

SUPLEMENTACIÓN CON UREA Y NIVELES CRECIENTES DE HARINA DE ALGODÓN EN BOVINOS ALIMENTADOS CON FORRAJE DE POBRE CALIDAD

Susmira Godoy de León* y Claudio F. Chicco**. 1991. Zootecnia Tropical, 9(1):105-129.

*CENIAP -Instituto de Investigaciones Zootécnicas. Opto. de Nutrición. Maracay.

**Facultad de Ciencias Veterinarias -UCV. Maracay.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Suplementación proteica](#)

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la suplementación de forraje de pobre calidad con urea y niveles crecientes de torta de algodón, 35 toretes Brahman de 261 Kg. de peso inicial y mantenidos en corrales, fueron divididos en cinco grupos uniformes y asignados en los siguientes tratamientos: forraje (F); forraje-urea (FU); forraje-urea-algodón (FUA₁); forraje-urea-algodón (FUA₂); forraje-urea-algodón (FUA₃). El forraje era heno en pie cosechado mecánicamente durante la estación seca (*Panicum maximum*) con 2,3% PC y 72% FDN. Todos los suplementos contenían 100 g de urea y niveles crecientes de torta de algodón (600 g FUA₁, 900 g FUA₂ y 1200 g FUA₃/animal/día con consumos de 1; 1; 1,5 y 2 Kg./día para FU, FUA₁, FUA₂, FUA₃, respectivamente. La prueba de alimentación duró 112 días, con pesajes cada 28 días y registros diarios de consumo de los suplementos y del forraje. La digestibilidad y retención de nitrógeno de las dietas se realizó con ovinos, con colección de heces y orina, y con la oferta de los suplementos en relación porcentual a los bovinos. Los cambios de peso (g/día) y el consumo de forraje (Kg. MS/día) para los tratamientos F, FU, FUA₁, FUA₂ y FUA₃ fueron -175 y 5,4; -1,5 y 5,9; 154 y 6,1; 205 y 6,0; 291 y 5,8 respectivamente, siendo la ganancia de peso ($P < 0,05$) para F en relación con FU y éstos en comparación con los demás tratamientos ($P < 0,05$), mientras el consumo fue superior al testigo ($P < 0,05$) en todos los grupos suplementados en relación con el control. Con el incremento del aporte proteico de la dieta, se registró una tendencia al aumento de la digestibilidad de la materia orgánica ($P < 0,05$) junto con una disminución de la digestibilidad de los constituyentes de la pared celular y materia orgánica y nitrógeno verdaderamente fermentable en el rumen, por encima de 1,5 Kg. de suplemento/día.

INTRODUCCIÓN

La producción de bovinos de carne en Venezuela, depende, exclusivamente, de la disponibilidad y calidad de las pasturas, por lo que está influenciada por condiciones ambientales y de manejo. A lo largo de la vida productiva del animal, éste sufre períodos cíclicos de restricción cualitativa y cuantitativa de nutrientes, particularmente durante el período de escasez de la precipitación pluvial. Debido a que la oferta de forraje supera la demanda durante el período lluvioso, en la época seca la deficiencia cualitativa es mayor que la cuantitativa, por lo que una suplementación estratégica pudiera producir retornos económicamente significativos, si ésta corrigiese adecuadamente las limitantes nutricionales, permitiendo aprovechar eficientemente la biomasa vegetal de bajo valor nutritivo presente en este período.

La suplementación, para que cumpla con el objetivo planteado, debe tener un efecto potenciador que aumente la capacidad de ingestión del forraje, a través del suministro mínimo, pero adecuado, de los nutrientes que puedan promover el máximo desarrollo de la función ruminal, dentro de las circunstancias que impone el ambiente ecológico del animal.

Entre los nutrientes limitantes, el nitrógeno y los minerales esenciales parecieran ser los componentes que permitieran, en forma económica, una respuesta significativa de carácter productivo (crecimiento o reproducción) de los bovinos a pastoreo en el trópico latinoamericano.

En Venezuela, Carnevali et al. (8), Shultz et al. (37) y Chicco et al. (12), bajo condiciones de alimentación controlada, desarrollaron métodos exitosos de suplementación restringida a base de nitrógeno no proteico, cuando el consumo era autorregulado directamente por el animal a través del cloruro de sodio o sulfato de amonio. La convalidación del sistema bajo condiciones de campo ha sido limitada (25).

Con el desarrollo de los conceptos de proteína sobrepasante (23) las prácticas, anteriormente desarrolladas por los investigadores nacionales, pudieran mejorarse si, dentro del contexto de suplementación mínima, se incluyera no solamente nitrógeno fermentescible, sino también una mayor proporción de proteína que se degradara más lentamente y que pudiera aportar adicionalmente aminoácidos a nivel ruminal e intestinal.

Consecuentemente, el objetivo de este experimento fue determinar, a ingestión constante de urea, el nivel mínimo de suplementación proteica que pudiera potenciar los procesos fermentativos a nivel ruminal, favoreciendo un sistema biológicamente más eficiente para mejorar el consumo del sustrato fibroso y la capacidad productiva del animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 35 toretes mestizos cebú, divididos en cinco grupos uniformes de 261 Kg. de peso promedio inicial, y alojados en corrales semitechados, fueron asignados en forma aleatorizada a los siguientes tratamientos:

- Forraje únicamente (F)
- Forraje-urea (FU)
- Forraje-urea-algodón 1 (FUA₁)
- Forraje-urea-algodón 2 (FUA₂)
- Forraje-urea-algodón 3 (FUA₃)

El forraje estaba constituido por heno en pie, principalmente de guinea (*Panicum maximum*), el cual era cosechado mecánicamente durante el período seco y almacenado bajo techo durante aproximadamente dos meses, previo a su uso en la alimentación de los animales experimentales. El heno contenía 2,67% de PC y 77,23% de constituyentes estructurales de la pared celular, FDN (Cuadro 2) y era ofrecido a voluntad a los animales, con registros de consumo durante tres días consecutivos por semana.

Cuadro 2. Composición química del forraje ofrecido, rechazado y consumido.

Fracciones Químicas (%)	Ofrecido		Rechazado		Consumido
PC	2,67	0,75	1,44	0,52	3,27
FDN	77,23	0,64	79,00	2,42	76,33
FDA	59,39	0,81	59,89	3,31	59,14
Celulosa	42,75	0,47	44,66	3,34	41,78
Lignina	11,68	0,84	11,91	0,91	11,56
Ceniza	7,08	1,84	5,49	0,99	7,87
Ca	0,29	0,09	0,23	0,07	0,30
P	0,27	0,07	0,30	0,07	0,24
*Valores calculados por diferencia de la composición química del forraje ofrecido y rechazado, ajustado al consumo. PC = proteína cruda FDN = fibra detergente neutra FDA = fibra detergente ácida Ca = calcio P = fósforo					

En la medición de consumo, se tomaban las muestras del material ofrecido y rechazado para las determinaciones analíticas y para caracterizar la calidad de la ingesta.

Los suplementos estaban constituidos por 55% de harina de algodón (con excepción del tratamiento FU), 15% de melaza y niveles decrecientes de urea (10 a 5%), según el tratamiento (Cuadro 1). Los suplementos no eran isonitrogenados, pero sí isoenergéticos para los concentrados FUA₁, FUA₂ y FUA₃. Adicionalmente a la incorporación de 3% de una mezcla mineral comercial completa, se agregó a cada suplemento azufre elemental (flor de azufre) para que la relación nitrógeno: azufre fuese de 10: 1 aproximadamente.

Cuadro 1. Composición de los suplementos (porcentaje)

Ingredientes	TRATAMIENTOS ¹				
	F	FU	FUA ₁	FUA ₂	FUA ₃
Harina de algodón	-	-	55,0	55,0	55,0
Heno molido	-	60	-	-	-
Urea	-	10,0	10,0	6,7	5,0
Tusa de maíz	-	7,0	7,0	10,3	12,0
Melaza	-	15,0	15,0	15,0	15,0
Afrechillo de trigo	-	5,0	10,0	10,0	10,0
Minerales ²	+ ²	3,0	3,0	3,0	3,0
Proteína cruda, % (N x 6,25)	-	33,5	47,7	38,6	33,9
EME (Mcal/kg) ⁴	-	1,49	2,13	2,19	2,21

¹ F = forraje; FU = forraje-urea; FUA = forraje-urea-algodón; 1, 2, 3 = niveles de algodón
² Suplemento mineral a voluntad
³ Suplemento mineral controlado (%): Ca 18,5; P 10,5; Cl 17,4; Na 11,3; S 0,45; Mg 1,0; Zn 0,5; Mn 0,4; Fe 0,3; Cu 0,1; I 0,000; Co 0,002
⁴ Energía metabolizable estimada por cálculo

El grupo de animales asignados al tratamiento de forraje (F) recibía además el mismo suplemento mineral ofrecido a voluntad.

Los concentrados eran suministrados en las cantidades de 1 Kg. para FU y FUA₁; 1,5 Kg. para FUA₂ y 2 Kg. para FUA₃, de tal forma que, para todos los animales suplementados la ingestión de urea fuese constante (100 g/animal/día) y los niveles de proteína preformada, como harina de algodón, fuesen crecientes: 0,550, 825 y 1000 g/animal/día para FU, FUA₁, FUA₂ y FUA₃, respectivamente (Cuadro 3).

Los concentrados fueron ofrecidos, en las cantidades indicadas, simultáneamente con el forraje, registrándose diariamente el consumo, el cual fue total para todos los tratamientos. La duración del período de alimentación fue de 112 días, con registros de peso de los animales cada 28 días, previo retiro de todo alimento y del agua de bebida 18 horas antes de efectuarse los pesajes.

Cuadro 3. Consumo de fuentes proteicas y de proteína cruda equivalente (PC), según consumo de forraje y suplementos.

Items	TRATAMIENTOS ¹				
	F	FU	FUA ₁	FUA ₂	FUA ₃
Urea, g/día	-	100	100	100	100
Harina de algodón, g/día	-	-	550	825	1100
PC suplemento, g/día	-	335	475	580	680
PC heno ₂ , g/día	156	172	177	174	168
PC total, g/día	156	507	652	754	848

¹F = forraje; FU = forraje-urea; FUA = forraje-urea-algodón; 1, 2, 3 = niveles de algodón
²PC consumida calculada por diferencia entre oferta y rechazo del forraje (N x 6,25)

La digestibilidad de las raciones se realizó con ovinos, con un peso promedio de 27 Kg., utilizándose cuatro animales/tratamiento, mantenidos en jaulas individuales que permitían la colección total de heces y orina. El concentrado se ofreció en cantidades equivalentes al suministrado a los bovinos, como porcentaje del peso vivo, tratando de mantenerse también constante la relación forraje: concentrado. En el estudio de digestibilidad, el forraje era previamente molido, utilizándose una malla de 2,5 cm de diámetro. Para prevenir alteraciones en la orina, en cada frasco colector se colocaban 50 ml de una solución de ácido clorhídrico al 10 por ciento.

Los ovinos se mantuvieron en las jaulas de digestibilidad durante 15 días para su adaptación y, posteriormente, por siete días consecutivos, se realizó la colección total de heces y orina. En el período de acostumbramiento y el de colección, se llevaron registros de consumo del forraje y del concentrado. Siempre la oferta de forraje era superior al consumo, de tal manera que los ovinos pudieran ejercer cierto grado de selectividad del material ingerido.

Durante el período de colección, se tomaban muestras del forraje ofrecido, la totalidad del forraje rechazado, el 20% de la eliminación urinaria y el 20% de la excreción fecal. Las muestras urinarias y fecales eran congeladas, formándose posteriormente una muestra compuesta de los siete días de colección.

Se utilizaron como parámetros, la digestibilidad aparente de la materia orgánica (MO), fibra detergente neutra (FDN), de acuerdo con la ecuación:

$$\text{Digestibilidad aparente, \%} = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente fecal}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

Asimismo, se determinó el balance aparente del nitrógeno (N) mediante la fórmula:

$$\text{Nitrógeno retenido, \%} = \frac{\text{N ingerido} - (\text{N fecal} + \text{urinario})}{\text{N ingerido}} \times 100$$

Para las mediciones de fermentación y dinámica ruminal, se utilizaron 12 novillos provistos de fístula ruminal y alojados en puestos individuales, asignándose dos animales/tratamiento, en lo posible uniformes en peso. Los animales fueron adaptados a las raciones durante 15 días y posteriormente se procedió a determinar la desaparición in situ de la MO del forraje, así como la toma de muestras de licor ruminal e ingesta para las determinaciones analíticas correspondientes.

La desaparición in situ de la MO se determinó mediante la técnica descrita por Ørskov et al (28). Se utilizaron bolsas de dacrón con una porosidad aproximada de 12 μ , en las cuales se colocaron 2 g de forraje molido con un tamaño de partícula comprendido entre 2 y 1 mm, Las bolsas se suspendieron en el rumen durante 6, 12, 24, 36, 48 y 72 horas y, posteriormente a su retiro, fueron lavadas y secadas en estufa a 70°C. La desaparición de la MO se calculó en base a la MO residual como porcentaje de la inicial.

Las muestras de licor ruminal se tomaron extrayendo contenido ruminal, que era exprimido a través de una gasa y el efluente colectado en frascos de 50 ml, que contenían 1 ml de una solución saturada de bicloruro de mercurio.

Las muestras eran conservadas a 0°C hasta el momento de las determinaciones analíticas. Simultáneamente, con la determinación in situ de la desaparición de la MO y los muestreos de licor ruminal, a cada animal se le colocó directamente en el rumen 250 g de fibra detergente neutra del forraje, previamente tratado con bicromato de sodio, según el método descrito por Uden et al (40). A partir del momento de la colocación de la fibra, se tomaron muestras del contenido ruminal a las 1, 5; 3; 6; 9; 12; 24; 48 y 72 horas.

La tasa de flujo de la fibra marcada (k) se calculó en base a la ecuación exponencial que relaciona el tiempo de muestreo del contenido ruminal con la concentración de cromo del mismo.

De acuerdo con el método propuesto (28), la desaparición de la MO se calculó de acuerdo con la ecuación: $y = a + b(1 - e^{-ct})$, siendo: a, b y c constantes. La degradación real de la MO se determinó por adaptación del método descrito por Ørskov y McDonald (27), utilizándose la ecuación:

$$p = a + \frac{bc}{c + k}$$

Donde:

a representa la desaparición de la MO a tiempo cero, b la fracción potencialmente degradable, c la tasa fraccional de degradación y k la tasa de desaparición de cromo.

Las determinaciones analíticas se realizaron por los métodos convencionales, determinándose N en orina, heces y alimentos por el método de Kjeldahl (6); fibra detergente neutra y fibra detergente ácida por el método de Van Soest y Wine (42); N amoniacal (N-NH₃) en el licor ruminal por el método de microdifusión (14); N microbiano por precipitación con ácido tungstico (45); fósforo por colorimetría (17) y calcio por espectrofotometría de absorción atómica (44).

Los datos correspondientes a los resultados experimentales fueron sometidos al análisis de varianza, correlación y regresión exponencial, comparándose los promedios por el método de amplitudes múltiples de Duncan, fijándose = 0,05 como valor de probabilidad estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presenta la composición química del forraje ofrecido, rechazado y consumido. Este último calculado por diferencia entre el total de nutrientes presentes en el forraje ofrecido y el rechazado, expresándose como porcentaje del forraje consumido.

El forraje ofrecido contenía 2,67% PC y 77,23% de FDN y el rechazado 1,44% PC y 79,00% de FDN. Los valores indican una baja calidad del material forrajero ofrecido al animal, como también la selectividad en el consumo. que se tradujo en un ligero incremento del contenido de PC y disminución de la FDN del material ingerido. Para los demás constituyentes químicos, no se registraron mayores diferencias entre el material ofrecido y recha-

zado, con excepción de la celulosa y del calcio que mostraron una disminución del primero y un incremento en el último, como consecuencia de la selectividad del animal.

En el Cuadro 3 se presenta el consumo total de proteínas, mediante la sumatoria de los aportes parciales del suplemento y del forraje, ambos ajustados al nivel de ingestión. El consumo de proteína se incrementó de 156 g/día para los animales en el tratamiento de forraje únicamente a 848 g/día para los que consumían, además del forraje, 2 Kg. de concentrado. El aporte del forraje, en el consumo total de proteína, fue constante para todos los tratamientos, fluctuando entre un mínimo de 156 a un máximo de 177 g/día. Sin embargo, su participación relativa fue decreciente, 100; 33,9; 27,1; 23,7 y 19,8%, respectivamente, para los tratamientos F, FU, FUA₁, FUA₂ y FUA₃.

En el Cuadro 4 se presentan los cambios de peso, el consumo y el índice de conversión de los suplementos, correspondientes a los tratamientos bajo estudio. Los cambios de peso (g/animal/día) fueron de -175; -1,5; 154, 205 y 292, respectivamente, para F, FU, FUA₁, FUA₂ y FUA₃. Los datos indican que el forraje más urea (100 g/día) permite el mantenimiento de peso de los animales y, a medida que se incrementa la participación de la proteína preformada, aumentan correlativamente las ganancias de peso. El consumo de suplemento era total en todos los tratamientos, de acuerdo con el programa de alimentación previsto, manteniéndose también constante el tiempo de consumo de los mismos. Independientemente de la cantidad de concentrado ofrecido, debido a las concentraciones decrecientes de urea, concomitantes con el aumento de oferta del suplemento, el tiempo de consumo fue igual para todos los tratamientos (24 horas). Los resultados sugieren que con concentraciones de urea de 10; 7,5 y 5% el consumo de concentrado durante 24 horas es de aproximadamente de 1; 1,5 y 2 Kg., respectivamente. Estos datos apoyan resultados anteriores (7, 9), con los cuales se demostró que es posible autorregular el consumo de suplementos, mediante la incorporación de altos niveles de urea, previa adaptación, lo que sería el resultado de la concentración de amoníaco ruminal, más que la disminución de apetecibilidad. Aunque por diferentes mecanismos, los resultados confirman la efectividad de reguladores del consumo, como el cloruro de Sodio (8, 37) y sulfato de amonio (12).

Cuadro 4. Cambios de peso y consumo de bovinos alimentados con heno de pobre calidad y suplementados con urea y niveles crecientes de harina de algodón.

Parámetros	TIPOS DE SUPLEMENTOS ¹				
	F	FU	FUA ₁	FUA ₂	FUA ₃
Peso inicial, kg	262	262	261	260	261
Peso final, kg	242	260	278	281	293
Cambio de peso, g/día	175 ^a	-1,5 ^b	154 ^c	205 ^{cd}	292 ^d
Consumo de forraje kg MS/día	5,4 ^a	5,9 ^b	6,1 ^b	5,9 ^b	5,8 ^{ab}
Consumo de suplemento kg/día	-	1,0	1,0	1,5	2,0
Índice de conversión suplemento	-	5,8	3,0	3,9	4,3

¹ a, b, c, d, = promedio con distintas letras son significativamente diferentes (P < 0,05)
¹ F = forraje; FU = forraje-urea; FUA = forraje-urea-algodón; 1, 2, 3 = niveles de algodón
² Índice conversión = $\frac{\text{suplemento consumido}}{\text{cambio peso suplementados} - \text{cambio peso testigo}}$

También hay abundante información en la literatura que indica que, en raciones altas en concentrados, el incremento del contenido de urea disminuye la tasa de consumo de los suplementos (7, 9, 19).

La suplementación con urea (FU) determinó un aumento significativo (P 0,05) en el consumo de forraje (5,4 vs. 5,9 Kg./animal/día), mientras que, incrementos adicionales del concentrado con proteína preformada no mejoraron la ingestión de forraje, y, a nivel de 2 Kg./animal/día, éste bajó a 4,8 Kg./animal/día, y calor que no fue significativamente diferente al del tratamiento con forraje Únicamente. El efecto de la adición de nitrógeno rápidamente fermentecible como la urea, sobre el consumo voluntario, ha sido señalado por varios autores (4, 13, 15, 16, 18, 22, 29), siendo atribuido el efecto a un incremento de la masa microbiana que promueve una: más rápida degradación de los sustratos fibrosos, aumentando la tasa de pesaje y, consecuentemente, el consumo. A niveles más altos de suplementación, se disminuye el efecto sobre el incremento del consumo de forraje, ocasionado por cambios en los patrones de fermentación, favoreciéndose más los microorganismos que degradan otros sustratos no lignocelulósicos (21, 32, 34, 39). El índice de conversión de los suplementos (calculado como suplemento consu-

mido/ganancia de peso de los animales suplementados-ganancia de peso de los animales testigos), fue de 5,8 para FU y 3,0; 3,9 y 4,3 respectivamente para los tres niveles crecientes de los suplementos. Lo anterior indica que a partir de 1 Kg. de suplemento/animal/día, la eficiencia de utilización disminuye progresivamente con el aumento de la suplementación.

En el Cuadro 5 se resumen los datos de digestibilidad aparente y retención de nitrógeno. La digestibilidad de la MO aumentó significativamente (P 0,05) con la suplementación de urea, en relación al testigo de forraje (38,6 vs. 41,8%). Ligeros incrementos se registraron también con el aumento del suministro del concentrado, sin ser, sin embargo, las diferencias entre ellos significativas, pero sí (P 0,05) entre FU y FUA3 (41,8 vs. 45,8%). El aumento de la digestibilidad de la MO y, particularmente, de los elementos estructurales (celulosa) por la adición de urea en forrajes de pobre calidad, ha sido un hallazgo frecuentemente señalado, tanto en la literatura nacional (10, 36) como internacional (5, 16,43).

Cuadro 5. Digestibilidad aparente de la materia orgánica (MO) y fibra detergente neutra (FDN) y retención aparente de nitrógeno de raciones a bases de forrajes con suplementación de urea y diferentes niveles de harina de algodón¹

Parámetros	TRATAMIENTOS ¹				
	F	FU	FUA ₁	FUA ₂	FUA ₃
Digestibilidad (%)					
- MO	38,6 ^a	41,8 ^b	44,9 ^{bc}	43,9 ^{bc}	45,8 ^c
- FDN	37,1	38,1	39,0	39,7	38,8
Balace de nitrógeno (N) ³ , g/día					
- N ingerido	3,8	7,3	14,9	15,5	20,4
- fecal	3,5	4,0	4,7	5,4	5,8
- urinario	0,8	1,8	3,9	3,5	5,6
Nitrógeno retenido					
- g/día	- 0,5	1,5	6,3	6,6	9,0
- N ingerido (%)	-13,2 ^a	20,6 ^b	42,3 ^c	42,6 ^c	44,1 ^c

^a, ^b, ^c = promedio con distintas letras son significativamente diferentes entre sí (P < 0,05).
¹ = digestibilidad realizada con cuatro pajas/tratamiento.
² F = forraje; FU = forraje-urea; FUA = forraje-urea-algodón; 1, 2, 3 = niveles de algodón.
³ = aporte de nitrógeno calculado como porcentaje del peso vivo de los bovinos de la prueba de alimentación.

El valor menor de digestibilidad de la FDN se registró para el tratamiento a base de forraje únicamente, sin diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

En relación con el balance de nitrógeno, la ingestión del elemento se incrementó progresivamente con la suplementación de 3,8 a 20,4 g/animal/día, cuando se pasó de forraje únicamente al nivel más alto de suplementación.

Contrariamente a lo señalado por algunos autores (30, 41), la eliminación fecal de nitrógeno aumentó concomitantemente con la ingestión nitrogenada, lo que sugiere la posibilidad de que parte de la proteína de la harina de algodón, no solamente fuera de baja solubilidad, sino también desnaturalizada por el proceso de extracción de aceite, determinando su indigestibilidad y, consecuentemente, su aparición en el material fecal (23).

El nitrógeno urinario aumentó paralelamente con la ingestión nitrogenada, mostrando amplitudes extremas de 0,8 para el tratamiento de forraje a 5,6 g/animal/día para la suplementación más elevada. El incremento de la eliminación urinaria indica que no solamente el N ureico, sino también parte del N de la harina de algodón, ha sido fermentado a nivel ruminal y absorbido, siendo convertido en urea y eliminado vía orina. Una contribución adicional al incremento del nitrógeno urinario podría resultar de una mayor absorción intestinal de aminoácidos que, desanimados a nivel hepático, aumentarían el "pool" metabólico de urea y, consecuentemente, su aparición en la orina. La retención de nitrógeno (g/animal/día y como porcentaje del N ingerido), indica un cambio de balance negativo con forraje a positivo con urea (-13,2% vs. 20,6%) aumentando con la suplementación con proteína preformada, sin diferencias significativas entre niveles. Posiblemente, la baja respuesta de la retención de nitrógeno al incremento del nivel de ingestión proteica, se debe a que parte de la proteína del suplemento escapa a la digestión, como indicado anteriormente (23, 24).

En el Cuadro 6 se presenta la concentración de N amoniacal y microbiano en el licor ruminal, como valores promedios de los muestreos realizados durante las primeras 12 horas postsuministro del suplemento. A excepción

del forraje únicamente, todos los demás tratamientos presentaron valores superiores a 4 Mg. N-NH₃/100 ml que, según la interpretación de algunos autores (1, 26, 35), serían adecuados para la síntesis microbiana. El valor de 1,24 Mg. H-NH₃/100 ml, correspondiente al tratamiento de forraje, es limitante para el crecimiento de la masa microbiana a nivel ruminal. Observaciones previas (12) y más recientes (20), sugieren que, para la optimización de la degradación del sustrato fibroso, el nivel de N-NH₃ debería ser superior al indicado por Satter y Slyter (35). Los datos de Álvarez et al (3) indican que la desaparición in situ de la MO de la tusa de maíz aumentó linealmente con el incremento de 30 a 120 ml de N amoniacal/litro de licor ruminal. La síntesis de N microbiano fue significativamente superior en los animales suplementados (P<0,05), aun cuando las diferencias entre tratamientos no guardan proporción con los incrementos de N amoniacal en el rumen. La aparente elevada capacidad de síntesis de N microbiano, en relación con el bajo nivel de N amoniacal ruminal, para el grupo alimentado con forraje, parecería sugerir que la síntesis microbiana se sustentaría parcialmente a partir de la urea reciclada vía saliva y/o a través de la pared ruminal. Efectivamente, el reciclaje de nitrógeno al rumen, puede ser aumentado cuando hay déficit en la ingestión proteica (33). Además, cuando se compara la concentración de N amoniacal del grupo de forraje con los tratamientos suplementados (Gráfico 1), parte del nitrógeno, que es reseñado como valores promedios correspondientes a 12 horas, es absorbido directamente a través de la pared ruminal, particularmente durante las primeras seis horas después del suministro, cuando la hidrólisis de la urea y la desaminación de la proteína preformada es máxima.

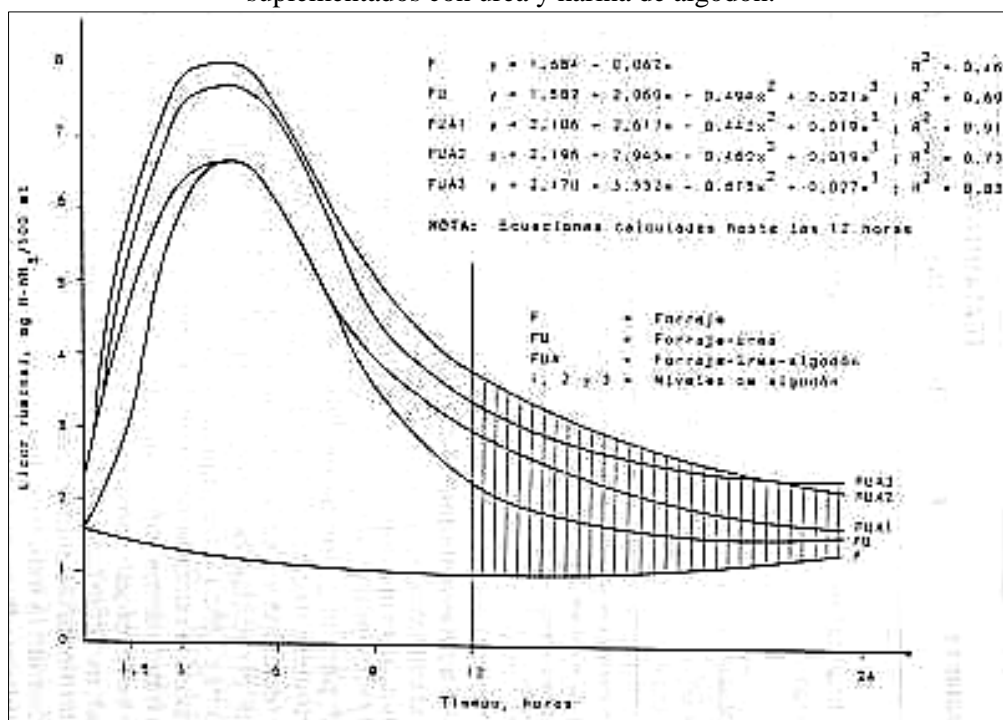
Cuadro 6. Concentración de nitrógeno amoniacal y microbiano a nivel ruminal de bovinos alimentados con heno de pobre calidad y suplementados con urea y niveles crecientes de harina de algodón.

Observaciones	TRATAMIENTOS ¹				
	F	FU	FUA ₁	FUA ₂	FUA ₃
N-NH ₃ , MG/100 ml x 12 horas	1,24a	4,62b	4,90b	5,85b	5,99b
N microbiano, Mg./100 ml x 12 horas	27,17a	35,38b	43,34c	36,70cb	36,16bc

a, b, c, = promedio con distintas letras son significativamente diferentes entre si (P< 0,05)
¹ = forraje; FU = forraje-urea; FUA = forraje-urea-algodón; 1, 2, 3 = niveles de algodón
² = promedios correspondientes a muestreos a las 1, 5; 3; 6; 9 y 12 horas postsuministro del suplemento.

Por lo tanto, el análisis de los valores promedios de los grupos suplementados, en relación con el grupo de forraje, debe interpretarse con cierta reserva, en el sentido de que la más alta concentración de N amoniacal no es uniformemente disponible a lo largo del tiempo. La extrapolación de la concentración de N amoniacal de las 12 a las 24 horas, señala una disminución marcada para todos los niveles de ingestión proteica, aproximando apenas, en los tratamientos suplementados, el valor de 2,5 Mg. N-NH₃/100 ml de licor ruminal, nivel señalado como mínimo para la síntesis microbiana (38).

Gráfico 1. Concentración de nitrógeno amoniacal en licor ruminal en bovinos suplementados con urea y harina de algodón.



En el Gráfico 2 se presenta la desaparición de la MO en las bolsas de dacrón suspendidas en el rumen durante 72 horas. Los valores se expresan como porcentaje del material inicial, registrándose promedios superiores para los animales suplementados en relación al tratamiento de forrajes, siendo solamente significativa ($P < 0,05$) la diferencia con el nivel de 2 Kg. de suplementación. Cuando la degradación de la MO se expresa como MO potencialmente degradable (Cuadro 7), ésta mantiene la misma tendencia y valores similares a los registrados en la prueba de desaparición in situ de la MO.

En el Gráfico 3 se presentan las pendientes (k) de las ecuaciones exponenciales que relacionan la concentración de óxido de cromo como variable dependiente y el tiempo (horas) como independientes. Se observa que la tasa de flujo para forraje (-0,011) fue significativamente inferior ($P < 0,05$) a los grupos suplementados, en los cuales la constante aumentó progresivamente con el nivel de suplementación. Los valores registrados fueron: -0,023; -0,028; -0,029 y -0,931 para el tratamiento de urea y los tres niveles crecientes de algodón respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos. Los valores registrados concuerdan con el de -0,01 reseñado por Parra et al (31), para forraje de pobre calidad, y -0,03 por Alfaro (2), con altos niveles de suplementación proteica.

En el Cuadro 7 se resumen los valores correspondientes a la utilización de la MO a nivel ruminal, encontrándose que para todos los tratamientos, la MO degradable a tiempo cero tiene valores negativos, ligeramente más elevado para forraje y forraje-urea (-1,49 y -1,50, respectivamente). Esto sugiere que en todos los casos hay una fase de latencia previa a la degradación microbiana de los sustratos. Los valores correspondientes a la MO realmente degradable del forraje no presentan diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, se observa que, a medida que aumenta el nivel de suplementación como materia orgánica más fermentescible que el sustrato fibroso, la degradabilidad de éste disminuye ligeramente, lo que indica cambios en la microflora ruminal, con disminución de la actividad celulolítica de los microorganismos. Asimismo, la menor tasa de degradación real de la MO se debe, también, a un aumento de la tasa de flujo (k), ocasionada por los niveles crecientes de suplementación, que determinan un menor tiempo de retención del sustrato fibroso. Las diferencias entre los valores reseñados para la MO potencialmente y la realmente degradable, se deben a la dinámica del sistema de fermentación que, bajo condiciones de libre movimiento del sustrato, éste sale del rumen-retículo a tasas que guardan relación con el nivel de suplementación y de fermentación.

Gráfico 2. Desaparición in situ de la materia seca orgánica del forraje en bovinos suplementados con urea y harina de algodón.

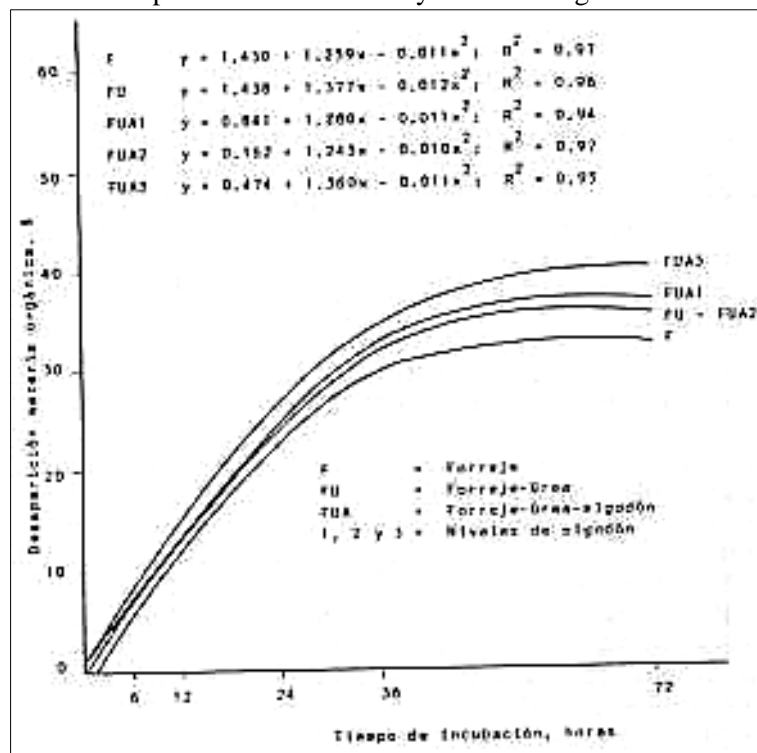
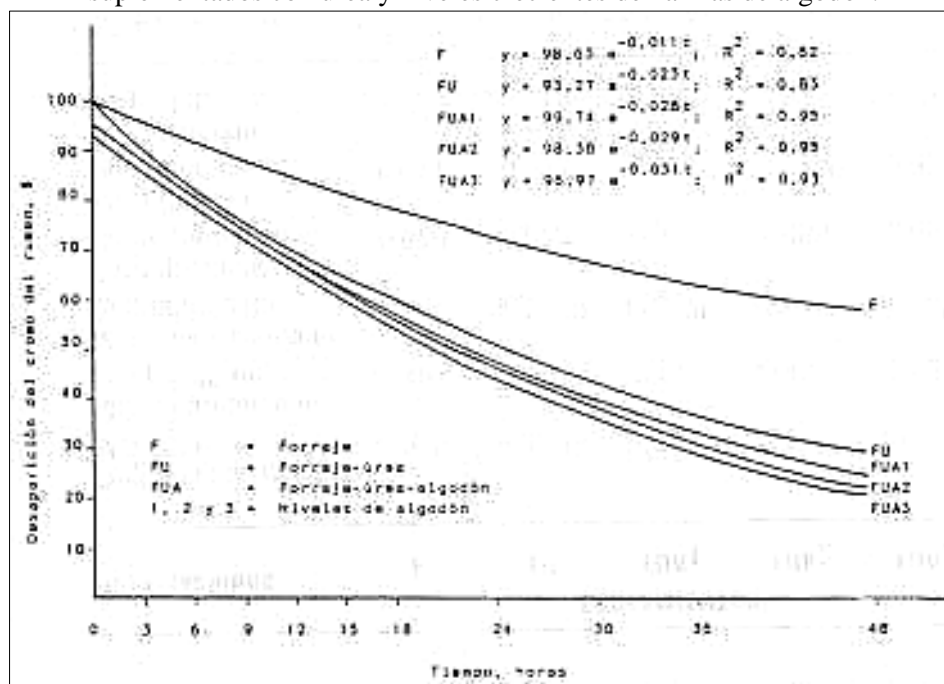


Gráfico 3. Tasa de desaparición del rumen del cromo mordante en FDN del forraje en bovinos suplementados con urea y niveles crecientes de harinas de algodón.



Cuadro 7. Utilización de materia orgánica (MO) del forraje a nivel ruminal en bovinos alimentados con heno de pobre calidad y suplementados con urea y harina de algodón.

Observaciones	TRATAMIENTOS ¹				
	F	FU	FUA ₁	FUA ₂	FUA ₃
Degradación <i>in situ</i>					
MO (72 h), %	32,3 ^a	35,5 ^{ab}	35,7 ^{ab}	36,8 ^{ab}	40,2 ^b
MO degradable a tiempo "0" (a), %	-1,49	-1,50	-0,14	-0,40	-0,53
MO potencialmente degradable (b), %	33,86 ^a	36,7 ^{ab}	37,04 ^{ab}	35,90 ^{ab}	40,76 ^b
Tasa fraccional de degradación (c)	-0,070	-0,073	-0,057	-0,058	-0,053
Tasa de flujo de cromo (k)	-0,011 ^a	-0,023 ^b	-0,026 ^b	-0,029 ^b	-0,031 ^b
MO realmente degradable, %	27,17	26,11	24,70	23,83	25,19

^{a, b} = promedios con distintas letras son significativamente diferentes (P < 0,05)
¹ F = forraje; FU = forraje-urea; FUA = forraje-urea-algodón; 1, 2, 3 = niveles de algodón

BIBLIOGRAFÍA

1. ALLISON, M. J. 1970. Nitrogen metabolism of ruminal microorganisms. En: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (Ed. A. T. Phillipson). Oriel Press. Newcastle. England. pp. 456-473.
2. ALFARO, M. A. 1986. Utilización del nitrógeno no proteico y proteína protegida en la alimentación de vacas lecheras. Tesis Magister Scientiarum. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía y Ciencias veterinarias. Maracay, Venezuela. 78 p.
3. ÁLVAREZ, F. J.; DIXON, M. R. y PRESTON, F. R. 1983. Ammonia requirements for rumen fermentation. En: Recent advances in animal nutrition in Australia. (Eds. O. J. Farrel y P. Vohra). University of New England. Armidale, Australia. p. 9A.
4. AMMERMAN, C. B.; VERDE, G. J.; FICK, K. R.; GLEED, J. C. y CHICCO, C. F. 1971. Suplementos de nitrógeno no proteico para forrajes de pobre calidad. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memoria. 6: 100.
5. AMMERMAN, C. B.; VERDE, G. J.; MOORE, J. E.; BURNS, W. C. y CHICCO, C. F. 1972. Biuret, urea and natural proteins as nitrogen supplements for low quality roughage for sheep. Journal of Animal Science. 35: 121-127.

6. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1980. Official methods of analysis. 13a. ed. (Ed. W. Horwit). George Santa Company Inc., Menasha, Wisconsin. 1018 p.
7. BOND, J.; R. R. OLTJEN y B. T. WEINLAND. 1978. Nonprotein nitrogen adaptation : intake and eating pattern of steers. *J. Anim. Sci.* 47: 957 -966.
8. CARNEVALI, A.; E. SHULTZ y C. F. CHICCO. 1973. Altos niveles de urea para bovinos. (Compendio). ALPA. Mem. 9: 105.
9. CHALUPA, W.; C. A. BAILE; C. L. McLAUGHLIN y J. G. BRAND. 1979. Effect of introduction of urea on feeding behavior of Holstein heifer. *J. Dairy Sci.* 62: 1278-1284.
10. CHICCO, C. F.; E. SHULTZ y T. A. SHULTZ. 1972. Algunas observaciones sobre niveles de melaza en suplementos con urea y biuret para ovinos. *Agronomía Trop.* 22: 271-279.
11. CHICCO, C. F.; GARMENDIA, J. C.; SHULTZ, T. A. y CARNEVALI, A. A. 1980. Efecto del nivel de alimentación durante la época seca sobre el crecimiento compensatorio durante la época de lluvia en novillos mestizos. II Congreso Venezolano de Zootecnia. Guanare, Ven. p. 6263. (Resumen).
12. CHICCO, C. F.; SHULTZ, E.; SHULTZ, T. A. y MOYA, A. 1980. Utilización del NNP con diferentes tipos de forrajes. IV Conferencia Mundial de Producción Animal, Buenos Aires. Arg. 2: 117-125. (Memoria).
13. CHICCO, C. F.; T. A. SHULTZ; A. CARNEVALI; L. OROPEZA y C. B. AMMERMAN. 1971. Biuret and urea in supplements for bovines fed green chop elephant grass. *J. Anim. Sci.* 33: 133-136.
14. CONWAY, E. J. 1957. Microdiffusion analysis and volumetric error. (4th ed.) Crosby, Lockwood and Son, Ltd., London.
15. DONEFER, G.; A. ADELEYE y O. C. JONES. 1969. Effect of urea supplementation on the nutritive value of NaOH-treated oat straw. *J. Anim. Sci.* 20: 328-339.
16. FICK, K. R.; C. B. AMMERMAN; C. H. McGOWAN; P. E. LOGGINS y J. A. CORNELL. 1973. Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *J. Anim. Sci.* 36: 137-143.
17. FISKE, C. A. e I. SUBARROW. 1925. Colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66: 375-399.
18. HENNESSY, D. W.; J. v. NOLAN; B. w. NORTHON; F. M. BALL y R. A. LENG. 1978. Response of beef cattle to infused supplements of urea and urea-molasses when offered a low quality grass hay. *Austr. J. Experimental Agric. and Anim. Husb.* 18: 477-482.
19. HUBER, J. T.; R. A. SANDY; C. E. POLAN; H. T. BRYANT y K. E. BLASER. 1967. Varying levels of urea for dairy cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.* 50: 1241-1247.
20. KREBS, G. y R. A. LENG. 1984. The effect of supplementation with molasses/urea blocks on ruminant digestion. *Anim. Prod. in Australia* 15: 704719.
21. LAMBS, C. S. y J. EADIE. 1979. The effect of barley supplements on the voluntary intake and digestion of low quality roughage by sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 92: 235-241.
22. LENG, R. A. 1984. Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminants production. En: *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. Ed. McKie. The Science Press, Ltd. Graham 11, Pretoria. South Africa. p. 129-144.
23. LENG, R. A.; T. J. KEMPTON y J. V. NOLAN. 1977. Nonprotein nitrogen and bypass protein in ruminants diets. *AMRC Review* 33: 1-21.
24. LINDSAY, J. A. e I. D. LOXTON. 1981. Supplementation of tropical forage diets with protected proteins. *Rec. Adv. Anim. Nutr. Austr.* 6: 1 A.
25. MOYA, A.; J. GARRONI; C. F. CHICCO; E. SHULTZ y T. A. SHULTZ. 1979. Alimentación complementaria en novillas de primer servicio. (Compendio). ALPA. Mem. 14: 27.
26. ØRSKOV, E. R. 1978. Importancia relativa de la digestión ruminal y postruminal respecto a la nutrición proteica y energética en rumiantes. *Producción Animal Tropical* 3: 93-105.
27. ØRSKOV, E. R. e I. McDONALD. 1978. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. *Journal Agricultural Science, Camb.* 92: 499-503.
28. ØRSKOV, E. R.; F. D. HOVELL y F. MOULD. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195-213.
29. ØRSKOV, E. R.; C. FRASER e I. McDONALD. 1972. Digestion of concentrates in sheep. 4. The effects of urea on digestion, nitrogen retention and growth in young lambs. *Br. J. Nutr.* 27: 491-501.
30. ØRSKOV, E. A.; A. W. MAYES y S. O. MANN. 1972. Postruminal digestion of sucrose in sheep. *Sr. J. Nutr.* 28: 425-432.
31. PARRA, A.; J. COMBELLAS y R. DIXON. 1984. Degradabilidad ruminal de algunas materias primas tropicales. *Producción Animal Tropical* 9: 208-211.
32. PRESTON, T. R. y LENG, R. A. 1980. Utilization of tropical feeds by ruminants. En: *Digestive physiology and metabolism in the ruminants*. (Ed. Y. Ruckebusch y P. Thivend). MTP Press, Lancaster. p. 621-640.
33. PRESTON, T. A. y LENG, R. A. 1986. Matching livestock production systems to available resources. *International Livestock Center for Africa*. Addis Ababa. 331 p.
34. RODRIGUEZ, A. 1983. Supplementation of ensiled henequen (sisal) pulp for sheep. *Trop. Anim. Prod.* 8: 74-76.
35. SATTER, L. O. y L. L. SLYTER. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Brit. J. Nutr.* 32: 194-208.
36. SHULTZ, E.; C. F. CHICCO; L. E. CAÑAS y T. A. SHULTZ. 1974. Urea y biuret y su combinación como suplementos de nitrógeno para ovinos. *Agronomía Tropical* 24: 493504.
38. SLYTER, L. L.; L. O. SATTER y D. A. DINIUS. 1979. Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. *J. Anim. Sci.* 48: 906-912.

39. THOMSON, D. J.; D. E. BEEVER; M. J. LA THAN; M. E. SHARPE y R. A. TERRY. 1978. The effect of inclusion of mineral salts in the diet on dilution rate, the pattern of rumen fermentation and the composition of the rumen microflora. *J. Agric. Sci., Camb.* 91: 1-7.
40. UDEN, P.; P. E. COLUCCI y P. J. VAN SOEST. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. *Journal Science Food Agriculture* 31: 625-633.
41. VAN SOEST, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminants. O. & S. Sooks, Inc. Corvallis, Oregon. 371 p.
42. VAN SOEST, P. J. y A. H. WINE. 1967. Method for determination of lignin, cellulose and silica. *Journal Anim. Sci. (Compendio)*. 26: 940.
43. WESTON, R. H. 1971. Factors limiting the intake of feed by sheep. V. Feed intake and the productive performance of the crude protein digested in the intestines. *Austr. J. Agric. Res.* 22: 307 -320.
44. WILLIS, J. B. 1961. Determination of calcium and magnesium in urine by atomic absorption spectroscopy. *Anal. Chem.* 33: 556-559.
45. WINTER, K. A.; R. R. JOHNSON y B. A. DEHORITY. 1964. Metabolism of urea nitrogen by mixed cultures of rumen bacteria grown on cellulose. *J. Dairy Sci.* 47: 793-797.

[Volver a: Suplementación proteica](#)