

Aprovechamiento nutritivo de la proteína en cabras con y sin exclusión de la región retículo ruminal

M. L. Murillo, M. S. Campos, F. J. Mataix,* y A. Murillo †

Departamento Interfacultativo de Fisiología Animal
Universidad de Granada (España)

(Recibido el 22 de febrero de 1978)

M. L. MURILLO, M. S. CAMPOS, F. J. MATAIX y A. MURILLO. *Protein Nutritive Utilization in Goats with and without Exclusion of Rumen and Reticulum*. Rev. esp. Fisiol., 35, 279-284. 1979.

The digestive utilization of protein in fistulated goats has been studied through a system of three cannulae. The protein digestibility coefficient is greater with casein in the rumen than with it in the abomasum, explainable by a higher ammonium production. On the other hand, with casein in the abomasum the duodenal digest contains more protein, and aminoacid composition improves in quality and quantity.

The differences found in the above mentioned results are mainly due to a rumen bacterial action upon aminoacids and the subsequent absorption of the ammonium formed.

La utilización por parte de los rumiantes de los distintos nutrientes, hace de estos animales uno de los modelos más representativos desde el punto de vista de eficacia digestiva, la cual se debe a las peculiaridades de la dinámica del nitrógeno. Las proteínas alimentarias y otras fuentes nitrogenadas no proteicas son utilizadas por la microflora y microfauna de la zona retículo ruminal, siendo más o menos directamente transformadas en proteínas, previa síntesis de los distintos aminoácidos.

Estos fenómenos de metabolismo proteico que ocurren a nivel retículo rumi-

nal suponen una clara diferencia respecto de animales de estómago simple, en tanto es un paso más, previo a los sucesos digestivos que ocurren en intestino delgado. Este hecho plantea un problema al que se ha intentado aproximarse con este trabajo: si la proteína de la dieta se comporta a nivel digestivo de manera similar a cuando se incorpora a distintos niveles del estómago compuesto de los rumiantes.

Por otra parte, los estudios de digestibilidad en animales han permitido modernamente incidir en la rentabilidad que desde el punto de vista de la nutrición supone emplear proteínas muy buenas para acelerar el crecimiento. La aplicación de esta idea a rumiantes es dudosa, debido a que el sistema ruminal, que es

* Dirección actual: Departamento de Fisiología. Facultad de Veterinaria. León.

un «mejorador» de la calidad nutritiva del nitrógeno, puede actuar de forma contraria sobre proteínas de calidad muy alta.

Para obviar este problema, se está hablando de alimentar a los rumiantes adicionando a su dieta habitual «proteínas protegidas» o «entéricas» (5, 13).

Los hechos expuestos han llevado a proyectar este trabajo que intenta estudiar algunos aspectos del comportamiento digestivo para la proteína del rumiante, a partir del abomaso, es decir, haciendo que el rumiante actúe como animal de estómago simple.

Material y métodos

Se han utilizado cabras hembras, raza granadina, en el último estadio de crecimiento, de un peso medio de 18 kg. La preparación quirúrgica a que se sometieron los animales consistió en un sistema de tres fistulas: una ruminal, que permitió introducir caseína en el rumen, así como poder determinar pH y estudiar procesos fermentativos; otra abomasal, que se empleó para situar esta proteína a ese nivel, salvando con ello la acción ruminal; por último, una duodenal, que permitió controlar la composición de la digesta (9). Los animales se mantuvieron en células individuales de metabolismo, que permitió recoger por separado heces y orina, así como controlar la ingesta.

En los doce experimentos practicados, los animales ingirieron una dieta de cebada (proteína, 11,3 %; grasa, 1,9 %; cenizas, 7,5 %; fibra, 48,8 %). La dieta, el agua y complejo vitamínico mineral se suministró *ad libitum*.

Se han llevado a cabo un total de 12 experimentos divididos en tres grupos: 0 (control) R y A. En los cuatro experimentos R, las cabras recibieron durante el período experimental 5 g de caseína diarios a través de la fistula ruminal y en los cuatro experimentos A, igual cantidad de caseína pero a través de la fistula abomasal.

Los ensayos comenzaron tras un período de ayuno de 14 horas, con un período de adaptación del animal a la dieta y a las condiciones experimentales de cinco días, seguido del período propiamente experimental de otros cinco.

Durante el período experimental, la recogida de heces se realizó sistemáticamente cada día. Al finalizar el citado período, se mantuvieron las condiciones dietéticas y experimentales, recogándose muestras seriadas de contenido duodenal (una cada hora, durante las doce horas que siguen a la comida y a la introducción de la caseína por las fistulas ruminal o abomasal), que no podían obtenerse anteriormente para no afectar los estudios de digestibilidad.

Las técnicas analíticas utilizadas han sido: proteína, mediante el método de Kjeldahl; grasa, por extracción en Soxhlet; humedad por desecación a 105° C; cenizas, por calcinación a 650° C; fibra, por el método de Weende.

La determinación de proteína soluble e insoluble del contenido duodenal se lleva a cabo tomando una parte alícuota, a la que se adiciona un peso igual de CINA al 10 %. Se homogeneiza y filtra. La mitad del volumen filtrado constituye el contenido duodenal soluble. El peso de sustancia desecada que permanece en el filtro es el contenido duodenal insoluble. En ambas fracciones se determina la proteína.

La determinación cuali y cuantitativa de los aminoácidos del contenido duodenal se ha realizado por cromatografía mediante previa hidrólisis ácida con ClH 6 N según el método de SCHRAM (12).

La determinación del contenido en aminoácidos totales (aminograma) se realizó mediante cromatografía en columna utilizando un analizador automático de aminoácidos «Unichrom» según la técnica de MOORE y STEIN (8).

Para la determinación de NH₃ libre en el contenido ruminal y abomasal se toma una pequeña cantidad de contenido y,

previo filtraje a través de una gasa, se mide el pH. Posteriormente se le adiciona ClH 0,2 N para evitar la pérdida de NH_3 . La muestra se destila en Büchi previa adición de tetraborato sódico. El destilado se recoge en un erlenmeyer con ácido bórico al 1 % e indicador. Posteriormente se titula con ClH 0,01 N hasta el viraje del indicador, expresándose los resultados en mg N/100 ml de contenido ruminal o abomasal.

En todos los experimentos se han determinado los siguientes parámetros: ingesta de proteínas y aminoácidos, excreción fecal de proteínas, relación proteína soluble/proteína insoluble y coeficiente de digestibilidad. Se ha establecido asimismo la composición en aminoácidos del contenido duodenal, pH y NH_3 de contenido ruminal y abomasal.

Resultados y discusión

El coeficiente de digestibilidad de la proteína es más alto cuando la caseína se introduce en el rumen que cuando se ingresa en el abomaso (fig. 1), sin embargo, hay que tener en cuenta que el concepto de digestibilidad de la proteína en rumiantes necesita matización.

Teniendo en cuenta que este coeficiente de digestibilidad se calcula a partir del nitrógeno ingerido y nitrógeno fecal, cuando un aminoácido se rompe en fracciones sin gran interés nutritivo proteico, aunque absorbibles, se consideran como nitrógeno proteico absorbido; y, lo que es más importante, cuando un aminoácido es desaminado (no disponible) el amoníaco formado y absorbido se incluye asimismo en el concepto «aminoácido o proteína absorbida». Creemos que, dada la capacidad de la caseína para originar NH_3 en el rumen, pero no en el abomaso, el coeficiente de digestibilidad de la caseína introducida en el rumen está elevado precisamente por la absorción del nitrógeno proteico como NH_3 .

Así, la adición de una proteína de gran calidad, como la caseína, a una dieta vegetal para rumiantes, no significa ventaja para su nutrición, al menos desde el punto de vista del coeficiente de digestibilidad de la proteína. Esto está de acuerdo con la conclusión de que el valor nutritivo de la caseína es semejante al de la proteína microbiana (6, 7, 10) en la que en gran parte se convierte tanto la proteína vegetal como la caseína.

Una elevada proporción de NH_3 producido en el rumen llega al abomaso (tabla I) convirtiéndose en ClNH_4 por la acción del ClH gástrico, y cuando la caseína se introduce en el rumen, una mayor proporción de su nitrógeno alcanza el duodeno en forma soluble. La figura 1 confirma e ilustra este punto, observándose una elevación del cociente proteína soluble/proteína insoluble del contenido duodenal cuando la caseína se introduce en rumen respecto a cuando es introducida

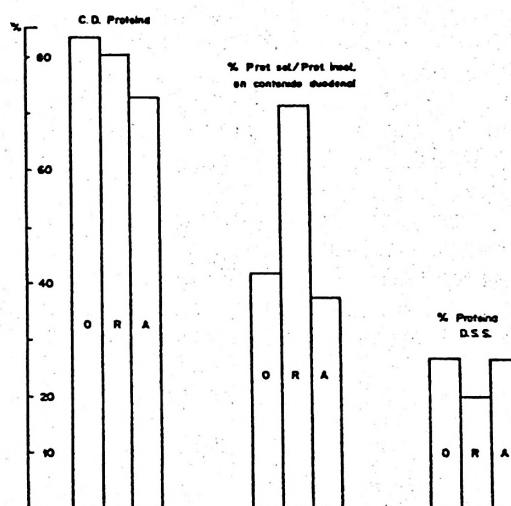


Fig. 1. Utilización de la proteína en cabras fistulizadas.

O. Alimentación oral con dieta base (cebada y paja); R. Se introducen 5 g de caseína en rumen; A. Como en O, más 5 g de caseína en abomaso; D.S.S. Contenido duodenal expresado en sustancia seca.

Tabla I. Contenido de amoníaco libre (mg %) y pH del rumen y abomaso de cabras alimentadas con dieta vegetal y caseína.

HORA	RUMEN		ABOMASO	
	pH	NH ₃ libre	pH	NH ₃ libre
9	6,7±0,2	68,9±3,5	2,7±0,1	46,6±1,2
10	6,8±0,1	64,7±3,2	2,5±0,1	45,0±2,0
10 h 10 min Comida y administración de caseína en rumen.				
11	6,2±0,1	113,9±5,1	2,7±0,1	42,2±2,1
12	6,5±0,1	151,9±6,1	3,3±0,2	56,2±2,3
13	6,7±0,1	166,0±7,2	3,3±0,2	—
14	6,7±0,2	166,0±7,1	4,0±0,1	63,3±2,5
15	6,8±0,1	180,8±8,0	4,9±0,1	67,5±2,4
16	6,9±0,1	—	5,9±0,2	90,0±4,0
17	6,9±0,2	—	6,4±0,1	112,5±4,5
18	—	—	6,7±0,1	118,2±4,2

en abomaso. Hay que tener en cuenta, no obstante, que una gran parte del NH₃ producido en el rumen es absorbido a este nivel y por tanto no alcanza al duodeno. Cuando la caseína se introduce en el abomaso como polvo en suspensión salina, tiene menos posibilidades de solubilizarse que la caseína proveniente del rumen, donde es atacada y disuelta. Esta parece la razón principal de las diferencias en la relación proteína soluble/proteína insoluble en el duodeno. La menor solubilización relativa de la caseína, cuando ésta se introduce directamente en el abomaso, debe contribuir también al descenso de su C.D. En apoyo de esta interpretación están los trabajos de BLAXTER y MARTIN (2).

A pesar del mayor coeficiente de digestibilidad de la proteína cuando la caseína se introduce en el rumen, esto no significa necesariamente una ventaja, pues el contenido de proteína de la digesta duodenal es menor que cuando la caseína se introduce a nivel abomasal, lo cual estaría de acuerdo con lo indicado anteriormente, de que gran parte de la proteína

da, como uno de los productos resultantes, NH₃, y éste se incluye en el cálculo del coeficiente de digestibilidad, en lugar de proteína. No sucede así cuando la caseína se introduce en el abomaso, lo que permite insistir en que el ingreso de caseína en el rumen ocasiona pérdida de su calidad nutritiva porque parte del nitrógeno proteico se convierte en compuestos que no son aminoácidos disponibles y que se absorben antes de llegar al abomaso, disminuyendo la absorción absoluta de aminoácidos por disminuir el aporte de péptidos al duodeno, lo que es congruente con los datos bibliográficos experimentales de CHALMERS *et al.* (3).

Que la introducción de caseína en el abomaso es ventajosa, sobre el suministro de la misma a nivel ruminal, se ve apoyada cuando se consideran tanto la cantidad como la calidad de aminoácidos presentes en el contenido duodenal, en los tres regímenes alimenticios (tabla II).

El contenido duodenal de prolina, histidina, lisina, arginina, ácido glutámico, metionina, valina, leucina y fenilalanina es inferior cuando la caseína se introduce en

Tabla II. Aminogramas del contenido duodenal.

Aminoácido	Experimento O (g/16 g N)	Experimento R (g/16 g N)	Experimento A (g/16 g N)
Aspártico	12,1±1,0	20,6±1,2	9,6±0,6
Treonina	4,0±0,5	6,9±0,4	4,3±0,2
Serina	3,9±0,3	5,0±0,3	5,3±0,3
Glutámico	14,8±1,2	13,5±0,6	16,5±0,7
Prolina	3,3±0,2	4,2±0,3	7,7±0,5
Glicina	4,6±0,2	6,0±0,4	3,4±0,2
Alanina	5,9±0,3	4,5±0,2	4,5±0,3
Valina	4,5±0,3	3,9±0,2	6,5±0,4
Metionina	1,4±0,1	1,8±0,1	2,4±0,1
Leucina	4,3±0,2	4,8±0,2	7,2±0,4
Isoleucina	5,7±0,3	6,6±0,3	6,2±0,4
Tirosina	3,9±0,2	4,2±0,2	4,7±0,2
Fenilalanina	4,1±0,3	3,9±0,2	4,5±0,2
Lisina	3,7±0,1	3,3±0,1	3,8±0,1
Histidina	1,1±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1
Arginina	4,1±0,2	3,6±0,2	3,9±0,2

el rumen que cuando se introduce en el abomaso, lo que en conjunto indica su destrucción por la flora ruminal. El ácido aspártico, la glicocola y la treonina son más abundantes cuando la caseína se introduce directamente en el rumen, lo que, en general, significa síntesis de los mismos por las bacterias ruminales.

Estos resultados apoyan nuevamente que la caseína es grandemente modificada por la flora ruminal. La destrucción de aminoácidos en el rumen coincide con una alta producción de NH_3 y una elevación del pH ruminal; estos efectos son también patentes en el contenido del abomaso pero con un retraso de varias horas, que evidentemente es el tiempo de tránsito rumino-abomasal (fig. 2). En consecuencia, el ataque de la mayoría de los aminoácidos en el rumen convierte en NH_3 el nitrógeno proteico de la caseína; esta modificación afecta a muchos aminoácidos esenciales, entre ellos la metionina, cuyas pérdidas son muy de lamentar ya que los aminoácidos azufrados suelen ser limitantes en la nutrición de los rumiantes (1, 4). REIS y SCHINKEL (11), han obtenido mayor crecimiento de lana en oveja, que recibían una infusión abomasal de caseína, lo que está de acuerdo con el aumento de metionina que hemos encontrado en la digesta duodenal en condiciones experimentales semejantes.

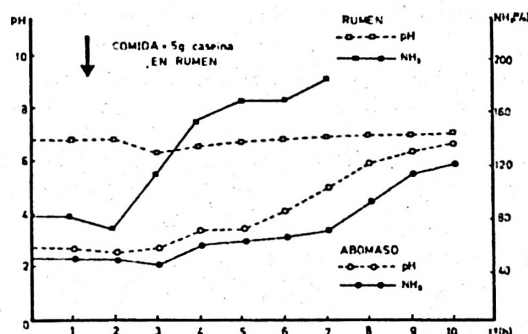


Fig. 2. Cambio de pH y contenido en amoníaco libre del rumen y abomaso de cabras alimentadas con dieta vegetal y caseína.

Los aumentos de aspártico, glicocola y treonina expresan la capacidad biosintetizadora de las bacterias del rumen, capacidad que no puede compensar los efectos negativos de la destrucción de otros aminoácidos.

En conclusión, cuando se introduce caseína en el abomaso, salvando la barrera ruminal, la digesta duodenal contiene más proteína y aminoácidos en cantidad y calidad, que indica una potencialidad nutritiva superior a la que se obtiene introduciendo caseína en el rumen y, en consecuencia, a la que se obtendría por ingestión oral de caseína, es decir, que la adición de una proteína de buena calidad a la dieta de rumiantes no significa una ventaja nutritiva.

Resumen

Se estudia en cabras, mediante un sistema múltiple de tres cánulas, la utilización digestiva de la proteína.

Se ha encontrado que el coeficiente de digestibilidad de la proteína es superior cuando la caseína se introduce en el rumen, que cuando se suministra a nivel del abomaso, lo que se explica por una mayor producción de amoníaco.

Cuando se introduce caseína en el abomaso, salvando la barrera ruminal, la digesta duodenal contiene más proteína y aminoácidos en cantidad y calidad, lo que indica una potencialidad nutritiva superior a la que se obtiene introduciendo caseína en el rumen y, en consecuencia, a la que se obtendría por ingestión oral de caseína. Las diferencias se deben fundamentalmente a la desaminación y destrucción de aminoácidos por la flora bacteriana y a la posterior absorción de gran parte de nitrógeno proteico como amoníaco.

Bibliografía

1. BLACK, A. L., KLEIBER, M., SMITH, A. H. y STEWART, D. N.: *Biophys. Acta*, 23, 54-59, 1957.
2. BLAXTER, K. L. y MARTIN, A. K.: *Brit. J. Nutr.*, 16, 397-407, 1962.

3. CHALMERS, M. I., CUTHBERTSON, D. P. y SINGE, R. L. M.: *J. Agric. Sci.*, **44**, 254-262, 1964.
4. DOWNES, A. M.: *Austral. J. Biol. Sci.*, **14**, 254-259, 1961.
5. FERGUSON, K. A., HENESLEY, J. A. y REIS, P. J.: *Austral. J. Biol. Sci.*, **30**, 215-217, 1967.
6. JOHNSON, B. C., HAMILTON, T. S., ROBINSON, W. B. y GAREY, J. C.: *Animal Sci.*, **3**, 287-297, 1944.
7. MCNAUGHT, M. L., SMITH, J. A. B., HENRY, K. M. y KON, S. K.: *Biochem. J.*, **46**, 32-36, 1950.
8. MOORE, S. y STEIN, W. H.: *J. Biol. Chem.*, **211**, 893-906, 1954.
9. MURILLO, M. L., CAMPOS, M. S., MATAIX, F. J. y MURILLO, A.: *An. Inst. Invest. Veterin.* 1978 (en prensa).
10. REED, R. M., MOIR, R. J. y UNDERWOOD, E. J.: *Austral. J. Sci. Res., B.*, **2**, 304-317, 1949.
11. REIS, P. J. y SCHINKEL, P. G.: *Austral. J. Agric. Res.*, **12**, 335-352, 1961.
12. SCHRAM, C. S.: *Anal. Chem. Acta*, **9**, 149-162, 1953.
13. ZELTER, S. Z. y LEROY, F. Z.: *Tierphysiol. Tierernachr. Füttermittelk.*, **22**, 39-50, 1966.