



AVANCES RECIENTES EN LA CARACTERIZACION DE LOS ALIMENTOS PARA LOS RUMIANTES

Alvaro García

INTRODUCCION

Las demandas impuestas por una población mundial en aumento, han generado la necesidad de mejorar las razas animales para proporcionar mayor cantidad de alimentos en menor tiempo y en forma más eficiente. Estas mejoras genéticas sólo pueden manifestarse si se acompañan de una nutrición y un manejo adecuados. A continuación se resumen algunas de las áreas que en nutrición animal han sufrido cambios recientemente. La temática se seleccionó en base a la identificación de aquellas que, a criterio del autor, generarían mayor impacto económico sobre la producción animal en el Uruguay. Se han dejado de lado por lo tanto otras, que si bien tienen importancia, escapan a los objetivos iniciales planteados.

LA PROTEINA EN LA DIETA DE LOS RUMIANTES

Al día de hoy se maneja aún el término proteína bruta (PB) al referirse al contenido en nitrógeno (N) de los alimentos. Es así que el precio de los concentrados proteicos se fija muchas veces considerando las «unidades de proteína» aportadas y las raciones se registran en base a mínimos y máximos de PB. Como el análisis se realiza determinando el contenido en N del alimento y multiplicando este valor por 6.25 (salvo para el trigo y la leche), no se sabe cuánto corresponde a la proteína verdadera (PV) y cuánto a la fracción de nitrógeno no proteico (NNP). La relevancia de esta dicotomía varía según el alimento, ya que algunos en su mayor parte están constituidos por PV, mientras que en otros la fracción de NNP puede ser importante. Aún cuando un alimento contenga la mayor parte de su N como PV, no se sabe cuánta de esta es degradada en el rumen, que cantidad pasa al intestino y en que proporción es absorbida.

En la actualidad el concepto de PB ha sido sustituido por un sistema que intenta balancear dos componentes:

1. El suministro de N y cofactores para balancear la síntesis de la proteína microbiana.
2. Cubrir los requerimientos aminoacídicos del rumiante.

Hoy en día no es extraño encontrar en nuestro país vacas lecheras que produzcan cerca de 40 lts.; lo que si es a veces infrecuente es que sostengan esa producción. Para lograrlo es necesario no sólo producir grandes cantidades de proteína microbiana, sino además proteína de pasaje que aporte aminoácidos

directamente al intestino.

En la última edición del NRC (1989) se divide a la ingesta proteica en:

UIP [proteína ingerida no degradable (en el rumen)]

DIP [proteína ingerida degradable (en el rumen)]

Si bien ambos términos sobreentienden que se hace referencia a degradabilidad ruminal, la proteína no degradable, puede serlo en todo el tracto digestivo. Resultan por lo tanto más descriptivos los términos alternativos propuestos, RUP (proteína no degradable en el rumen) y RDP (proteína degradable en el rumen) ya que describen con más claridad el destino de la proteína ingerida. En la misma publicación aparecen valores de UIP y DIP para varios alimentos.

Otros términos que aparecen en la literatura más reciente son:

IP = Proteína ingerida

AP = Proteína absorbida

BCP = PB de los microorganismos (bacterias + protozoarios)

SIP = Proteína ingerida soluble

Proteína soluble

En general se refiere a proteína soluble en un buffer (SIP). En este caso sucede lo mismo que ocurría al hablar de la PB, lo que se mide es el N soluble. Uno de los métodos más aceptados en la actualidad dada su alta correlación con la solubilidad en el líquido ruminal autoclavado, es el del buffer de fosfato y bórax (Van Soest, 1994). Si bien en general se ha identificado solubilidad con degradabilidad intrarruminal, ambos términos no son sinónimos. La harina de soja, por ejemplo, si bien es poco soluble es muy degradable en el rumen. De acuerdo con Van Soest (1994) esto está definido por los componentes de la fracción soluble (amoníaco, NNP, péptidos y aminoácidos) su tasa de degradación y probablemente también la velocidad de tránsito del alimento en el tracto digestivo. Los valores de SIP obtenidos por esta técnica de una muestra de un total de 17 tambos, promediaron 36 % de la proteína total consumida (García y col. 1997).

Al observar los valores obtenidos por distintos laboratorios para un mismo alimento, los desvíos estándar son en general bastante grandes, en particular para los materiales ensilados y los subproductos de la industria (Tabla 1.). Es recomendable por lo tanto que al balancear las dietas se analicen los alimentos y no se confíe totalmente en los datos publicados en las tablas.



Tabla 1

| Contenido en PB y soluble de algunos forrajes* | | |
|--|------------|-------------------|
| | PB (%) | Soluble (% de PB) |
| Heno de leguminosas | 19.3 (2.7) | 37.7 (6.5)** |
| Heno de gramíneas | 10.5 (3.1) | 31.2 (6.4) |
| Ensilaje de leguminosas | 19.7 (2.9) | 55.8 (10.0) |
| Ensilaje de gramíneas | 13.8 (3.6) | 48.6 (11.6) |
| Ensilaje de maíz | 8.3 (1.2) | 45.2 (11.0) |
| NNP en ensilaje de maíz | 11.9 (2.7) | 58.8 (9.7) |

*Los valores son sólo ilustrativos por representar datos de la DHIA-EEUU y difieren en grado variable de los nacionales.

**Las cifras entre paréntesis representan el desvío estándar.

Proteína verdadera

La proteína verdadera (PV) se obtiene por precipitación de la PB. Su importancia viene dada no sólo por el suministro potencial de proteína de pasaje, sino porque algunos microorganismos utilizan péptidos y aminoácidos. Por otra parte reacciones de óxido-reducción entre aminoácidos (Stickland) dan lugar a la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) de cadena ramificada. Leucina, isoleucina y valina dan lugar a los AGV isovalérico, 2-metil-butírico e iso-butírico respectivamente. La degradación de metionina y cisteína, provee de azufre para la síntesis de proteína microbiana, la cual tiene en su constitución estos mismos aminoácidos.

En los forrajes ensilados, el contenido en PV disminuye mientras que aumenta paralelamente el NNP soluble. En general éste aumenta a medida que disminuye el contenido en MS del ensilaje. En estos casos es posible encontrar valores en un rango que puede ir del 50 al 80 % del N total. La temperatura y el pH del material ensilado pueden orientar acerca de la desaparición de la PV. La proteólisis aumenta con el incremento de la temperatura y disminuye con el descenso del pH.

Implicancias prácticas

Broderick y col. (1997) compararon los efectos sobre la producción de la suplementación con proteína de pasaje para las siguientes cuatro dietas:

1. ensilaje de alfalfa + maíz de alta humedad

2. ensilaje de alfalfa + maíz de alta humedad + harina de pescado

3. heno de alfalfa + maíz de alta humedad

4. heno de alfalfa + maíz de alta humedad + harina de pescado

El ensilaje de alfalfa contenía más PB (20.6 %) que el heno (18.1 %). Como porcentaje del N total el primero contenía 52 % de NNP mientras que el heno 8 %. No se suplementó con PB para corregir estas diferencias, por lo que las dietas a base de heno tenían 1.5 % menos PB (Ver tabla 2.).

Tabla 2

| Comparación de las dietas | | | | |
|---------------------------|----------------------|------|---------------|---------------|
| Componente | EA | HA | EA+h. pescado | HA+h. pescado |
| | % de la materia seca | | | |
| ensilaje-alfalfa (EA) | 67.5 | --- | 67.5 | --- |
| heno-alfalfa (HA) | --- | 67.6 | --- | 67.6 |
| maíz alta hum. | 31.2 | 31.1 | 28.2 | 28.1 |
| h. de pescado | --- | --- | 3.0 | 3.0 |
| minerales/vit. | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| Nutrientes | | | | |
| PB | 17.1 | 15.5 | 18.7 | 17.1 |
| FDN | 31 | 31 | 31 | 31 |
| EN1 (Mcal/kg.) | 1.63 | 1.61 | 1.61 | 1.61 |

Las vacas alimentadas a base de ensilaje de alfalfa sin h. de pescado, comieron menos, perdieron peso y produjeron menos leche, proteína y sólidos no grasos (SNG). El agregado de h. de pescado mejoró la producción, la proteína y los SNG, pero tuvo poco efecto en las dietas a base de heno (Tabla 3). Los animales mantuvieron un mejor «status» proteico en las dietas a base de heno, aún recibiendo menos PB. Sin embargo, al comparar las dietas a base de ensilaje con las de heno, el rendimiento de grasa y la eficiencia de conversión (kg de leche:kg de consumo de MS), fueron superiores para las primeras. Los autores lo atribuyeron a que la digestibilidad de la MS y de la FDN del ensilaje era ligeramente superior lo que puede haber contribuido a una mayor producción de acetato ruminal (precursor de la grasa). Esto está confundido porque los animales en la dieta de ensilaje sin suplementar con h. de pescado, perdieron peso (movilización grasa que puede haber

contribuido al incremento de la grasa butirométrica). El contenido total de proteína junto con su alta degradabilidad llevaron a que se registraran 22 y 11 mg de N amoniacal ruminal/dl en las dietas a base de ensilaje y heno respectivamente. El ensayo se complementó con un análisis in vitro, que demostró que se producía proteína microbiana más eficientemente a partir de la degradación del heno que del ensilaje.

Tabla 3

| Parámetros productivos para las cuatro dietas. | | | | |
|---|---------------|-----------|---------------|---------------|
| Componente | ensilaje (EA) | heno (HA) | EA+h. pescado | HA+h. pescado |
| kg/dfa | | | | |
| Consumo (MS) | 22.2 | 24.0 | 23.3 | 24.2 |
| Producción | 35.3 | 36.2 | 37.4 | 36.7 |
| Proteína | 1.04 | 1.09 | 1.14 | 1.13 |
| Sólidos no grasos | 3.01 | 3.09 | 3.20 | 3.18 |
| Variación del peso vivo | -0.41 | 0.45 | 0.09 | 0.50 |
| Eficiencia de conversión (producción:consumo de MS) | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.5 |

El uso de suplementos a base de PV y en particular de pasaje, se justifica en general en lotes que superen los 25 litros y sobretodo en aquellas dietas con alto contenido en NNP y/o proteína soluble. El ensilaje de pradera puede entrar en esta categoría dependiendo de las prácticas de manejo del forraje y en consecuencia del tipo de fermentación obtenido en el silo.

DIGESTIBILIDAD INTESTINAL DE LA PROTEINA

La proteína que llega al intestino, consiste de proteína microbiana, del alimento no degradada y endógena. La proteína microbiana es considerada de alta calidad para mantenimiento y producción debido a su composición aminoacídica. Su contribución a la proteína total absorbida incrementa al aumentar la densidad energética de la dieta (NRC) pero hasta un punto por encima del cual se ocasionan disturbios en la fermentación ruminal. Es en este contexto donde reviste importancia la suplementación con proteína de pasaje que pueda ser digerida a nivel intestinal.

La proteína que llega al intestino puede ser absorbida si las enzimas son capaces de desdoblarla a

péptidos y aminoácidos. En general se aplica el término de proteína de pasaje (RUP) a la que elude la fermentación ruminal, sin aclarar cuánta también escapa en realidad a la digestión intestinal. La alteración de su estructura y/o la interacción con otras sustancias pueden reducir su aprovechamiento. Si se desconoce su digestibilidad intestinal, no se pueden balancear los aminoácidos a ese nivel y menos aún decidir acerca del precio a pagar por determinado concentrado proteico.

La estimación de la proteína de la dieta absorbida a nivel intestinal (IADP) ha sido propuesta para asignar un valor nutricional y económico a los concentrados (Stern y col. 1995). Para calcularla se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{IADP (\% de la PB)} = \text{RUP (\% de la PB)} \times \text{DI (\% de RUP)}$$

Donde **DI** = digestión intestinal y **RUP** = proteína no degradable en el rumen.

La tabla 4 presenta valores promedio de RUP, DI y IADP de algunos concentrados proteicos.

Tabla 4

| RUP, digestión intestinal (DI) y proteína absorbible en el intestino (IADP) de algunos concentrados proteicos. (DS = desvío estándar). | | | | |
|--|----|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Concentrado | n | RUP(%de PB) Media (DS) [rango] | DI (%de PB) Media (DS) [rango] | IADP ^a Media(DS) [rango] |
| h. de sangre* | 12 | 88 (6) [78-98] | 63 (17) [29-86] | 55 (14) [25-75] |
| gluten meal | 2 | 83 (2) [82-85] | 89 (4) [86-91] | 74 (5) [70-77] |
| h. de pescado | 13 | 65 (4) [59-73] | 80 (5) [73-88] | 52 (4) [43-57] |
| h. de carne y huesos** | 11 | 59 (13) [40-88] | 55 (10) [41-70] | 33 (10) [21-56] |
| h. de soja | 5 | 25 (3) [22-29] | 90 (4) [86-93] | 22 (2) [20-25] |

Modificada de Stern y col. 1995

*Las harinas de carne y sangre han sido incluídas con fines comparativos. **45/50

En la tabla 5 se comparan costos aproximados (en base a la tabla 4) de la IADP de algunos concentrados proteicos.



Tabla 5

| Costo por kg, de PB y por kg de IADP de algunos concentrados proteicos | | | | |
|--|------------|----------|-------------|--------------|
| Concen-trado | PB (g/ kg) | U\$S/ kg | U\$S/ kg PB | U\$S/kg IADP |
| h. de carne y huesos | 450 | 0.30 | 0.67 | 2.02 |
| h. de sangre | 800 | 0.52 | 0.65 | 0.97 |
| h. de pescado | 570 | 0.55 | 0.96 | 1.85 |
| h. de girasol* | 340 | 0.13 | 0.38 | 1.73 |
| h. de soja | 420 | 0.35 | 0.83 | 3.80 |
| gluten meal | 600 | 0.62 | 1.03 | 1.40 |

*se estimaron valores similares a la h. de soja. Precios en U\$S/kg. Cámara Mercantil. 3/97.

De la tabla precedente surgen las siguientes consideraciones:

a. Si se basa la decisión de compra en el precio/kg, la h. de carne y huesos seguida por la h. de girasol son las dos primeras opciones. El gluten meal sería la opción más costosa.

b. Basándose en el costo/kg de proteína, la h. de girasol sigue siendo la más económica. En segundo lugar y prácticamente sin diferencias significativas se ubican las h. de carne y sangre.

c. Al considerar el precio/kg de IADP, la h. de sangre es la más económica, luego viene el gluten, seguido de las h. de girasol y pescado, con diferencias poco significativas entre ambas.

Los rangos más amplios para los concentrados de origen animal son debidos a las variaciones en la digestibilidad de la proteína (colágeno en la h. de carne) y al método de obtención (temperatura en h. de carne y sangre). A estas degradabilidades promedio, 400 g de h. de carr \approx (45 % PB) a U\$S 0.12 suministrarían cantidades similares* de IADP que:

| | |
|------------------------|-------------|
| 134 g de h. de sangre | (U\$S 0.07) |
| 199 g de h. de pescado | (U\$S 0.11) |
| 789 g de h. de girasol | (U\$S 0.10) |
| 639 g de h. de soja | (U\$S 0.22) |
| 133 g de gluten meal | (U\$S 0.08) |

*por practicidad los valores fueron redondeados.

La diferencia al total de PB aportada puede cubrirse en forma por demás económica con N fermentable a nivel ruminal.

PRODUCCION DE PROTEINA MICROBIANA

De existir las condicionantes (cofactores) cerca de un 80 % de la proteína degradada en el rumen puede ser convertida a proteína microbiana la cual es absorbida a nivel intestinal con una eficiencia de un 85% aproximadamente. Esto implica que 1 kg de harina de soja aportaría al intestino unos 214 g adicionales de proteína (0.75 x 420 x 0.80 x 0.85), mientras que la misma cantidad de gluten meal aportaría cerca de 70 g (0.17 x 600 x 0.80 x 0.85). Esto hace que los costos del kg de proteína total que llega al intestino corregidos por proteína microbiana producida sean de U\$S 1.14 (costo de 92.4 g PB del alimento + 214 g PB microbiana = U\$S 0.35) y U\$S 1.20 (costo de 444 g PB del alimento + 70 g PB microbiana) para la soja y el gluten respectivamente. El cálculo similar para la h. de girasol da un costo de U\$S 0.52 para el kg de proteína que llega al intestino. De estos cálculos surge que de los alimentos considerados, la h. de girasol es la opción más económica para suministrar proteína total ("de pasaje" + microbiana) a nivel intestinal.

Una consideración aparte merece el uso de la urea. Un kg de masa microbiana (en base seca) contiene cerca de 60 % de PB, lo que equivale aproximadamente a un 10 % de N (10 x 6.25 = 62.5). En una dieta adecuadamente balanceada, 100 g de urea (U\$S 0.03) pueden aportar cerca de 270 g de proteína microbiana al intestino (44 % N x 6.25 x 0.85) a un costo por kg de unos U\$S 0.11. El uso de esta fuente de NNP dentro de márgenes nutricionalmente seguros sigue siendo la forma más económica de suministrar proteína al intestino. Los concentrados proteicos vegetales de alta degradación ruminal deben usarse estratégicamente, especialmente para suministrar cofactores que permitan optimizar la producción de proteína microbiana.

LOS CARBOHIDRATOS EN LA DIETA DE LOS RUMIANTES

El sistema de los detergentes propuesto por Van Soest en la década de los 60' es el más usado hoy en día para caracterizar los carbohidratos presentes en la dieta de los rumiantes. Los carbohidratos estructurales comprendidos en la fibra detergente ácido (FDA) y la fibra detergente neutro (FDN), han sido utilizados en el balance de las dietas como indicadores negativos de la densidad energética. En general la FDN ha sido empleada para predecir el consumo mientras que a la FDA se la ha relacionado más a la digestibilidad y por lo tanto al contenido energético de los alimentos. El almidón es el componente cuantitativamente más importante de la fracción de carbohidratos no estructurales. Su degradabilidad varía no sólo con su composición sino con los tratamientos físico-químicos a que es sometido. Los azúcares revisten importancia cuantitativa en algunos alimentos y como facilitadores de la fermentación en los forrajes ensilados.

Fibra detergente ácido (FDA)

Sus componentes principales son celulosa y lignina. Tanto la FDA como la lignina se correlacionan mejor con la digestibilidad que con el consumo de alimento. Las relaciones de esta fracción con la digestibilidad varían con el tipo de forraje, su madura-

ción, conservación, etc.

El principal avance analítico para esta fracción ha sido el reconocimiento de la necesidad del análisis previo con FDN. Este análisis "en secuencia", es de particular importancia en muestras en que el contenido en pectinas es de medio a alto. En esta categoría se ubican las leguminosas y subproductos de la industrialización de los cítricos y la remolacha. De no tratar previamente la muestra con FDN las pectinas remanentes precipitan en el residuo de FDA sobreestimándola y por lo tanto subestimando el valor energético predecido a partir de las misma.

Fibra detergente neutro (FDN)

Compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina, esta fracción ha sido usada no sólo para estimar el valor energético de los forrajes sino principalmente su consumo.

Una de las preocupaciones en la actualidad es la variación en la digestibilidad de las distintas fuentes de FDN y es una de las principales críticas a las predicciones de consumo sugeridas por Mertens (1994). La tasa de digestión (%/hora) y la cantidad total digerida y, por lo tanto el vaciado ruminal, pueden ser afectados por muchos factores. En la Tabla 7 se observan rangos de digestibilidad de la FDN de distintos forrajes.

Tabla 7

| Digestibilidad ruminal de la FDN de algunos forrajes | |
|--|----------------------------------|
| Forraje | Digestibilidad ruminal de la FDN |
| Heno de alfalfa | 33-63 |
| Ensilaje de alfalfa | 31-41 |
| Ensilaje de maíz | 32-68 |
| Dactylis | 53-63 |
| Heno de dactylis | 41-48 |
| Heno de trébol rojo | 31-59 |

La digestibilidad ruminal de la FDN surge del compromiso entre su tasa de fermentación y la velocidad de tránsito en el tracto digestivo. Para incrementar la productividad el animal debe consumir forrajes con FDN de alta tasa de digestibilidad. En la tabla 8 se observa la variación en la digestibilidad según el grado de madurez del forraje. De allí surge que el análisis no ya de la FDN en sí misma, sino su digestibilidad, es fundamental para estimar el porcentaje degradado por hora, el vaciado ruminal y, por lo tanto, el aumento del consumo. Este concepto difiere de la teoría del tamaño de partícula como único determinante del tránsito. Otro factor que podría interactuar sería la flotación de la partícula por la presencia de gas dentro de la misma, lo que indica una fermentación en proceso (Sutherland. 1988). Al aumentar la fermentación de la FDN aumenta la densidad, lo que junto a la disminución en el tamaño de partícula favorece su pasaje hacia el abomaso.

Tabla 8

| Tasa de digestibilidad potencial de FDN (% / hora) y % de FDN indigestible de leguminosas y gramíneas de diferente grado de madurez | | | |
|---|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| Forraje | Madurez | FDN indigestible (%) | Tasa de digestibilidad de FDN (%/h) |
| Alfalfa | pre-floración | 45 | 19.1 |
| | post-floración | 58 | 7.3 |
| Lotus | pre-floración | 51 | 17.3 |
| | chaucha(inicio) | 61 | 6.0 |
| Bromus | vegetativo | 15 | 18.3 |
| | maduro | 50 | 7.3 |
| Dactylis | embuchado | 26 | 7.7 |
| | maduro | 46 | 4.6 |

Mediciones de la digestibilidad de la FDN

Los datos más precisos se obtienen con ensayos in vivo en que se mide el consumo de FDN y su excreción en las heces. Como los mismos son costosos, es que se recurre a métodos alternativos. Entre ellos los marcadores internos (inherentes al alimento; ej: FDA y FDN indigestibles, ceniza insoluble en HCl, etc.) o externos (óxido de cromo). Debido a los inconvenientes mencionados, Weiss (1994) ha concluido que el mejor método es el in vitro. Las críticas al método son:

1. las muestras se muelen (1 mm) previo a la fermentación, lo que altera la tasa de fermentación comparado con datos in vivo.
2. Se debe estimar el tiempo de retención ruminal del forraje para definir un tiempo de incubación. El primero varía con la especie, el nivel de consumo y el estado fisiológico.
3. La solubilización inicial de la fibra no implica que tales compuestos hayan sido digeridos por los microorganismos.

Una modificación a la medición tradicional de la digestibilidad in vitro (Tilley y Terry; 48 hrs. de incubación de la muestra en líquido ruminal, seguido de 48 hrs. de digestión con pepsina/HCl) ha sido propuesta recientemente por Van Soest (1994). El método consiste en sustituir la segunda etapa por un análisis de FDN (insume algo más de 1 hora) en el entendido que los solubles en FDN son completamente digestibles. El resultado obtenido da la digestibilidad real del alimento.

Valor relativo de un forraje (VRF)

Es un índice usado para estimar la calidad de leguminosas y gramíneas que combina en un sólo número factores nutricionales de importancia como ser consumo y digestibilidad. A partir de la FDN y FDA se calcula el consumo potencial del forraje (ecuación 1) y la digestibilidad de la MS (ecuación 2) los que a su vez se



usan en la ecuación del VRF (ecuación 3). No tiene unidades y es usado como un índice para evaluar fardos o silos de leguminosas, gramíneas o sus mezclas. El VRF compara el valor de estos forrajes al de la alfalfa en floración, al que usa como patrón asignándole el valor de 100 (tabla 9).

(1) CMS (% del peso vivo) = 120 / % de FDN en la MS del forraje

(2) DMS (%) = 88.9 - 0.779 x % de FDA en la MS del forraje

(3) VRF = (DMS x CMS)/1.29

Tabla 9

| Grados de calidad determinados por el sistema VRF en los forrajes | |
|---|---------|
| Grado | VRF |
| Superior | >151 |
| 1 | 125-151 |
| 2 | 103-124 |
| 3 | 87-102 |
| 4 | 75-86 |
| 5 | <75 |

La instrumentación de un sistema similar en nuestro país serviría para asignar un valor nutricional al ensilaje de pradera y a los fardos lo que racionalizaría su uso y comercialización.

Carbohidratos no estructurales (CNE)

Los principales componentes son azúcares, almidón y pectinas. Las pectinas son rápidamente digeridas prácticamente en su totalidad en el rumen y son una fuente importante de energía fermentable en algunos alimentos (ej. pulpa de citrus y tallarín de remolacha). Los galactanos y fructosanos sustituyen al almidón como carbohidratos de reserva en leguminosas y gramíneas respectivamente. El almidón es el principal carbohidrato de reserva en los granos.

Con la aparición de híbridos de sorgo y maíz con diferentes proporciones amilosa/amilopectina (García, 1996), de maíces específicamente para ensilaje y del maíz de alto contenido en aceite, su caracterización nutricional reviste sin duda mayor importancia.

El análisis de los azúcares presentes en las pasturas ha sido sugerido como dato de importancia a los efectos de balancear la proporción nitrógeno/carbohidratos solubles de los animales en pastoreo. La concentración de los mismos reviste a su vez importancia para definir el momento más apropiado para ensilar las pasturas. Su contenido aumenta durante el día (debido a la fotosíntesis) hasta alcanzar un máximo en horas de la tarde. Su estimación por medio de refractómetros ha sido sugerida en Nueva Zelanda

(Jones, 1997).

Métodos de determinación de CNE:

Sniffen(1988):

$$\text{Carbohidratos totales(CT)} = 100 - (\text{proteína} + \text{lípidos} + \text{ceniza})$$

$$\text{Carbohidratos no-fibrosos(CNF)} = \text{CT} - \text{FDN}$$

Nocek(1986):

$$\text{Solubles en FDN (SDN)} = 100 - \text{FDN}$$

$$\text{CNE} = \text{SDN} - (\text{proteína} + \text{lípidos} + \text{ceniza en SDN})$$

Concentraciones recomendadas

Para altos niveles de producción (> 30 lts) y una vez que la dieta haya sido balanceada para suministrar los requerimientos de ENI, se pueden sugerir las siguientes proporciones de carbohidratos:

NDF: 25-30 %

CNE: 35-40 %

Almidón: 30-40 %

Si se considera la degradabilidad ruminal, se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

Almidón degradable: 50-75 % del total

FDN degradable: 50-60 % del total

Carbohidratos degradables: 50-55 % del total

CONSIDERACIONES FINALES

Un balance inadecuado de la dieta compromete no sólo la producción en la presente lactancia sino la reproducción y la producción futura. La solución es una correcta caracterización de los nutrientes del alimento. Se debería al menos fraccionar la PB en RUP y RDP. La determinación adicional de NNP resulta de importancia sobretudo en los forrajes. Para poder predecir la respuesta animal y determinar el precio de la unidad de proteína, se debería además estimar la proteína digestible a nivel intestinal. Su uso debería ser sistemático no sólo en el cálculo de las dietas para rumiantes sino con mayor razón aún en otras especies de interés productivo. El análisis de los forrajes debería incluir no sólo una estimación de los componentes de la fibra, sino además de su digestibilidad. Este análisis permitiría asignar las pasturas y ensilajes a las distintas categorías de forma más racional para suplementar con el concentrado adecuado donde se obtenga una mayor eficiencia de conversión.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Broderick, G. A. 1997. Hay versus silage: what the cows said. *H. Dairyman*. Vol. 142 No.5:172.
- García, A. D., J. G. Linn, S. C. Stewart, J. D. Olson and W. G. Olson. 1997. Evaluation of milk urea nitrogen as a dietary monitor for dairy cows. *ADSA* (remitido para su publicación).
- García, A. 1996. Influencia del tipo de grano y su procesamiento sobre el aprovechamiento digestivo de la vaca lechera. VI Congreso Nacional de Veterinaria y I Congreso de Especialistas en Pequeños Animales. Montevideo, 13 al 15 de Noviembre de 1996.
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser (Eds.) *Forage Quality Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Nocek, J. E. 1986. Patent No. 4,615,891
- Sniffen, C. J. 1988. *Proc. Appl. Nutr. in Dairy Proc. Amer. Cy. Co.*
- Stern, M. D., S. Calsamiglia, and M. Endres. 1995. Estimates of ruminal degradability and post-ruminal digestibility of proteins. 4-State Applied Nutrition and Management Conference.
- Sutherland, T. M. 1988. Particle separation in the forestomachs of sheep. In: A. Dobson, and M. J. Dobson. (Eds.). *Aspects of digestive physiology in ruminants*, Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.
- Weiss, W. P. 1994. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser (Eds.) *Forage Quality Evaluation and Utilization*. Am. Soc. of Agron., Crop Sci. Soc. of America, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the ruminant*. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.