

EFECTO DE LA SINCRONIZACIÓN ENERGÍA-PROTEÍNA SOBRE LA PERFORMANCE ANIMAL

Fernández Mayer, Aníbal Enrique. 2001. Suplementos y suplementación energética y proteica. EEA INTA Bordenave. Capítulo I, 7-13.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Manejo del alimento](#)

INTRODUCCIÓN

El sistema a corral se diferencia del pastoril, tanto en la producción de leche como de carne, principalmente, porque en el primero se logra una adecuada sincronización energía-proteína del alimento. El animal, en este sistema, tiene acceso a una dieta cuyos componentes son mezclados, previamente, a través de un mixer denominado técnicamente como TRM -total de la ración mezclada-.

A lo largo de este capítulo describiremos los procesos que intervienen en el metabolismo animal y sus efectos sobre los parámetros productivos.

En el rumen, ocurren los primeros procesos digestivos que influirán sobre la performance del animal. Allí, los productos finales de la fermentación ruminal (ácidos grasos volátiles -AGV- y la proteína bruta microbiana -PBM-) abastecen entre el 70 al 80% de los requerimientos energéticos (Sutton, 1985) y entre el 40 al 80% de los requerimientos proteicos de un rumiante (Clark, 1988).

El crecimiento óptimo de los microorganismos ruminales (MR) estará relacionado, primariamente, con la cantidad y tasa de digestión de los carbohidratos (CHO) en el rumen (Hoover y Stokes, 1991) y con la disponibilidad de una fuente de nitrógeno (N) apropiado. Hasta el momento, se sabe que las grasas, de origen animal o vegetal 'tal cual', no proveen energía para el crecimiento de los MR. Sin embargo, la eficiencia de crecimiento microbiano puede incrementarse si se emplea una fuente de grasa 'protegida', como por ejemplo, las sales de calcio asociados a grasas (Erdman, 1995).

Varios estudios han demostrado que la alimentación con CHO rápidamente fermentables en el rumen, como ocurre con el grano de cebada o maíz con alta humedad -silaje de grano húmedo-, puede estimular la síntesis de la PBM respecto al grano de maíz o de sorgo seco (Aldrich et al, 1993).

Sin embargo, aquellas fuentes con CHO rápidamente fermentables pueden producir un descenso brusco del pH ruminal afectando la fermentación de los carbohidratos estructurales (CHOE) de la pared celular de los vegetales y el consumo de MS. Todo esto perjudicará la performance animal (Russell et al, 1992).

Como se mencionara anteriormente, los MR que degradan a los CHOE requieren, además de una fuente energética, un nivel adecuado de nitrógeno proporcionado por amonio (N-NH₃), péptidos o aminoácidos (AA) (Russell y Sniffen, 1984).

El ingreso de N-NH₃ a la célula microbiana dependerá, entre otras cosas, de la fuente proveedora de ese compuesto y del nivel energético del medio. Varios trabajos registraron una asimilación del amonio a la PBM entre el 80-85% con dietas rápidamente fermentables (cebada aplastada, alfalfa fresca, etc), pero solo se incorporó el 45-55% cuando se usó heno. Esto indica que la eficiencia de utilización del amonio es alta cuando los aportes energéticos son adecuados (Broster y Oldham, 1988).

Respecto al nivel óptimo de proteína dietaria degradable en rumen (PDR) que se requiere para proveer una apropiada concentración de N-NH₃, no ha sido definido aún con claridad. Hoover y Stokes (1991), sugieren que para no afectar la síntesis de PBM el nivel de PDR de la dieta debiera ser superior al 10-11 % (base seca). Es más, estos autores consideran que el máximo crecimiento de los MR se obtiene cuando el contenido de PDR oscila entre el 14 al 15% (base seca).

Asimismo, la tasa de absorción del amonio a través de las paredes de los microorganismos es dependiente del pH y de la concentración de amonio en rumen. La absorción es rápida a pH 6,5 o más alto, declina a medida que éste desciende, y se hace prácticamente nula con un pH de 4,5. Por otro lado, la absorción de amonio se incrementa a medida que aumenta la concentración ruminal de este compuesto. Sin embargo, se encontraron efectos tóxicos cuando las concentraciones de amonio superan los 100 mg/dl, el pH ruminal está por arriba de 8 y la concentración de amonio en el plasma sanguíneo es cercana a los 2 mg/ dl (Aldrich, 1998).

PROTEÍNA METABOLIZABLE

Se entiende por proteína metabolizable (PM), digestible en intestino delgado, a la sumatoria de la proteína digestible de origen microbiano (PMD) y la proteína dietaria indegradable en rumen 'by pass' (PDI).

En esta publicación se ha aceptado las definiciones de ambas proteínas propuestas por el AFRC, (1993).

A.- Proteína Microbiana Digestible (PMD):

Como su nombre lo indica es producto de la síntesis de microorganismos ruminales. Cerca del 25% de la proteína bruta microbiana (PBM) está compuesta por ácido nucleico, el cual no puede ser usado por el rumiante para sintetizar tejidos, leche, etc. Por lo tanto, la proteína microbiana digestible (PMD) es el 75% de la PBM y cuya digestibilidad intestinal es del orden del 85% (AFRC, 1993).

De estos términos se desprende la siguiente fórmula:

$$\text{PMD (gramos/día)} = 0.75 \times 0.85 \times \text{PBM} = 0.6375 \text{ PBM}$$

B.- Proteína Dietaria indegradable en rumen (PDI):

Es la fracción proteica del alimento que no ha sido degradada durante su paso por el rumen. La misma se caracteriza por su alta digestibilidad en el ámbito intestinal.

En síntesis, ambas fuentes proteicas generan la proteína metabolizable (PM) que el rumiante utilizará en su metabolismo (AFRC, 1993).

$$\text{PM (g/d)} = 0.6375 \text{ PBM} + \text{PDI}$$

En el cuadro 1 se detalla el nivel de proteína metabolizable de una serie de alimentos.

Cuadro 1.- Proteínas metabolizables de distintos alimentos (Adapt. de Aldrich et al, 1997).

Fuente	Proteína Met. de PDI (g/kg MS)	Prot. Met. de bact. Rum. (g/kg MS)	Total Prot. Met. (g/kg MS)	Prot. Met./kg PB (g/kg PB)
Harina de soja (48 % PB)	161,5	48,5	210	395,0
Harina de sangre	542,0	0,4	542,4	580,0
Corn Gluten Feed	344,0	39,5	383,5	590,0
Grano de maíz (seco)	34,4	67,0	101,4	546,6
Silaje de maíz	15,0	84,4	99,4	613,3
Silaje de alfalfa (20 % PB)	20,0	48,6	68,6	350,0
Heno de alfalfa (20 % PB)	50,0	46,3	96,3	480,0

Las fuentes ricas en carbohidratos (silaje de maíz, corn gluten feed, etc) aportan una mayor proporción de PM que las fuentes ricas en PB indegradable en rumen (PDI) (harina de sangre). Esto ocurre porque la proteína de origen microbiano (PBM) se incrementa a partir de aquellos alimentos al disponer de una mayor cantidad de cadenas carbonadas y de energía.

Algo similar se observa con el silaje de maíz respecto al silaje de alfalfa, donde el primero produce un mayor nivel de proteína metabolizable (en gramos PM/kg de MS o de PB) que el segundo. Este fenómeno es producto de la alta proporción de amonio que se genera en rumen, por hidrólisis de la proteína y el alto nivel de carbohidratos no estructurales degradables en rumen (CHNEDR) del silaje de Maíz mientras que el de alfalfa carece de un adecuado contenido de azúcares.

Existe una correlación positiva entre el consumo de MS y la proteína metabolizable de la dieta, y negativa con el contenido energético de la misma. Cuando la cantidad de forraje es limitante, la suplementación energética, y no la proteica, sería la alternativa más conveniente a fin de aumentar la producción de leche. Esto es debido a que una suplementación con proteínas 'by pass' aumentaría el consumo de forraje, el cual esta limitando, y no aportaría la energía que se requiere para producir un incremento en leche (Newbold, 1994).

BALANCE ENTRE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA

Como se anticipara en párrafos anteriores, existe una relación directa entre el contenido proteico y el energético de una ración para alcanzar un máximo aprovechamiento de ambos componentes.

La energía metabolizable (EM) de un alimento puede ser afectada significativamente por el nivel de consumo. A medida que se incrementa el consumo de MS se reduce la EM de la ingesta, producto de un aumento en la tasa de pasaje. Es decir, disminuye el tiempo de retención de la misma en el rumen (AFRC, 1993).

En estos casos, cuando el abastecimiento de energía es inadecuado, el animal recurre a la fermentación de la proteína verdadera dietaria para generar energía, incrementándose la producción de N-NH₃. Esta situación trae aparejado una disminución en la utilización de este compuesto y con él, una ineficiencia en el uso de la proteína verdadera dietaria al aumentar las pérdidas de nitrógeno vía urinaria.

Un proceso inverso ocurre en dietas con alta densidad energética, como los granos o concentrados. Con estos suplementos se requiere una menor ingestión de MS para satisfacer las demandas en energía metabolizable del animal. Por ello, en estos casos, se debe elevar el contenido proteico de la ración al disminuir el consumo de MS total (Broster y Oldham, 1988).

Si no se corrige esta deficiencia de nitrógeno respecto a los CHO se puede afectar la síntesis de proteína bruta microbiana (PBM) al generar un ambiente inapropiado, con exceso de acetatos y butiratos. Estos AGV pueden perderse, en gran parte, como calor -ciclo cítrico o krebs-, a nivel de las células microbianas (Nocek y Russell, 1988).

Todo indica que una óptima sincronización, en tiempo y forma, entre la CHO y PDR mejoraría la eficiencia y cantidad de PBM.

Broster y Oldham (1988) sintetizaron la relación entre el consumo de energía, medido en distintos parámetros, con la cantidad de proteína o nitrógeno microbiano sintetizado.

106 g PBM/kg de TND
200 g PBM/kg de materia orgánica digestible
1,37 g de nitrógeno microbiano/MJ EM

Lykos (1996) estudió, recientemente, «en laboratorio» distintos niveles de Carbohidratos no estructurales degradables en rumen (CHONEDR), desde 66.2 a 81.8%, usando corn steam flaked -maíz en copos tratados con vapor-. En este trabajo la PDR varió entre 57.9 a 68.1 % abastecida por porotos de soja tostados. La máxima producción y eficiencia de síntesis de PBM se alcanzó con 61.4% de PDR y 81.4% de CHONEDR. Este resultado es consistente con el trabajo «in vivo» realizado por Aldrich et al (1993) quienes encontraron, también, que la más alta producción de PBM respondió a dietas con el mayor nivel de PDR y CHONEDR. Entonces, se puede decir que existe una correlación positiva entre la síntesis de PBM, la digestión del alimento y el consumo de proteína dietaria degradable en rumen (PDR). Esto fue confirmado en un estudio llevado por Aldrich et al (1997) quienes hallaron que la digestión de la MS, la de los CHO y de la proteína, realizada por los microorganismos ruminales, aumentaba a medida que se incrementaba el nivel de PDR.

En síntesis, para un máximo crecimiento de los microorganismos ruminales se requiere un nivel adecuado de CHO estructurales y no estructurales con una fuente de PDR apropiado y, fundamentalmente, que exista un encuentro simultáneo de ambos componentes - metabolitos energéticos y proteicos-

Normalmente, en el sistema a corral se mezclan todos los ingredientes de la dieta en un mixer (TMR), llegando al rumen, en forma simultánea, los diferentes componentes del alimento. De esta manera y favorecidos por el sincronismo energía-proteína se desarrollan los distintos procesos metabólicos. Asimismo, se amortiguan las fluctuaciones del pH ruminal, mejorando el desarrollo de los microorganismos y con ellos, la digestión de la fibra (AGV).

Esto no ocurre en el sistema pastoril, donde es casi imposible que se produzca un encuentro simultáneo de los distintos componentes de la dieta, a nivel ruminal. Esta es una de las principales diferencias entre ambos sistemas, lo que ocasiona menores ganancias de peso o producciones de leche respecto al sistema anterior.

Recientemente, a diferencia de lo que se creía, se comprobó que la caminata no es la causa principal de la menor performance que se obtiene en el sistema pastoril. Esta conclusión es producto de un estudio realizado en la EEA INTA Balcarce por Di Marco y otros (1994), en forma experimental, con novillos sujetos a distintos esfuerzos. Estos autores comprobaron que las pérdidas de energía ocasionadas por las caminatas (con barro, plano inclinado, etc) no superaron el 8 al 12% de los requerimientos de mantenimiento.

Además, la sincronización energía-proteína se requiere, entre otras cosas, para una adecuada síntesis de proteína, tanto muscular, tisular como láctea, ya que éste es el proceso metabólico que tiene la mayor demanda de energía metabolizable (3 a 5 ATP/ cadena peptídica sintetizada) (Forbes and France, 1994).

Broster y Óldham (1988) estimaron que la necesidad proteica de una vaca lechera de mediana a alta producción es de 58.5 ± 1.82 gr. de proteína bruta digestible por Kg de leche producida, con un intervalo de confianza (P=0.05) entre 52.3 a 60 gr/Kg de leche.

Asimismo, habría una variación de los requerimientos de sincronización energía-proteína según el estado de la lactancia. En un estudio llevado a cabo por Paquay et al (1973) utilizando vacas lecheras, encontraron que la relación óptima energía-proteína disminuye con el tiempo a partir del parto (Cuadro 2).

Cuadro 2: Relación óptima Proteína: Energía en función de la fase de lactación

Meses de lactación	Relación óptima g Prot. Digestible/MJ EM
1 – 3 meses	13,75 g PD/MJ EM
4 – 5 meses	15,0 g PD/MJ EM
6 – 7 meses	10,6 g PD/MJ EM
8 – 9 meses	10,6 g PD/MJ EM
+ 10 meses	8,0 g PD/MJ EM
Promedio	12,5 g PD/MJ EM
Nota: 1 MJ = 4,73 Mcal - Fuente: Paquay et al, 1973.	

EJEMPLOS PRÁCTICOS DE SINCRONIZACIÓN ENERGÍA-PROTEÍNA

En la práctica, la sincronización entre la energía metabolizable y la proteína de la dieta puede mejorar significativamente la performance animal. A continuación se describirán algunos casos posibles de encontrar a nivel de campo.

1° caso: Pasturas o verdeos en otoño-invierno

Los verdeos o pasturas, especialmente en otoño-invierno, se caracterizan por tener un alto contenido proteico y rápidamente degradable en rumen. En este sitio se genera una alta proporción de compuestos nitrogenados solubles (N-NH₃, péptidos, NNP y AA).

Para captar ese nitrógeno disponible en rumen se debiera elegir una fuente rica en CHO. Este es el caso del maíz con alta humedad (silaje de grano húmedo), grano de cebada, de trigo o corn steam flaked que fermentan rápidamente; y liberan así los AGV necesarios para los distintos procesos metabólicos. Es importantísimo además, buscar que coincidan a lo largo del día dichos metabolitos proteicos y energéticos en los sitios correspondientes, rumen, intestino delgado o a nivel tisular.

2° caso: Silaje de maíz o sorgo

Cuando se dispone de silaje de maíz o sorgo (ricos en almidón y AGV, producto de las fermentaciones del silaje) se lo debiera combinar con una fuente que contenga un apropiado nivel de proteína degradable (PDR y NNP) como por ejemplo, los verdeos de invierno o pasturas. En tanto, los suplementos de origen vegetal posibles a usar, para corregir el desbalance existente, están las harinas de oleaginosas, como la de soja, girasol o colza. Y en los de origen animal, se destaca la harina de pescado que tiene alta proteína 'by pass', especialmente en vacas lecheras de alta producción.

3° caso: Pasturas en primavera

Si bien las pasturas en primavera -octubre y noviembre- tienen un adecuado balance entre los carbohidratos y la proteína soluble, en algunas oportunidades no son suficientes, como por ejemplo, cuando se trabaja con animales de altos requerimientos, vacas lecheras de alta producción (> 25 kg/d) o invernadas rápidas, especialmente si son animales jóvenes (250 kg pv/cab) con altas ganancias de peso (> 1.5 kg pv/d)

En estas situaciones, es necesario emplear algún suplemento corrector (rico en almidón y en proteína con bajo degradabilidad ruminal) en forma proporcional a las demandas de los animales. Por ejemplo, grano de maíz o sorgo y harinas de origen animal. Sin embargo, se han obtenido muy buenos resultados empleando otros granos y harinas de oleaginosas, como la de girasol o soja.

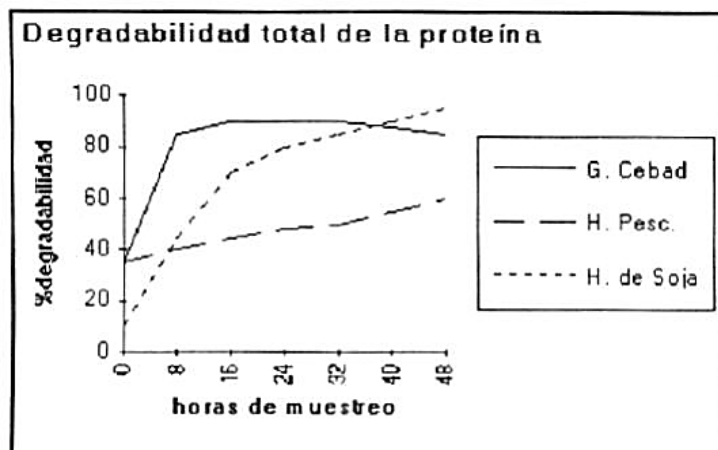
4° caso: Pasturas o verdeos en verano

En verano, las pasturas o verdeos se caracterizan por tener una alta proporción de fibra, la cual se lignifica con facilidad a medida que madura el cultivo, disminuyendo de esta forma la digestibilidad de la misma. Hasta el momento, la información es insuficiente sobre cual o cuales son los suplementos correctores más apropiados, sugiriéndose entre ellos, el henolaje de pastura o verdeos confeccionado en octubre-noviembre. También, existen algunos resultados promisorios con el empleo de suplementos proteicos con alta degradabilidad ruminal y en otros casos, con suplementos almidonosos -granos-. No obstante, se debe continuar trabajando en este tema para definir con mayor exactitud las posibles alternativas nutricionales a emplear.

EFFECTO DE LA TASA DE PASAJE SOBRE LA DEGRADABILIDAD DE LA PROTEÍNA Y DE LA MATERIA ORGÁNICA

La tasa de pasaje puede impactar fuertemente sobre la proteína dietaria, incrementando la proporción que escapa a la digestión ruminal. Broderick et al (1988) midieron la degradabilidad de varias fuentes proteicas «in vitro» e «in situ» obteniendo, por ejemplo, que la proteína dietaria indegradable en rumen (PDI) de la harina de soja era del 20% con una tasa de pasaje de 2%/hora. En cambio, cuando la tasa de pasaje era del 8%/hora la PDI ascendió al 47% (Figura 1).

Figura 1.- Degradabilidad ruminal de la proteína de la harina de soja, h. de pescado y grano de cebada
Fuente: Broderick et al (1988)



La tasa de pasaje del 2%/hora corresponde a un consumo de mantenimiento, 5% al consumo de terneros, novillos con altas ganancias de peso o vacas lecheras con producciones inferiores a los 15 kg/d. Mientras, que una tasa de pasaje del 80%/hora responde al consumo de una vaca lechera de alta producción (> 15 kg/d) (Colucci et al, 1982).

Asimismo, la digestibilidad ruminal de otros componentes de la dieta (los CHO no estructurales y la fibra) también es afectada por cambios en la tasa de pasaje.

FACTORES QUE AFECTAN LA DEGRADACIÓN DE LA PROTEÍNA EN EL RUMEN

a.- Estructura 3° de la proteína

La estructura 3° de una proteína es la forma o configuración que puede adoptar en el espacio.

Entre las uniones estabilizantes más fuertes que predominan en este tipo de estructura, se destacan las covalentes de 'puente de sulfuro'. Estas se caracterizan por ser menos accesibles al ataque de las enzimas proteolíticas, resistiendo a la degradación ruminal.

b.- Efecto de tratamientos químicos o con calor

Existen una serie de tratamientos químicos, como el formaldehído, que reduce la proteólisis. También, cuando se trata con calor (>80-100 °C) a la proteína de un alimento, se producen uniones con otros compuestos, es el caso de los CHO, disminuyendo significativamente la degradación ruminal.

La proteína dietaria tratada con cualquiera de los métodos señalados incrementa su pasaje llegando al intestino delgado, para su posterior digestión y absorción. Sin embargo, cuando se exceden los límites de protección, por temperaturas superiores a los 150 °C o dosis muy altas de formaldehído, se reduce la digestión de esa proteína en el intestino.

c.- Tiempo de retención en el rumen

Como se mencionara anteriormente, cuando se incrementa la tasa de pasaje de una ingesta, en otras palabras, menor tiempo de retención en el rumen, aumenta la porción proteico, microbiana y dietaria, que llega a intestino delgado.

d.- Efecto de la temperatura ambiental

El ambiente frío incrementa la tasa de pasaje del alimento. Se ha medido entre un 20 al 24% de aumento en la tasa de pasaje de la proteína de origen dietario no degradable en rumen y de la microbiana, en ovinos alimentados con heno de alfalfa, cuando los animales fueron expuestos a temperaturas frías (Sotter, 1988).

e.- Efecto de la alimentación

Cuando se usan dietas que reducen el pH ruminal, como por ejemplo niveles de concentrados por arriba del 1-1,5% p.v., acompañados a veces por altos consumos de MS, se reduce la proteólisis y la actividad de los microorganismos del rumen, alterando la solubilidad y la degradación de la proteína en ese sitio.

f.- Efecto de la temperatura de almacenaje

Durante el almacenaje de granos, es común que por efecto de la humedad o del aire, se eleve la temperatura de los mismos. En estas condiciones se reduce la degradabilidad de la proteína y su posterior aprovechamiento. En muchos casos, al igual que ocurre con la sobreprotección de las proteínas por efecto del calor, se pueden generar enlaces resistentes con los CHO, disminuyendo notoriamente su digestión intestinal.

CONCLUSIÓN

Los factores que afectan la sincronización energía-proteína son variables y complejas. Queda por delante un verdadero desafío. De su interpretación y ajuste dependerá gran parte de los resultados productivos y económicos del sistema pastoril.

El potencial productivo de los animales en este sistema todavía no se conoce. Por ello, en la medida que se mejore la calidad y sincronización de los alimentos, en tiempo y forma en el rumen, se obtendrán ganancias de peso o producciones de leche significativamente superiores a las actuales.

Volver a: [Manejo del alimento](#)