal. 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. También se debe considerar la suplementación de minerales. Las deficiencias de la mayoría de los minerales son más comunes en caprinos y

ovinos que consumen forrajes de baja calidad. La suplementación es necesaria para satisfacer los requerimientos, maximizar la productividad y optimizar la salud (Kawas, 2008).

### **3.6.1. Proteína**

Una estrategia de suplementación para cabras que consumen forrajes de baja calidad debe maximizar la digestión y el consumo de forraje, considerando que la suplementación no suplirá los nutrientes en exceso de los requerimientos del animal. Cuando los rumiantes en pastoreo son suplementados, ocurren cambios en el consumo de forraje, como resultado de los cambios en la digestión y paso del alimento a través del tracto digestivo que están asociados con el consumo del nutriente adicional proveído por el suplemento (Bowman y Sowell, 1997).

Estudios sobre el efecto de suplementación de proteína y energía han demostrado que una respuesta en el consumo de alimento por los rumiantes ha estado relacionada con el nivel de proteína del forraje (Van Soest, 1994). Una mejora en el valor nutritivo de la dieta a base de forrajes de baja calidad para cabras, a menudo depende de un incremento en la suplementación de N para la fermentación ruminal, incrementando la digestibilidad de la fibra (Ben Salem y Smith, 2008). Debido a que una proporción importante de la proteína asociada con la fracción de fibra indegradable puede ser utilizada por los microorganismos del rumen, el establecimiento de un nivel mínimo de proteína cruda para la función normal del rumen puede ser especialmente crítico con forrajes altos en fibra y

bajos contenido de proteína curda. Debido a que los requerimientos de la proteína indegradable de consumo (PIC) de las cabras no se ha estudiado lo suficiente, el NRC (2007) estima que su nivel actual recomendado es del 9% del consumo de los nutrientes digestibles totales (TDN), teniendo en cuenta varios estudios recientes con cabras (Soto-Navarro *et al.*, 2003, 2004; Prieto *et al.*, 2000).

La suplementación de proteína cruda puede incluir fuentes verdaderas de proteína tales como las harinas de semillas oleaginosas y nitrógeno no-proteico (NNP) como la urea, este último comúnmente usado como una fuente de nitrógeno en los alimentos para rumiantes. Cuando la urea se suplementa es necesaria una fuente de energía disponible rápidamente para su utilización por los microorganismos ruminales (Van Soest, 1994).

A medida que el contenido de PC en el forraje aumenta, la magnitud de la respuesta en la producción a la suplementación con proteína adicional, en lugar de estar relacionada con cambios en el consumo de forraje, puede ser en respuesta a los cambios en la digestibilidad del forraje o debido a una mayor eficiencia metabólica en la utilización de nutrientes, incluyendo los efectos de la proteína degradable o indegradable (NRC, 2007).

Debido a que los forrajes de las zonas templadas tienen un alto nivel de proteína degradable, la suplementación con proteína indegradable (PIC) puede mejorar el desempeño de los rumiantes en pastoreo. Después de satisfacer las necesidades de proteína degradable en el rumen, la suplementación adicional de proteína indegradable puede mejorar el rendimiento sin afectar el consumo

(Kawas *et al.*, 1997). Los taninos pueden causar efectos nocivos en los herbívoros que los consumen tales como una reducción en la disponibilidad de la proteína, baja palatabilidad, irritación del tracto digestivo y toxicidad sistémica (Kumar y Vaithyanathan, 1990). Un aumento en la demanda de glucosa requerida para mitigar los efectos tóxicos de los metabolitos secundarios de las plantas sugiere que la suplementación es necesaria para mejorar la digestibilidad y la disponibilidad de los nutrientes, y proporcionar energía, proteína y otros nutrientes (Kawas *et al.*, 2011).

### **3.6.2 Minerales**

El contenido de cenizas del forraje y otros alimentos representan la fracción de materia inorgánica, o los minerales. Los minerales son nutrientes inorgánicos y son subdivididos en dos grupos, macro minerales y minerales traza. Los macro minerales son aquellos que son requeridos en porcentajes en la dieta, mientras que los micro-minerales o minerales traza son requeridos en niveles de partes por millón (ppm). Los macro-minerales incluyen calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio y azufre. Los minerales trazas requeridos en la dieta de los rumiantes son hierro, manganeso, zinc, cobre, yodo, selenio y cobalto. Las diversas funciones de los minerales en el cuerpo incluyen componentes estructurales de huesos y dientes (calcio y fósforo) y hemoglobina (hierro), electrolitos que participan en el balance de agua (sodio y potasio) y componentes de enzimas que participan en la regulación del metabolismo (yodo es un componente estructural de la hormona tiroxina y la tri-iodotironina) (NRC, 2007).

La suplementación mineral específica de los pequeños rumiantes es posible mapeando o estudiando la concentración mineral en suelos, forrajes, agua de bebida y el tejido animal en una región específica (Kawas *et al.*, 2008). La suplementación de los macro-minerales (calcio, fósforo, sodio, magnesio y potasio) debe ser considerada para satisfacer los requerimientos para crecimiento y reproducción (NRC, 2007). Conociendo el perfil mineral en forrajes consumidos por cabras en diferentes regiones, la suplementación mineral específica será necesaria para satisfacer los requerimientos, y optimizar la salud y productividad (Kawas, 2011).

Las deficiencias minerales son más comunes en cabras consumiendo forrajes de baja calidad. En las regiones semiáridas, las cabras que ramonean bajo condiciones de agostadero pueden consumir suficientes minerales en su dieta. Durante la época seca, en el noreste semiárido de México la concentración mineral hepática de cabritos no suplementados en agostadero fueron superiores a lo normal (Kawas *et al.*, 2008).

Es importante considerar que el nivel tóxico de cobre para ovinos no es lo es para caprinos, y que el requerimiento de cobre en caprinos es mucho más alto. Los requerimientos de cobre en la dieta de cabras lactantes es de 15 mg/kg MS y de cabras adultas y cabritos es de 20 mg/kg MS, considerando concentraciones adecuados de molibdeno de 1-2 mg/kg MS, y de azufre de 0.15-0.25% (NRC, 2007). Durante el periodo de un bajo crecimiento de la cachemira, un nivel total de cobre en la dieta de los caprinos de 25 mg/kg MS, mejoró el crecimiento de esta fibra usada en la industria textil. Estos valores son mucho más altos que el nivel

recomendado de 10 mg/kg de MS para el ganado vacuno en todas las etapas fisiológicas (NRC, 2007). Por otra parte, la alta suplementación de cobre puede mejorar el desempeño de las cabras. La suplementación de cobre de 100 mg/d mejora la eficiencia de ganancia, alterando el perfil de los lípidos en el suero, disminuye la profundidad de grasa de la canal en la doceava costilla y mejoró las canales deshuesadas y cortadas, en estrecha relación con cortes comerciales de cabritos alimentados con una dieta alta en concentrado, sin producir signos de toxicidad por Cu. El nivel máximo de tolerancia de Cu en la dieta de los caprinos se ha fijado en 40 mg/kg de MS (NRC, 2007).

### **3.7. Bloques multinutrientes**

Los bloques multinutrientes se pueden ofrecer a rumiantes confinados o en pastoreo. Un suplemento bien formulado puede ofrecerse a caprinos que consumen dietas de mala calidad, ya que permiten un suministro equilibrado, sincronizado y fraccionado de los nutrientes (energía, nitrógeno, minerales y vitaminas) a los rumiantes. Además, los bloques multinutrientes son un método útil para la conservación de algunos subproductos agroindustriales. Además, el uso de bloques es una técnica sencilla que se adapta a las condiciones de los pequeños agricultores (Ben Salem *et al.*, 2000).

El tipo de suplemento es importante para minimizar el gasto y maximizar su impacto en la productividad. Debido a que muchos agricultores de bajos recursos tienen caprinos en sistemas de producción extensivos, se debe considerar la utilización de recursos locales para su manufactura. Los suplementos

multinutrientes manufacturados en la granja pueden ser ofrecidos en forma de mezcla o bloque (Ben Salem y Nefzaoui, 2003; Ben Salem y Smith, 2008; Kawas, 2008).

Algunas de las 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-proteico. Sin embargo, aunque los bloques tienen 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, 2008).

Kawas (2008) recomienda dos tipos de bloques multinutrientes que pueden ser manufacturados para temporadas húmedas y secas, respectivamente, con las siguientes características: *Bloque proteico-mineral*: el consumo de este bloque es bajo (aproximadamente del 0.2-0.3% del peso corporal) con 30% de proteína cruda o más. El propósito de ofrecer este bloque es la suplementación de proteína, macrominerales (Ca, P y Mg), minerales traza (Fe, Mn, Zn, Cu, I, Co y Se), y vitamina A durante la época seca. Este producto es práctico para su uso en situaciones en las que es difícil proporcionar y manejar suplementos, de esta manera muchos animales pueden ser suplementados con un solo bloque. Este suplemento puede ofrecerse durante la temporada húmeda o seca como una herramienta para el manejo reproductivo en cabras.

*Bloque proteico-energético:* este bloque contiene minerales, pero más energía y menos proteína (20-25% de proteína cruda) que un bloque proteico mineral. El consumo de este bloque debe ser mayor (aproximadamente entre 0.4-0.5% del peso corporal). Este suplemento es recomendado para la temporada seca, cuando la disponibilidad y calidad del forraje limita el consumo de energía por las cabras (Kawas, 2010).

### **3.7.1. Elaboración del bloque**

En la formulación de bloques multinutrientes se deben considerar varios aspectos. Se deben utilizar los ingredientes locales disponibles y baratos. La composición de los bloques alimenticios depende de los objetivos de producción (supervivencia de los animales, de mantenimiento o de producción). Los ingredientes deben estar bien distribuidos en todo el bloque. El bloque debe incluir un aglutinante, un conservante y la combinación de otros ingredientes, que proporcionará los nutrientes (energía, nitrógeno, minerales y vitaminas) (Ben Salem y Nefzaoui, 2003).

Para que los bloques puedan ser ampliamente utilizados por los agricultores deben incluir ingredientes baratos y utilizar equipos de fabricación simples. Dependiendo de la velocidad de producción se pueden utilizar diferentes tipos de mezcladores y herramientas de prensado. Si se requieren pocos bloques, la mezcla puede ser hecha a mano pero si requieren grandes cantidades la mezcla debe hacerse en una mezcladora. La adición de ingredientes a la mezcla depende de la naturaleza de los ingredientes. Para los bloques multinutrientes que contienen melaza y urea, la melaza se debe agregar primero, y después la urea,

sal, minerales, cemento o cal viva y el salvado u otro subproducto (Ben Salem y Nefzaoui, 2003).

### **3.7.2. Regulación del consumo de los bloques**

Los suplementos deben ser diseñados para reducir la variación del consumo entre animales, especialmente aquellos que tienen un alto contenido de grano (Caton y Dhuyvetter, 1997). La eficacia de los programas de suplementación se ve afectado por la capacidad de reducir la variación en el consumo del bloque por los animales, y para satisfacer el objetivo que se tiene de un consumo particular del suplemento (Bowman y Sowell, 1997).

Existen dos formas comunes de restringir el consumo de suplemento (auto-limitación o auto-regulación) que incluyen la adición de sal y/u ofrecer suplementos como bloque. El tipo de suplemento es importante para reducir al mínimo el gasto y maximizar el impacto en la productividad (Bowman y Sowell, 1997).

Los factores que afectan el consumo de bloque incluyen la dureza, la estación del año (seca o húmeda) y la disponibilidad y calidad de los forrajes. La temperatura y la humedad relativa afectan la dureza del bloque. Otros factores que tienen una influencia sobre la dureza y/o consumo están en la técnica utilizada para la fabricación, temperatura y humedad relativa, tipo y el nivel de reactivo utilizado para la compactación, el tamaño de partícula de los ingredientes, las características del ingrediente, el nivel de compactación, el tiempo y el tipo de almacenamiento, sabor y olor. Si el bloque es demasiado blando, el consumo

puede ser mayor que el deseado. Por el contrario, si es demasiado duro, el consumo es menor que el requerido (Birbe *et al.*, 2006).

Los bloques tienen la ventaja de auto-limitar el consumo del suplemento, que es especialmente importante cuando aditivos no-nutritivos tales como monensina o polietilenglicol se suplementan. Villalba y Provenza (2002) mencionaron las ventajas de incluir polietilenglicol en bloques para auto-regular su consumo. En condiciones extensivas la suplementación de cabras con PEG puede ser un trabajo intensivo y complicado de implementar. El uso de bloques puede ayudar a restringir el consumo de PEG, reduciendo el costo del tratamiento con PEG usado para mitigar el efecto tóxico de los taninos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Ubicación e instalaciones**

Un estudio de desempeño se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición y Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de General Escobedo, Nuevo León. La prueba constó de tres etapas: (1) etapa experimental (colección de muestras y registro de datos); (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 Nubia, de 6 a 8 meses de edad (peso promedio de 19.3 kg) fueron asignadas aleatoriamente a cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar. La prueba de desempeño tuvo una duración de 28 días, 21 días para adaptación de las cabras a las jaulas metabólicas y al bloque multinutrientes, y 7 días para registrar datos de consumo de forraje, bloque y agua, excreción de heces y orina, y registro de los pesos de las cabras.

### **4.3. Manejo de los animales**

Las cabras se confinaron individualmente en jaulas metabólicas de 0.7 x 1.20 m. Las cabras se desparasitaron, se vacunaron contra problemas clostridiales y se les inyectó vitaminas A, D y E. Durante el estudio, las cabras se pesaron al inicio del período de muestreo (peso inicial; día 22) y al finalizar el estudio (peso final; día 28).

#### **4.4. Preparación de alimentos y manejo de la alimentación**

La composición de los bloques multinutrientes que se utilizaron para este estudio, se presentan en el Cuadro 1. Para preparar los bloques experimentales, se utilizó melaza, cascarilla de soya, harina de pescado, urea, sal, maíz quebrado, cal y una mezcla base. Los bloques se formularon para contener 24% de proteína cruda. Los tratamientos constaron de 9, 24, 39 y 54% de PIC en la ración, utilizando valores de PIC reportados por NRC (2007). La energía metabolizable fue calculada usando valores reportados por el NRC (2007). La densidad energética de los suplementos fue de aproximadamente 2.0 Mcal EM/kg.

La cantidad total de forraje (heno de pasto Buffel) se ofreció en dos porciones durante el día (8 a.m. y 2 p.m.). El heno rechazado fue pesado todas las mañanas y los consumos se calcularon y registraron diariamente. En base a su consumo, se les ofrecía un 15% más del forraje picado al día siguiente.

Los bloques multinutrientes se ofrecieron diariamente a libre acceso en los comederos. El consumo de bloque se registró todos los días, calculando el consumo por la diferencia de peso del bloque registrado durante la mañana. Agua fue ofrecida a libre acceso en bebederos que se limpiaron diariamente, para medir el consumo diario de agua.

#### **4.5. Colección y análisis de muestras de forraje, bloque y heces**

Todas las muestras de forraje ofrecido, forraje rechazado, bloque y heces se almacenaron y procesaron para su posterior análisis. Muestras de forraje ofrecido y rechazado, bloque y heces fueron secadas individualmente en una estufa de aire circulante a 55°C durante aproximadamente 96 horas, hasta un

Cuadro 1. Composición de bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable consumo (PIC) para cabras consumiendo pasto Buffel.

Tratamiento	Nivel de PIC, %			
	9	24	39	54
<b>Ingredientes</b>				
Melaza	400	400	400	400
Cascarilla de soya	50	50	50	50
Harina de pescado	0	105	210	315
Urea	60	40	20	0
Sal	110	110	110	110
Maíz quebrado	255	170	85	0
Cal	100	100	100	100
Mezcla base	25	25	25	25
<b>Composición química<sup>1</sup></b>				
Proteína cruda	24.2	24.5	24.9	25.2
Fibra en detergente neutro, %	12.4	12.8	12.2	15.2
Extracto etéreo, %	2.4	2.8	3.3	3.8
Cenizas, %	44.0	45.4	46.7	47.8
Energía metabolizable, Mcal/kg	1.99	2.0	2.01	2.02
Carbohidratos no-fibrosos, %	17.1	14.5	12.9	8.1

<sup>1</sup>Análisis en base seca.

peso constante. Posteriormente, todas las muestras fueron molidas en un molino Wiley con una malla de 2 mm, preparándolas para los analizarlas, las muestras se analizaron por duplicado, repitiéndose el análisis en aquellas muestras donde la diferencia entre los análisis fuera mayor al 5%.

Para cada animal, muestras compuestas de alimento ofrecido, alimento rechazado, bloque y heces fueron secadas en una estufa a 105°C (AOAC, 1997) para determinar el contenido de materia seca (MS) residual. Extracto etéreo (EE) fue determinado utilizando el XT10 Extractor de Ankom Technology, siguiendo la metodología del proveedor. El contenido de cenizas fue determinado después de la combustión en una estufa a 600°C, durante 3 horas. El contenido de nitrógeno en el forraje ofrecido, rechazado, bloque, heces y orina fue determinado usando el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997). El contenido de proteína cruda fue calculado como  $N \times 6.25$ .

La fibra en detergente neutro (FDN; constituyentes de la pared celular) y la fibra detergente ácido (FDA) fueron analizadas en muestras de forraje, bloque y heces de acuerdo al procedimiento de Van Soest *et al* (1991). Las determinaciones se llevaron a cabo utilizando un analizador de fibra marca Ankom, modelo A200, de Ankom Technology por medio de la metodología proporcionada por el proveedor del equipo. 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). El contenido de carbohidratos no-fibrosos (CNF) se calculó con la siguiente ecuación:

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

#### **4.6. Colección y análisis de muestras de orina**

La orina fue colectada y pesada, obteniéndose una muestra representativa del 10%, la cual fue almacenada a una temperatura de -20°C. Posteriormente fue descongelada a temperatura ambiente y filtrada a través de una capa de fibra de vidrio. El contenido de nitrógeno se determinó usando el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997). El balance y la retención de nitrógeno fueron calculados como sigue:

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

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

#### **4.7. Análisis de muestras de sangre**

Muestras de sangre fueron obtenidas de cada cabra al finalizar el período de muestreo. Todas las muestras se dejaron coagular durante 30 minutos a temperatura ambiente y posteriormente se centrifugaron a 1,000 rpm durante 15 minutos. El suero se separó y almacenó a -72 °C en un congelador de ultra-baja temperatura, hasta su análisis para determinar la concentración de urea en sangre. La prueba para determinar las concentraciones de urea en suero se llevó a cabo utilizando el equipo Vet Test 8008, marca Idexx, empleando la metodología sugerida por el proveedor.

#### **4.8. 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 (consumir líquidos,

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).

#### **4.9. Análisis estadístico**

Los datos obtenidos durante el experimento fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, usando polinomios ortogonales para determinar los efectos lineal y cuadrático (SAS, 1999). Además, se obtuvieron los coeficientes de correlación Pearson, entre el consumo de bloque y otras variables medidas durante el estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Composición química de los bloques

La composición química de los bloques variaron: PC, 24.2 a 25.2%; FDN, 12.2 a 15.2%; EE, 2.4 a 3.8%; Cenizas, 44.0 a 47.8%; y CNE, 8.1 a 17.1% (Cuadro 1). Debido al alto nivel de cenizas, el contenido de EM fue bajo (aproximadamente 2.0 Mcal EM/kg). El alto contenido de cenizas se debe principalmente al alto nivel de sal y cal que se incluyeron para ayudar a compactar (cal) y restringir (cal y sal) el consumo del bloque. La cal ayuda a compactar, y consecuentemente, restringe el consumo del bloque.

### 5.2. Consumo y digestibilidad de la materia seca

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de la relación del nivel de PIC en bloques multinutrientes, en el consumo y digestibilidad de la MS de caprinos consumiendo heno de pasto Buffel. El consumo (g/d o  $g/kg^{0.75}$ ) de forraje (MS) o de bloque no fue afectado ( $P > 0.10$ ) por el nivel de PIC. El nivel de PIC en el bloque tampoco afectó ( $P > 0.10$ ) la digestibilidad de la MS.

Haddad *et al* (2005) no observó diferencias ( $P > 0.05$ ) en el consumo de MS en corderos alimentados con heno de trigo y suplementados con tres niveles de proteína indegradable (medio, bajo, alto). Sin embargo, observó que la digestibilidad de la MS fue mayor en corderos suplementados con los niveles altos y medios de proteína indegradable, que en los corderos que consumieron niveles bajos de proteína indegradable. Chanjula y Ngampongsai, (2008) reportó que el

Cuadro 2. Consumo y digestibilidad de la materia seca en caprinos confinados consumiendo pasto Buffel henificado y bloques multinutrientes con cuatro tratamientos de proteína indegradable consumo (PIC).

Variables	Nivel de Proteína Indegradable				EE <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	
	Consumo (PIC) (%)					L	C
	9	24	39	54			
Consumo de MS							
(g/d)	591	543	561	610	51.3	0.743	0.363
(g/kg <sup>0.75</sup> )	120	112	115	122	7.8	0.753	0.372
Consumo de bloque							
(g/d)	90.0	103.6	74.9	92.8	22.9	0.844	0.925
(g/kg <sup>0.75</sup> )	28.8	30.90	25.0	29.2	5.7	0.859	0.867
Digestibilidad MS (%)	56.2	61.37	56.7	62.0	2.4	0.236	0.961

<sup>a</sup> EEM, error estándar de la media

<sup>b</sup> P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático

consumo de materia seca no fue afectado ( $P > 0.05$ ) en cabras consumiendo heno de pasto elefante y suplementadas con cuatro niveles de urea, además observó que la digestibilidad de la MS fue similar ( $P > 0.05$ ) en todas las dietas.

### **5.3. Digestibilidad de la FDN**

En el Cuadro 3, se presentan los efectos del nivel de proteína indegradable en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el consumo y digestibilidad de la FDN. No se observó un efecto ( $P > 0.05$ ) en el consumo o la digestibilidad de la FDN. El consumo FDN varió de 291 a 344 g/d, mientras que la digestibilidad de la FDN varió de 66.9 a 71.4%.

Atkinson *et al* (2007) reportó que el consumo de forraje no se vio afectado por la degradabilidad de la proteína ( $P = 0.46$ ) o mediante el aumento de la proteína indegradable en el rumen ( $P = 0.31$ ). El consumo de fibra (FDN) no fue afectada ( $P = 0.60$ ) por la degradabilidad de la proteína o conforme aumento el contenido de proteína indegradable en el rumen ( $P \geq 0.29$ ) en corderos alimentados con forraje de baja calidad y cuatro niveles de proteína indegradable.

Khan *et al* (1998) observaron que el consumo y la digestibilidad de la MS no se vieron afectados ( $P > 0.05$ ) por el tipo de proteína indegradable (harina de soya, harina de pescado, pasta de ajonjolí, heno ryegrass italiano) en la dieta de caprinos.

Swanson *et al.* (2000) reportaron que la digestibilidad de la FDN no fue afectada ( $P > 0.10$ ) en corderos consumiendo forraje de baja calidad con varios niveles de proteína indegradable.

Cuadro 3. Efectos del nivel de proteína indegradable consumo (PIC) en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el consumo y digestibilidad de la fibra en detergente neutro.

Variables	Nivel de PIC, %				EE <sup>b</sup>	P <sup>c</sup>	
	9	24	39	54		L	C
Consumo FDN, g/d	331.7	291.1	324.2	344.2	26.7	0.564	0.273
Digestibilidad FDN, %	66.9	70.3	67.6	71.4	2.40	0.267	0.841

<sup>a</sup> MS, materia seca

<sup>b</sup> EE, error estándar de la media

<sup>c</sup> P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático.

Chanjula y Ngampongsai (2008) observó que el consumo y digestibilidad de la FDN no fue afectado ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los cuatro niveles de urea en la dieta de caprinos consumiendo heno de pasto elefante.

#### **5.4. Tiempos de consumo y rumia**

En la Cuadro 4, se presentan los efectos del nivel proteína indegradable en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en los tiempos de consumo, rumia y masticación total. No se observó un efecto ( $P > 0.05$ ) del nivel de PIC en los tiempos dedicados al consumo, rumia o masticación total, aunque se observó una clara tendencia ( $P > 0.05$ ) a disminuir los tiempos de rumia, consumo y masticación total al aumentar el nivel de proteína degradable en el bloque, conforme aumentó el contenido de urea de los bloques.

Los tiempos de consumo se aumentaron de 435 min/d con 9% de PIC a 516 min/d con 54% de PIC. El tiempo dedicado a rumiar también tendió a aumentar de 369 min con el nivel mas bajo de PIC (9%) a 435 min con el nivel más alto de PIC (54%). La masticación total fue de 804, 858, 880 y 951 min/d para las cabras que consumieron los bloques con 9, 24, 39 y 54% de PIC. Esto significa que las cabras que estuvieron consumiendo los bloques con el nivel mas bajo de PIC pasaron 13.4 horas masticando, mientras que aquellas que consumieron el nivel mas alto pasaron 15.9 horas masticando.

En la Figura 3 se muestra el pH ruminal de cabras consumiendo bloques multinutrientes con cuatro niveles de proteína indegradable. No se observó una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre el pH ruminal de los cuatro tratamientos.

Cuadro 4. Efectos del nivel proteína indegradable consumo (PIC) en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en los tiempos de consumo, rumia y masticación total.

Variable	Nivel de PIC, %				EE <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	
	9	24	39	54		L	C
Masticación, Min/d							
Consumo	435	473	468	516	44.4	0.270	0.904
Rumia	369	385	412	435	36.8	0.153	0.952
Total	804	858	880	951	60.6	0.111	0.902

<sup>a</sup> EE, error estándar de la media

<sup>b</sup> P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático

Los niveles de pH variaron de 6.91 a 7.06. El nivel de pH tendió a reducirse ( $P > 0.05$ ) conforme aumento el nivel de urea, y consecuentemente, el contenido de proteína degradable en la dieta. De acuerdo con nuestro estudio, Javaid *et al.* (2008) observó que el pH ruminal disminuyó ( $P < 0.01$ ) conforme se aumentaba el nivel de proteína degradable en toros consumiendo cuatro dietas diferentes suplementadas con distintos niveles de urea.

### **5.5. Consumo y retención de nitrógeno**

En el Cuadro 5 se muestran los efectos del nivel de proteína indegradable de consumo en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el balance y retención del nitrógeno. No se observó un efecto ( $P > 0.05$ ) del nivel de PIC en el consumo de N, o la excreción de N en heces u orina. Sin embargo, Swanson (2000) observó que la suplementación de proteína indegradable en corderos consumiendo heno de pasto, no afectó ( $P > 0.10$ ) la excreción de N en heces.

Chanjula *et al* (2008) realizaron un estudio en cabras alimentadas con heno de pasto elefante y suplementadas con cuatro niveles de urea (0, 1, 2 y 3%), observaron que el consumo de nitrógeno no fue afectado ( $P > 0.05$ ) por el nivel de urea en la dieta comparado con el grupo control. Además que la excreción de N en heces no tuvo un efecto ( $P > 0.05$ ) por el nivel de urea suplementado en la dieta.

En nuestro estudio, se observó un aumento en el balance de nitrógeno aumentó ( $P = 0.084$ ) y la retención de nitrógeno ( $P = 0.055$ ) conforme aumentó el nivel de PIC en el bloque suplementado. El balance de N aumentó de 192 g/d con

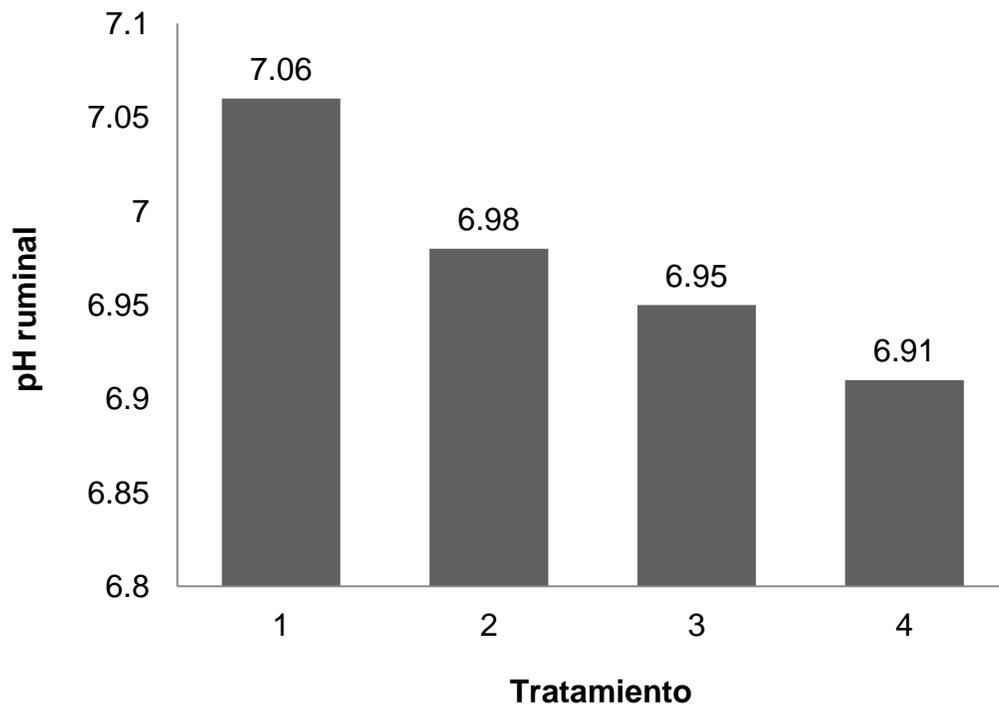


Figura 3. pH ruminal de cabras consumiendo bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable.

Cuadro 5. Efectos del nivel de proteína indegradable consumo (PIC) en bloques multinutrientes ofrecidos a cabras consumiendo heno de pasto Buffel en el balance y retención del nitrógeno.

Variable	Nivel de PIC (%)				EE <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	
	9	24	39	54		L	C
Consumo N, g/d	9.64	9.56	8.92	9.92	1.09	0.968	0.629
Orina, ml/d	870.0	1114.0	872.3	845.2	174.01	0.733	0.318
N excretado en heces, g/d	4.7	3.8	4.4	4.0	0.50	0.547	0.710
N excretado en orina, g/d	3.0	3.9	2.4	2.8	0.55	0.363	0.620
Balance de N, g	192.1	175.8	207.6	316.8	4.92	0.084	0.221

<sup>a</sup> EE, error estándar de la media

<sup>b</sup> P, probabilidad; L, efecto lineal; C, efecto cuadrático

un bloque que contenía 9% de PIC (sin harina de pescado) a 317 g en cabras que consumieron el bloque con 54% de PIC (sin urea). La retención de N aumentó de 20% del N consumido, con el mas bajo nivel de PIC, al 32.6% con el mas alto nivel de PIC. Swanson *et al.* (2000) realizó un estudio en corderos alimentados con heno de trigo los cuales fueron suplementados con tres niveles de proteína indegradable en la dieta (bajo, medio, alto) y un grupo control que no recibió el suplemento. Estos autores observaron que la absorción y retención del N aumentaron conforme aumento el nivel de PIC en la dieta en comparación con el grupo control que no fue suplementado.

En la Figura 4 se muestra la concentración de urea en suero de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable. No se observó una diferencia ( $P > 0.05$ ) entre las concentraciones de urea en suero de los cuatro tratamientos con varios niveles de PIC. La concentración de urea en suero varió de 11.8 a 14.4 mg/dl. Aparentemente, todos los suplementos proporcionaron suficiente PDC a las cabras.

## **5.6 Consumo de agua y excreción de orina**

En la Figura 5, se muestra el consumo de agua y excreción de orina de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable. No se observó un efecto ( $P > 0.05$ ) entre el consumo de agua y excreción de orina conforme se aumento el nivel de PIC.

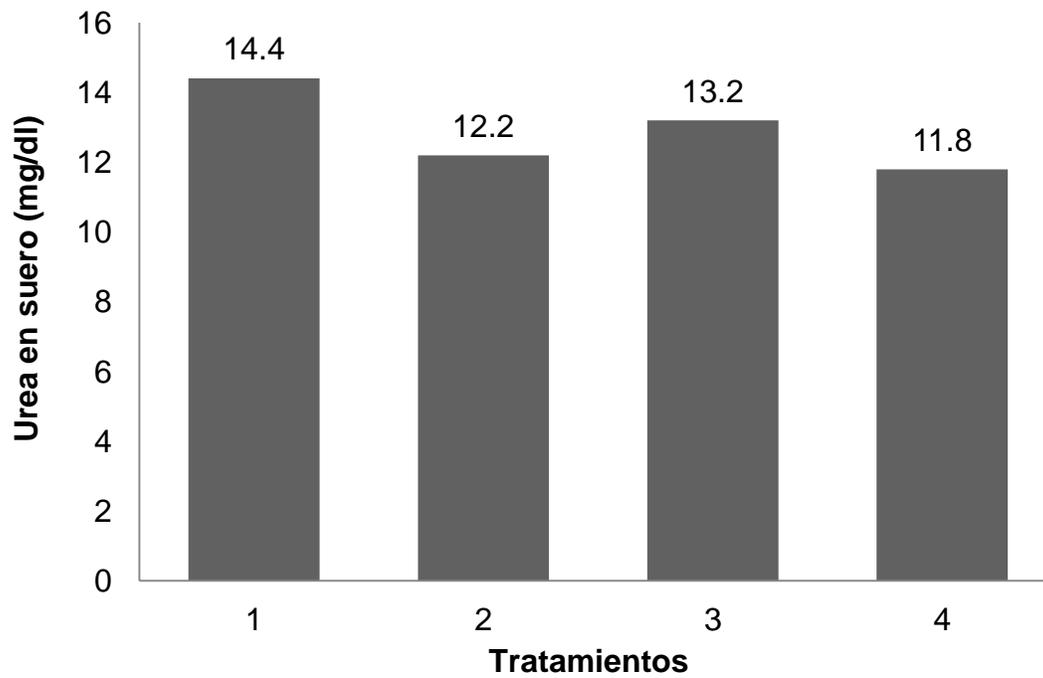


Figura 4. Concentración de urea en suero de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable.

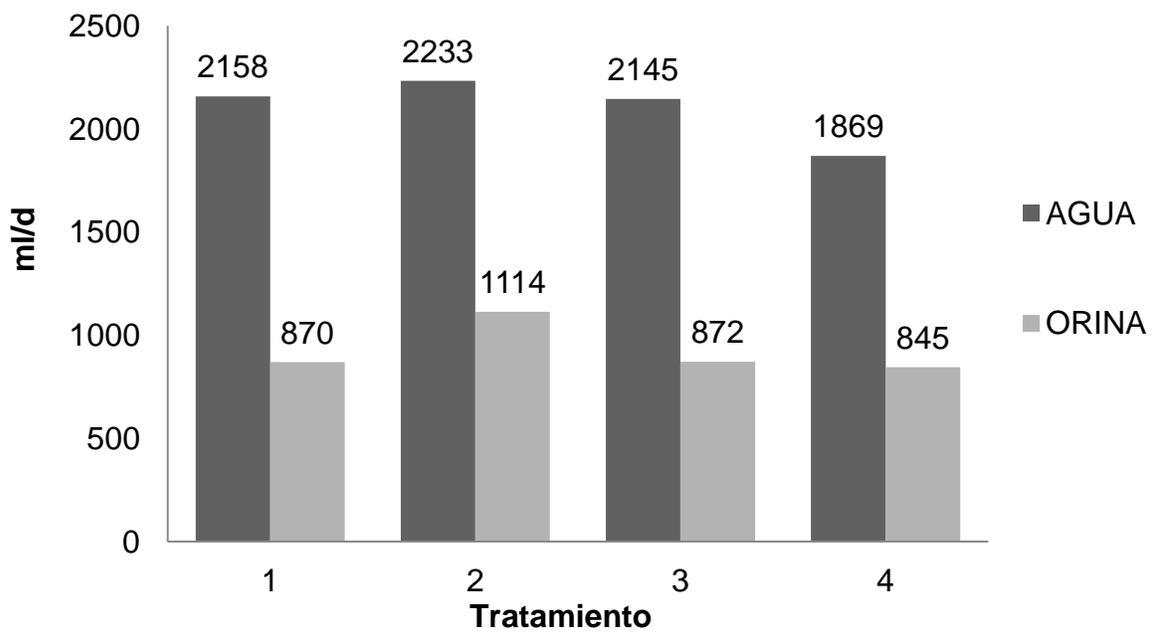


Figura 5. Consumo de agua y excreción de orina de cabras suplementadas con bloques multinutrientes con varios niveles de proteína indegradable.

## 5.7. Correlaciones con el consumo de bloque

Las correlaciones entre el consumo de bloque y los consumos de forraje y agua se presentan en el Cuadro 6. Correlaciones significativas fueron obtenidas para el consumo de bloque y los consumos de forraje ( $r = 0.66$ ;  $P = 0.002$ ) y agua ( $r = 0.79$ ;  $P = 0.001$ ).

Correlaciones significativas también fueron obtenidas (Tabla 2) entre el consumo de bloque y las excreciones de orina ( $r = 0.62$ ;  $P = 0.004$ ) y heces ( $r = 0.67$ ;  $P = 0.001$ ). El consumo de agua y la excreción de orina aumentaron con un mayor consumo de bloque por las cabras.

Otra correlación significativa (Cuadro 6) se obtuvo entre el consumo de bloque y la digestibilidad de la MS ( $r = -0.45$ ;  $P = 0.045$ ). Debido a que la digestibilidad de la materia seca se redujo con un aumento en el consumo de bloque, aparentemente, esto causó una mayor tasa de paso del alimento, lo que se reflejó en una menor digestibilidad de la materia seca.

Un mayor consumo de bloque también estuvo relacionado con un mayor consumo de MS digestible ( $r = 0.83$ ;  $P < 0.001$ ) (Cuadro 7). Por otro lado, un mayor consumo de forraje también estuvo relacionado con un mayor tiempo dedicado a rumiar ( $r = 0.43$ ;  $P = 0.057$ ) y un menor pH ruminal ( $r = 0.48$ ;  $P = 0.033$ ).

Cuadro 6. Correlaciones entre consumo de bloque con varios niveles de proteína indegradable y otras variables de digestión y metabolismo en cabras.

Variable	r <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>
Consumo de agua (g/d)	0.74	0.001
Consumo de MS (g/d)	0.66	0.002
Excreción de orina (g/d)	0.62	0.003
Excreción fecal (g/d)	0.65	0.002
MS Digestible	0.47	0.034
Digestibilidad de la MS (%)	-0.34	0.141

<sup>a</sup> r, coeficiente de correlación

<sup>b</sup> P, probabilidad.

## **CONCLUSIÓN**

En este estudio, usando harina de pescado para aumentar el nivel de proteína indegradable de consumo (PIC) en bloques multinutrientes, se observó un aumento en la retención de nitrógeno de las cabras que lo consumieron. Sin embargo, la urea en plasma fue similar para cualquier nivel de PIC, sugiriendo que los bloques aportaron suficiente proteína cruda para satisfacer las necesidades de nitrógeno para la función normal del rumen. El uso de una fuente de proteína indegradable puede aumentar la utilización del nitrógeno, mejorando la producción y la reproducción de cabras durante la época seca del año, cuando los forrajes son de baja calidad, y contienen bajos niveles de proteína cruda.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexandre, G. and N. Mandonnet. 2005. Goat meat production in harsh environments. *Small Rumin. Res.* 60: 53-66.
- AOAC, 1997. *Official Methods of Analysis*, 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Arthington, D. G. and W. F. Brown. 2005. Estimation of feeding value of four tropical forages species at two stages of maturity. *J. Anim. Sci.* 83: 1726-1731.
- Askins, G. D., and E. E. Turner. 1972. A behavioral study of Angora goats on West Texas range. *J. Range Manage.* 25: 82-87.
- Atkinson, R. L., C. D. Toone, T. J. Robinson, D. L. Harmon and P. A. Ludden. 2007. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on nitrogen retention, apparent digestibility, and nutrient flux across visceral tissues in lambs fed low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 85: 3331-3339.
- Bach, A., S. Calsamiglia and M. D. Stern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88: 9-21.
- Ben Salem H. and A. Nefzaoui. 2003. Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 49: 275–288.
- Ben Salem H., A. Nefzaoui, Lamia Ben Salem and T. L. Tisserand. 2000. Deactivation of condensed tannins in *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage by polyethylene glycol in feed blocks Effect on feed intake, diet digestibility,

- nitrogen balance, microbial synthesis and growth by sheep. *Livestock Prod. Sci.* 64: 51–60.
- Ben Salem, H. and T. Smith. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Rumin. Res.* 77: 174-194.
- Birbe, B., P. Herrera, O. Colmenares and N. Martínez. 2006. El consumo como variable en el uso de bloques multinutricionales. X Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Estación Experimental La Iguana, Valle de la Pascua, Venezuela.
- Bogdan, A. V. 1997. Capítulo 1. Los pastos. Introducción. En: *Pastos tropicales y plantas de forrajes*. Ed. A. G. T. México. Pp. 14-16.
- Bohnert, D. W., T. Del Curto, A. A. Clark, M. L. Merrill, M. L., S. J. Falck and D. L. Harmon. 2011. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool- or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 89: 3707-3717.
- Bowman, J. G. and B. F. Sowell. 1997. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: A review. *J. Anim. Sci.* 75: 543-550.
- Brito A. F., G. A. Broderik and S. M. Reynal. 2007. Effects of different protein supplements on omasal nutrient flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 1828-1841.
- Brock, F. M., C. W. Forsberg and J. G. Buchanan-Smith. 1982. Proteolytic activity of rumen microorganisms and effects of proteinase inhibitors. *Appl. Environ. Microbiol.* 44: 561–569.
- Caton, J. S. and D. V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.* 75: 533-542.

- Chanjula, P. and W. Ngampongsai. 2008. Effect of supplemental nitrogen from urea on digestibility, rumen fermentation pattern, microbial populations and nitrogen balance in growing goats. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30: 571-578.
- Craig, W. M., G. A. Broderick and D. B. Ricker. 1987. Quantification of microorganisms associated with the particulate phase of ruminal ingesta. *J. Nutr.* 117: 56–62.
- Donkin, E. F., P. A. Boyazoglu, H. C. Els, R. G. MacGregor, K. A. Ramsay and P. C. Lubout. 1996. Productivity of Saanen, South African indigenous and crossbred goats fed a complete feed: preliminary results. In: *Proceedings of the VI International Conference on Goats, Beijing, May 1996.* Vol. 1, pp.132-135.
- Duncan, A. J. and S. A. Young. 2002. Can goats learn about foods through conditioned food aversions and preferences when multiple food options are simultaneously available? *J. Anim. Sci.* 80: 2091–2098.
- Echavarría-Chairez, F. G., A. Serna-Pérez, H. Salinas-González, L. Iñiguez and M. P. Palacios-Díaz. 2010. Small ruminant impacts on rangelands of semiarid highlands of México and the reconverting by grazing systems. *Small Rumin. Res.* 89: 211-217.
- Fedele, V., S. Claps, R. Rubino, M. Calandrelli and A. M. Pilla. 2002. Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behavior and intake. *Livest. Prod. Sci.* 74: 19–31.
- Fimbres, H., J. R. Kawas, G. Hernandez-Vidal, J. F. Picon-Rubio and C. D. Lu. 2002. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of lambs fed finishing ration with various forage levels. *Small Ruminant Research*, 43: 275-281.

- Fisher, D.S., H. F. Mayland and J. C. Burns. 1999. Variation in ruminants' preference for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. *J. Anim. Sci.* 77: 762–768.
- Goetsch, A. L., T. A. Gipson, A. R. Askar and R. Puchala. 2010. Invited review: Feeding behavior of goats. *J. Anim. Sci.* 88: 361-373.
- Haddad, S. G., K. Z. Mahmoud and H. A. Talfaha. 2005. Effect of varying levels of dietary undegradable protein on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs fed on high wheat straw diets. *Small Rumin. Res.* 58: 231-236.
- Hennessy, D.W., L. P. Kahn and R. A. Leng. 1995. Bypass protein and associated feed technologies in drought. In: *Proceedings of the Workshop User's Guide to Drought Feeding Alternatives*, Armidale, Australia 6, 21.
- Hoffman, P. C., S. J. Sievert, R. D. Shaver, D. A. Welch and D. K. Combs. 1993. In situ dry matter, protein, and fiber degradation in perennial forages. *J. Dairy Sci.* 76: 2632-2643.
- Hussein, H. S. and R. M. Jordan. 1991. Fish meal as a protein supplement in finishing lamb diets. *J. Anim. Sci.* 69: 2147-2146.
- Javaid, A., Mahr-un-Nisa, M. Sarwar and M. A. Shahzad. 2008. Ruminant Characteristics, Blood pH, Blood Urea Nitrogen and Nitrogen Balance in *Nili-ravi* Buffalo (*Bubalus bubalis*) Bulls Fed Diets Containing Various Levels of Ruminally Degradable Protein 21: 51-58.
- Jelantik I., C. Leo-Penu, J. Jeremias and M. R. Weisberrjg. 2010. Effects of Fishmeal or Urea Supplementation on Ruminant Fiber Digestion and Passage Kinetics in Bali Cows. *J. of Animal Prod.* 12: 74-81.

- 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. & Cienn. Agropec.*, Brazil, 2: 63-69.
- Kawas, J. R., H. Andrade-Montemayor, C. D. Lu. 2010. Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Rumin. Res.* 89: 234-243.
- 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., W. H. Schacht, J. M. Shelton, E. Olivares, and C. D. Lu. 1999. Effects of grain supplementation on the intake and digestibility of range diets consumed by goats. *Small Rumin. Res.* 34: 49-56.
- Kawas, J.R. 1990. Goat Production in Mexico and Central America. In: *Proceedings of International Goat Production Symposium*. Florida A&M University. Tallahassee, Florida.
- Kawas, J.R. and J. E. Huston. 1990. Nutrients of Hair Sheep in Tropical and Subtropical Regions. Chapter 4. In: *Hair Sheep Production in Tropical and Subtropical*. Small Ruminant-Collaborative Research Support Program. University of California-Davis/US-AID.
- Kawas, J.R., O. Osmin, J. Hernández, R. Leal, F. Garza and J. L. Danelón. 1997. Performance of grazing bull calves supplemented with increasing levels of ruminally undegradable protein. XVIII International Grassland Congress. Winnipeg, Manitoba and Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Khan, M. J., T. Nishida, T. Miyashige, K. Hodate, H. Abe and Y. Kawakita. 1998. Effects of protein supplement sources on digestibility of nutrients, balance of

- nitrogen, and energy in goats and their *in situ* degradability in cattle. J. Anim. Sci. 11: 673-679.
- Koster, H. H., C. Cochran, E. C. Titgemeyer, E. S. Vansant, 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. 60, 205-221.
- Kumar, R. and S. Vaithyanathan. 1990. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. Animal Feed Sci. Techn. 30: 21-38.
- Lindsay, J.A. and A. R. Laing. 1995. The place for molasses in drought feeding strategies. In: Proceedings of the Workshop User's Guide Drought Feeding Strategies, UNE, Armidale, Australia, 6: 55.
- McMillin, K. W., E. C. Webb, E. F. Donkin and F. Pinkerton. 2011. Chapter 2. Goat Meat Production Systems. In: Goat Meat Production and Quality. Eds. O. Mahgoub, I.T. Kadim and E. C. Webb. CAB International, GPI Group, UK.
- Morand-Fehr, P. 2005. Recent development in goat nutrition and application: A review. Small Rumin. Res. 60: 25-43.
- Motta, M. S. 1952. Grasses and fodder resources in the British Tropics. Emp. J. Exp. Agr. 20: 8-16.
- Nelson, C. J. and L. E. Moser. 1994. Chapter 3. Plant factors affecting forage quality. Ed. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc, Madison Wisconsin, USA. Edr. Fahey, G. C. Pp. 115-142.

- Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070-2107.
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids. Seventh revised edition. National Academy Press.
- Orskov, E. R., C. Fraser, V. C. Mason and S. O. Mann. 1970. Influence of starch digestion in the large intestine of sheep on caecal fermentation, caecal microflora, and faecal nitrogen excretion. *Brit. J. Nutr.* 24: 671.
- Osuagwah, A. 1992. Effects of strategic feed supplementation during pregnancy on bodyweight and prenatal survival of West African Dwarf kids. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 119: 123-126.
- Owens, F. N. and R. Zinn. 1993. Capítulo 12. Metabolismo de la proteína en los rumiantes. En: *El Rumiante, Fisiología Digestiva y Nutrición*. Editor, Church, D. C. 1993. Ed. Acribia S. A., Zaragoza.
- Owens, F. N. and W. G. Bergen. 1983. Nitrogen Metabolism of Ruminant Animals: Historical Perspective, Current Understanding and Future Implications. *J. Anim. Sci.* 57: 498-518.
- Prieto, I., A. L. Goetsch, V. Banskalieva, M. Cameron, R. Puchala, T. Sahlu, L. J. Dawson and S. W. Coleman. 2000. Effects of dietary protein concentration on postweaning growth of Boer crossbred and Spanish goat wethers. *J Anim Sci.* 78: 2275 – 2281.
- Prins, R. A., D. L. Van Rheenen and A. T. Van Klooster. 1983. Characterization of microbial proteolytic enzymes in the rumen. *A. Van Leeuwenhoek* 49: 585-595.

- Provenza, F. D. 2008. What does it mean to be locally adapted and who cares anyway? *J. Anim. Sci.* 86: 271-284.
- Provenza, F. D. and J. J. Villalba. 2010. The role of natural plant products in modulating the immune system: An adaptable approach for combating disease in grazing animals. *Small Rumin. Res.* 89: 131-139.
- Provenza, F. D., J. E. Bowns, P. J. Urness J. C. Malechek and J. E. Butcher. 1983. Biological manipulation of blackbrush by goat browsing. *J. Range Manage.* 36: 513.
- Rafiq, M., S. Mumtaz, N. Akhtar and M. F. Khan. 2007. Effect of strategic supplementation with multi-nutrient urea molasses blocks on body weight and body condition score of Lohi sheep owned by tenants of Pakistan. *Small Ruminant Research.* 70: 200-208.
- SAS. 1999. The logistic procedure. In *SAS/STAT User's Guide. Ver. 8.* SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Soto-Navarro, S.A., A. L. Goetsch, T. Sahlu and R. Puchala. 2004. Effects of level and source of supplemental protein in a concentrate-based diet on growth performance Boer x Spanish wether goats. *Small Ruminant Research* 51: 101-106.
- Soto-Navarro, S.A., A. L. Goetsch, T. Sahlu, Puchala, R. and Dawson, L.J. 2003. Effects of ruminally degraded nitrogen source and level in a high concentrate diet on site of digestion in yearling Boer x Spanish wether goats. *Small Ruminant Research* 50: 117-128.
- Stern, M. D., Hoover, W. H. 1979. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: A review. *J. Anim. Sci.* 49: 1590-1603.

- Swanson, E.W. 1982. Estimation of metabolic protein requirements to cover unavoidable losses of endogenous nitrogen in maintenance of cattle. In: F. N. Owens (Ed.) Protein Requirements of Cattle: Symposium. Pp. 183-197. Oklahoma State Univ., Misc. Proe. 109.
- Swanson, K.C., Caton, J.S., Redmer, D.A., Burke, V.I., Reynolds, L. P. 2000. Influence of undegraded intake protein on intake, digestion, serum hormones and metabolites, and nitrogen balance in sheep. Small Rumin. Res. 35: 225-233.
- Swift, R. W. and E. F. Sullivan. 1970. Forrajes. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Ed. Continental. Cap. 5. Composición y valor nutritivo de los forrajes. Edrs. Hughes, H. D., Heath, M. E.y Metcalfe, D. S. Pp. 59-69.
- Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. J. Anim. Sci. 74: 3112–3124.
- Thomas, J. W., Y. Yu, T. Middleton and C. Stallings. 1982. Estimations of protein damage. In: F. N. Owens (Ed.) Protein Requirements of Cattle: Symposium. pp 81-98. Oklahoma State Univ., Misc. Proc. 109.
- Tillman, A. D. and K. S. Sidhu. 1969. Nitrogen metabolism in ruminants: Rate of ruminal ammonia production and nitrogen utilization by ruminants: A review. J. Anim. Sci. 28: 689-697.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant, 2<sup>nd</sup> edn. Cornell University Press, Ithacan/London.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583–3597.

Villalba, J. J. and F. D. Provenza, 2002. Polyethylene glycol influences selection of foraging location by sheep consuming quebracho tannin. *J. Anim. Sci.* 80: 1846-1851.

Wallace, R. J., R. Onodera and M. A. Cotta. 1997. Metabolism of nitrogen-containing compounds. Páginas 283–328 In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. 2nd ed. P. N. Hobson and C. S. Stewart, Ed. Chapman & Hall, London, UK.