

Nuevas técnicas para la valoración de la hierba y los forrajes para los rumiantes^(*)

D. F. OSBOURN

The Grassland Research Institute. Hurley, Inglaterra

V. GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Instituto de Alimentación y Productividad Animal. C.S.I.C. Madrid

RESUMEN

Se discute la valoración de los forrajes como fuente de energía y proteína para los rumiantes, con especial hincapié en la necesidad de desarrollar métodos simples para la predicción de la digestibilidad de estos constituyentes y la forma en la que son absorbidos. El procedimiento de TILLEY y TERRY es, en efecto, valedero en la práctica, pero no ofrece unas bases sólidas para predecir los cambios en la digestibilidad originados por la molienda, la administración de raciones con grandes porcentajes de almidón o por niveles altos de alimentación. Se sugieren algunos métodos químicos basados en la determinación de los constituyentes celulares totales usando los procedimientos de extracción con detergentes de VAN SOEST como base más exacta para la predicción de la digestibilidad. Estos métodos presentan la ventaja de que, como se ha demostrado, la ingestión diaria de forrajes está muy relacionada ($r = -0,88$) con el contenido en protoplastos del forraje.

La necesidad de cuantificar los productos finales de la digestión en los rumiantes, usando corderos con cánulas reentrantes y relacionar estos datos con las características físicas y químicas de la ración, se exponen como algo necesario para afinar en el sistema de valoración de forrajes basado en la energía metabolizable. Las mismas técnicas se usan para demostrar la escasez de relaciones entre la proteína

(*) Trabajo presentado a la X Reunión Científica de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal. S.I.N.A. Málaga, diciembre 1972.

digestible y la cantidad de aminoácidos absorbidos por el cordero e indicar la necesidad de predecir cuantitativamente los procesos que ocurren en el rumen durante la fermentación.

INTRODUCCIÓN

Los prados y los cultivos forrajeros, tanto si se pastan como si se siegan para suministro a pesebre, o se conservan (heno, ensilado), constituyen la principal fuente de energía y proteína para los rumiantes.

Su valor energético neto o energía disponible para mantenimiento y producción se obtiene mediante los clásicos balances, en los cuales la suma de la energía perdida en las heces, orina, metano y como calor corporal se restan de la energía bruta o calor de combustión. Como por razones técnicas solamente es posible realizar una pequeña cantidad de balances energéticos, se han establecido unas relaciones empíricas para calcular las pérdidas en forma de metano y de calor, con lo cual, aplicando los resultados a una mayor cantidad de determinaciones analíticas, se puede hallar el valor energético o el equivalente almidón de un mayor número de muestras de hierba o de forraje. Existen tablas de esta naturaleza para gran número de subproductos, pero la enorme variación de la calidad de la hierba y de los forrajes obliga al ganadero o técnico que pretende racionar de modo correcto a determinar el valor energético de aquéllos. Esto puede hacerse con un método muy simple, que consiste en realizar el análisis químico del forraje y, por medio de algún procedimiento de laboratorio indirecto, estimar su digestibilidad aparente para poder deducir a partir de estos datos el valor de la energía neta.

El valor de un forraje como fuente de proteínas está generalmente definido por el contenido en proteína aparentemente digestible, deducido de la relación con el porcentaje de proteína bruta.

Conocidas las cantidades de energía y de proteína de los alimentos, éstos se pueden combinar en una ración que satisfaga las necesidades del animal a un coste mínimo. Habitualmente el técnico comprueba si el animal está consumiendo lo suficiente para satisfacer sus necesidades totales, empleando tablas que indican las necesidades de los animales en sustancia seca teniendo en cuenta las limitaciones que impone la concentración de energía sobre la ingestión máxima voluntaria.

Por consiguiente, cuando se pretende que los rumiantes hagan un uso óptimo de la hierba y de los forrajes, el técnico empieza con un análisis químico y métodos de laboratorio indirectos para determinar la energía y la proteína digestibles, y sabido esto, continúa usando tablas diseñadas empíricamente por medio de balances energéticos para determinar la energía neta, adaptando las necesidades de los animales a ésta, usando posteriormente una información muy limitada en lo que se refiere a la probable ingestión máxima voluntaria.

Es, pues, el propósito de este trabajo examinar y discutir algunas de las nuevas técnicas disponibles para la valoración de los forrajes e indicar hasta qué extremo pueden despejar las dudas de las técnicas existentes para, con posteriores estudios, quizás sustituir o al menos mejorar las técnicas actuales.

ANÁLISIS QUÍMICO

La técnica analítica de WEENDEE, diseñada por HENNEBERG y STOHRMAN en 1860, se ha conservado, desgraciadamente, como una reliquia en las leyes que regulan el mercado de los alimentos para el ganado. Su mayor error está en la poca clara descripción de la naturaleza fibrosa de la muestra que resulta del análisis de fibra bruta (F.B.). Las paredes celulares (P.C.) de las plantas comprenden hemicelulosa y celulosa incrustada de lignina y, en muchas ocasiones, cantidades importantes de sílice; además es muy importante en la valoración del material herbáceo el contenido de las paredes celulares (C.P.C.), más propiamente denominado protoplastos. La fibra bruta de WEENDEE comprende la celulosa y aquellas porciones de la hemicelulosa y lignina no solubles en las extracciones ácida y alcalina usadas para aislarla. Debido a que parte de la hemicelulosa y de la lignina se disuelven por estos procedimientos —y como consecuencia son estimados como componentes no fibrosos—, la fibra bruta desestima el verdadero contenido de las paredes celulares. Más aún, debido a que la relación de hemicelulosa, celulosa y lignina incluidas en las paredes celulares varía según las especies y estado de madurez, no existe una correlación muy alta entre fibra bruta y paredes celulares.

La definición de paredes celulares (P.C.) como el residuo que queda después de la extracción con una solución neutro-detergente, desarrollado por VAN SOEST y WINE (15), aísla perfectamente esta fracción, permite después separar cuantitativamente sus constituyentes y obtener por diferencia los protoplastos (P) o contenidos celulares (100-PC). Esta partición en paredes celulares y protoplastos tiene numerosas ventajas teóricas. Los componentes protoplásticos son casi el 100 % digestibles y solamente aparecen en las heces como resultado de las fermentaciones microbianas y de las pérdidas metabólicas de tejidos y de jugos digestivos en el intestino. La digestibilidad de esta fracción (contenidos celulares) como el 98 % y la porción aparentemente digerida puede deducirse de la siguiente ecuación:

$$(I) \text{ Protoplastos digestibles (g/100 g. s.s.)} = 0,98(100\text{-PC})\text{-M}$$

donde M es la excreción metabólica fecal de contenidos celulares por 100 g/s.s. consumidos, que para los corderos se aproxima a 12,9 (14). OSBOURN y col. han desarrollado una ecuación muy semejante para forrajes de tipo mediterráneo (9) (fig. 3).

Por el contrario, la digestibilidad de la fracción paredes celulares (P.C.) es variable, dependiendo de su grado de lignificación, del nivel de alimentación, forma física y algunos otros componentes de la ración.

Está perfectamente establecido que la digestibilidad de la materia orgánica de los forrajes disminuye cuando la ingestión es muy grande, cuando se muelen muy finamente o por la inclusión de concentrados (granos) en la ración. Una predicción exacta del valor de esta disminución de la digestibilidad del forraje solamente será posible cuando las investigaciones en curso hayan establecido la verdadera relación entre la digestibilidad de las paredes celulares y aquellos factores, ya que solamente aquella está sujeta a variaciones sustanciales.

La ingestión voluntaria de forrajes por los rumiantes mantiene una re-

lación positiva con la proporción de energía digestible del forraje. El hecho de que los animales consumen mayor cantidad de leguminosas y de ballico italiano que de ballico perenne de la misma digestibilidad se explica porque los primeros contienen menos proporción de paredes celulares. Existe un coeficiente de correlación negativo muy significativo ($r = -0,88$) entre la ingestión voluntaria de materia orgánica y el contenido en paredes celulares, lo que nos indica que la ingestión de los forrajes está limitada principalmente por aquéllos (OSBOURN, 1970).

En consecuencia, la técnica que da la fibra neutro-detergente (FND) al escindir la sustancia seca del forraje en dos partes distintas —paredes celulares y protoplastos o contenidos celulares— proporciona unas bases lógicas para el examen y predicción de las variaciones en la digestibilidad que se dan en la práctica, al mismo tiempo que permite una valoración de la ingestión relativa de los diferentes forrajes.

MÉTODOS DE LABORATORIO PARA LA PREDICCIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES

La técnica de digestibilidad «in vitro» desarrollada en Hurley por TILLEY y TERRY (13) ha proporcionado un método interesante y exacto para estimar la digestibilidad aparente de la sustancia seca, o de la materia orgánica, cuando el forraje se suministra en forma larga a los rumiantes a niveles de mantenimiento. Sin embargo, es un procedimiento caro. Las técnicas de digestibilidad basadas en la riqueza en fibra ácido-detergente de los forrajes son mucho más simples, más baratas y suficientemente fidedignas, suponiendo que los materiales a examinar estén bien definidos. La relación es, sin embargo, teóricamente poco consistente y no proporciona bases químicas para su futuro desarrollo.

El procedimiento de las dos ecuaciones desarrolladas por VAN SOEST (14) está basado en la partición de la sustancia seca de la planta en paredes celulares y protoplastos (contenidos celulares). De las ventajas de esta partición para el desarrollo futuro ya se ha hablado, así como de la ecuación para valorar la digestibilidad aparente de los protoplastos. La cantidad de paredes celulares digestibles viene dada por el producto paredes celulares por coeficiente de digestibilidad de las mismas, siendo este último una función del grado de lignificación, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$(II) \text{ Digestibilidad de las paredes celulares} = P.C. (1,473 - 0,789) \log \frac{LAD \times 100}{FAD}$$

donde LAD y FAD son la lignina insoluble en ácido y la fibra ácido detergente del forraje.

La digestibilidad aparente de la sustancia seca se calcula entonces sumando las digestibilidades de los contenidos celulares (I) y de las paredes celulares (II). Este método para predecir la digestibilidad fue comprobado recientemente en Hurley por OSBOURN y col. (9) y figura 4, encontrándose que era ligeramente menos exacto que el procedimiento «in vitro», pero más adecuado que las estimaciones basadas en las cantidades de fibra ácido detergente y merecedor de más atención y posteriores estudios (figs. 1 y 2).

RELACION ENTRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA SUSTANCIA SECA
DETERMINADA "in vitro" e "in vivo"

$$(1) \text{ D.S.S.} = 0,26 + 1,01 \text{ D.S.S.}(\text{in vitro})$$

D.E. $\pm 1,468$

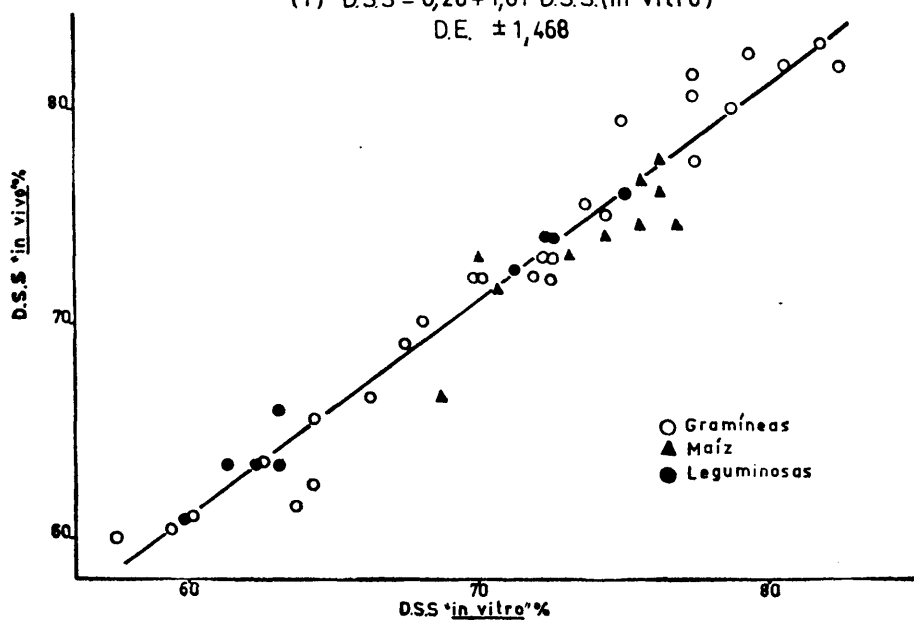


Fig. 1

RELACION ENTRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA SUSTANCIA SECA
DETERMINADA "IN VIVO" Y LA DEDUCIDA DE LA ECUACION DE
van SOEST

$$(2) \text{ D.S.S.} = 11,32 + 0,850 \text{ D.S.S.}(\text{van SOEST})$$

D.E. $\pm 2,163$

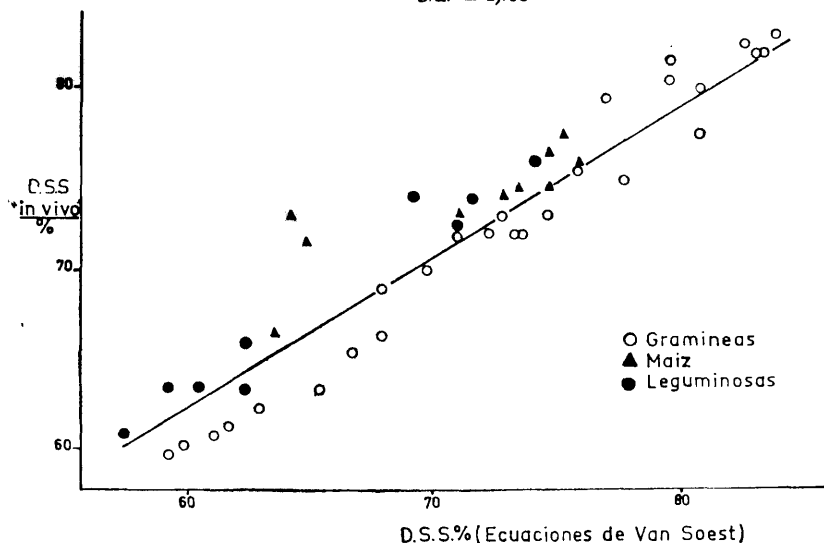


Fig. 2

USO DE CÁNULAS REENTRANTES EN EL INTESTINO
PARA INVESTIGAR LAS TRANSFORMACIONES
QUE OCURREN EN EL RUMEN Y LOS PRODUCTOS
FINALES DE LA DIGESTIÓN

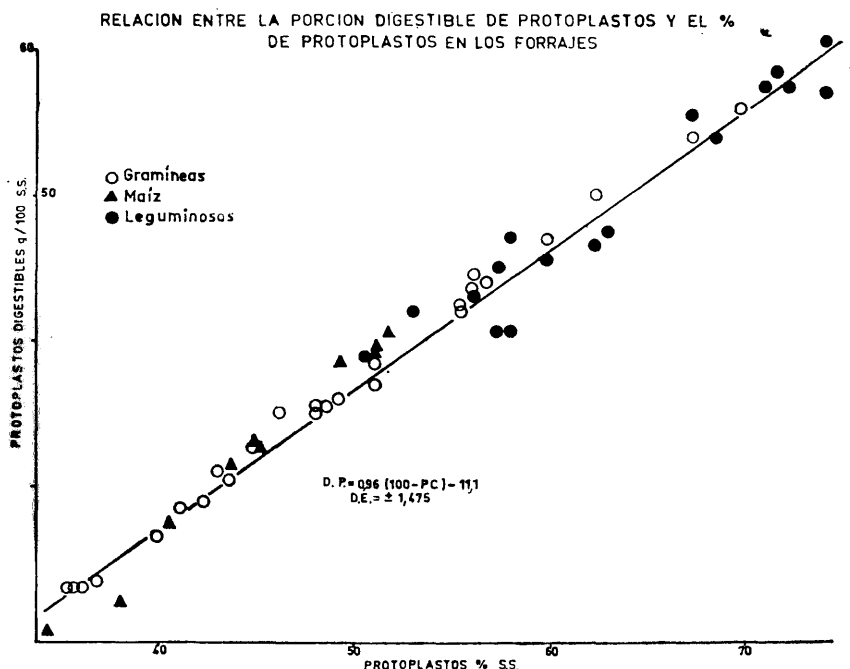
Las fermentaciones anaerobias en el rumen dan como resultado la hidrólisis del almidón y de los polisacáridos de las paredes celulares para convertirlas en azúcares, y entonces, por medio de la reacción de EMBDEN-MAYERHOF, pasar a piruvato; al mismo tiempo, la degradación de la proteína produce amoníaco. Este proceso proporciona una energía que es empleada para sintetizar el protoplasma microbiano y producir ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), metano, amoníaco y calor ocasionado por el crecimiento microbiano (calor de fermentación). Los ácidos volátiles y el amoníaco son absorbidos por el animal, mientras que el metano y el calor se contabilizan como pérdidas debidas al metabolismo microbiano y protozoario del animal. El protoplasma microbiano está compuesto de proteína, lípidos y algunos polisacáridos, junto con constituyentes vegetales sin degradar, que pasan al intestino delgado, donde las proteínas se hidrolizan para formar aminoácidos y se absorben junto con una porción de la fracción lípida y de la glucosa derivada de polisacáridos alfa que escapan a la fermentación y a la síntesis en el rumen. Posteriormente, las fermentaciones anaerobias que ocurren en el íleo terminal y en el ciego dan resultados muy similares a los que ocurren en el rumen, excepto en lo que respecta al protoplasma microbiano, que una vez sintetizado se excreta en las heces.

Las fermentaciones que ocurren en el rumen determinan los metabolitos disponibles para el animal. En efecto, no solamente determinan las pérdidas de energía, como calor y metano, la cantidad, clase y proporción de los ácidos grasos volátiles producidos, sino también la cantidad y composición química de la proteína microbiana sintetizada, la cual, a su vez, refleja en gran manera los aminoácidos y los lípidos que se absorban en el intestino delgado. Por lo tanto, las transformaciones que sufren los forrajes en el rumen pueden afectar la cantidad y la naturaleza de la mayor parte de los metabolitos absorbidos.

Si se secciona el intestino delgado de un rumiante y se unen las dos partes seccionadas con sendas cánulas sacadas al exterior a través de los planos musculares y de la piel y ambas se unen, entonces tenemos una cánula reentrante. Usando dos de tales cánulas situadas una en el duodeno próximo y otra en el íleo terminal, es posible determinar la cantidad de ingesta y tomar muestras de lo que entra y sale del intestino delgado (fig. 3). La capacidad de flujo en las dos partes y las velocidades de ingestión y defecación permiten el cálculo por diferencia de la desaparición neta de la energía o de cualquier otro constituyente químico en la panza-redecilla, en el intestino delgado y en el intestino grueso.

Empleando esta técnica, se ha podido demostrar que cuando se suministra la hierba en forma larga a los rumiantes desaparece del orden del 55 al 63 % de la energía digestible antes de alcanzar los primeros tramos del duodeno. Los valores medios comparables para azúcares, celulosa y hemicelulosa son del 96, 92 y 70 %, respectivamente.

Los datos obtenidos sobre el valor energético de los ácidos grasos vo-



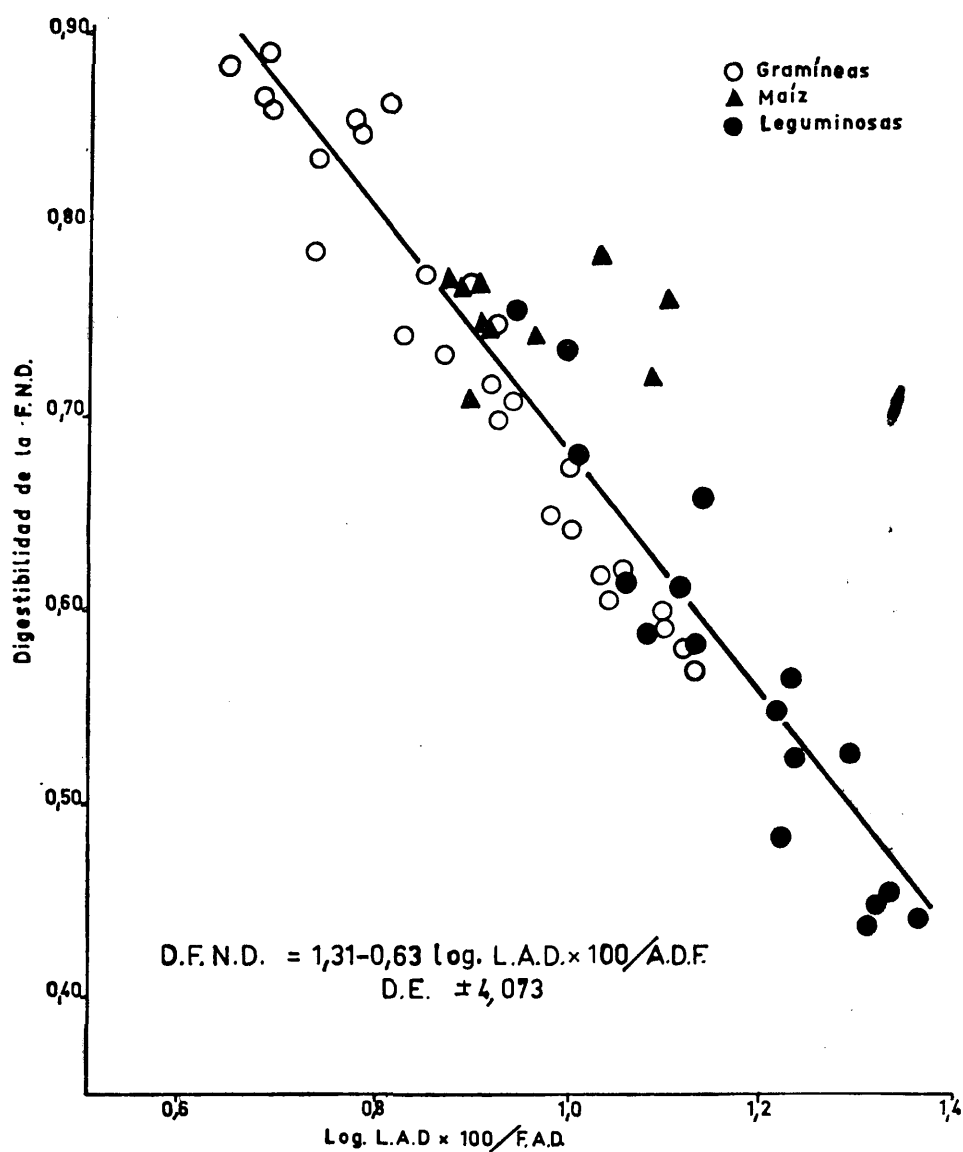
látiles producidos con las mismas dietas de forraje largo indican que no están en proporción directa con la desaparición total de energía (2).

En otras palabras, las pérdidas en la fermentación debidas a la producción de metano y calor son variables y pudiera ser que estas pérdidas sean dos veces mayores en las dietas de forrajes largos suministrados en fresco que en las de harina de hierba deshidratada, aunque la cantidad de ácidos volátiles producidos y su composición puede ser esencialmente similar. La molienda de los forrajes reduce la absorción de la energía, celulosa, hemicelulosa y ácidos volátiles producidos en el rumen e incrementa la absorción de la energía en los intestinos delgado y grueso (12).

Igualmente, también es posible, usando estas técnicas, obtener el resultado de la degradación de las proteínas de la planta, así como de la síntesis de proteína microbiana a partir del nitrógeno de origen no proteico y de las secreciones endógenas del animal. En la tabla 1 se resumen los resultados de algunos estudios hechos en la Universidad de Newcastle y en el Grassland Research Institute. En ellos se puede observar que la cantidad de aminoácidos en el duodeno es mayor que la que contiene el alimento en todos los casos, excepto cuando se suministró a los animales ballico congelado o alfalfa seca. El hecho de que la suma de la proteína sin degradar de la planta y la microbiana sintetizada en el rumen sea mayor que la proteína ingerida lleva a suponer que el nitrógeno inorgánico se convierte en proteína.

La cantidad de aminoácidos en el duodeno es el doble de la que tiene el alimento cuando a los animales se les suministró una pequeña cantidad de heno pobre en proteína. La adición de urea a esta dieta no incre-

RELACION ENTRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA F.N.D Y LA CONCENTRACION DE LIGNINA



menta la cantidad de aminoácidos en el duodeno, probablemente porque el aporte de energía es un factor limitante de la síntesis de proteína microbiana. El suministro de ballico perenne y de trébol rojo secos aumenta el flujo de aminoácidos en el intestino delgado. Se puede presumir que la desecación reduce la solubilidad de la proteína de la planta, protegiéndola, por tanto, de la intensa degradación en la panza-redecilla y ocasionando asimismo una disminución de la síntesis de proteína microbiana a partir de otras fuentes de nitrógeno. La mayor cantidad de aminoácidos observada cuando se suministró esparceta parece deberse no solamente al secado, sino también a la presencia de taninos en la ración (8), taninos que al combinarse con la proteína en la panza-redecilla la insolubilizan. BEEVER, HARRISON y THOMPSON (6) han demostrado que el 70 % de los aminoácidos que llegan al duodeno provienen de material vegetal sin degradar, mientras que el 30 % restante proceden de la síntesis microbiana. Por consiguiente, parece ser que alrededor de 125 g/día o el 95 % de los aminoácidos de la planta salen sin degradar de la panza-redecilla con la ración de esparceta. El cálculo de los aminoácidos totales que desaparecen en el intestino delgado, posiblemente absorbidos, se hizo por diferencia entre las cantidades en el primer tramo del duodeno próximo y en el último del ileon (tabla 1). Puede observarse también en esta tabla que las mayores cantidades en el duodeno estuvieron asociadas con una mayor absorción de aminoácidos en todos los casos, excepto en los correspondientes al trébol rojo desecado, en los que la absorción fue la misma cuando se suministró congelada. De estos hechos se deduce que los efectos del secado fueron tan severos sobre el trébol rojo que convirtieron una gran proporción de la proteína de la planta no sólo en insoluble en la panza-redecilla, sino también en resistente a la digestión enzimática en el intestino delgado. Las dos últimas columnas de la tabla 1 dan la digestibilidad de la proteína en el intestino delgado y en la totalidad del tracto digestivo. Puede observarse que, en muchos casos, la desecación o la presencia de taninos en el alimento da como resultado una disminución de la digestibilidad de la proteína y al mismo tiempo un aumento de los aminoácidos absorbidos. Todo esto aclara y confirma que la proporción de proteína digestible de los forrajes es un índice muy pobre del valor proteico de los alimentos para los rumiantes.

SUTTON, STORRY y NICHOLSON (10) han demostrado que el aumento de la proporción de concentrados de una ración que contenga heno provoca la llegada de una mayor cantidad de lípidos totales en el duodeno de la oveja. Las cantidades de lípidos totales y de ácidos grasos volátiles que pasan al duodeno son alrededor de un 50 % y un 65-105 % mayores, respectivamente, que las que contienen el alimento. La mayor parte del almidón y de los azúcares de la ración fermenta en la panza-redecilla de tal forma que en el intestino delgado sólo se absorbe una cantidad de glucosa muy pequeña. Sin embargo, lo mismo en el ganado vacuno que en el ovino (1) la inclusión de maíz molido en la ración aumenta significativamente el almidón que entra y desaparece en el intestino delgado.

De esta discusión se deduce que la naturaleza de la fermentación en la panza-redecilla no solamente influye en las propiedades molares del propionato, acetato y butirato producidos, sino también, y de modo muy marcado, en la cantidad de ácidos volátiles producidos y en las pérdidas

Tabla 1.—*Transformación de la proteína en la panza-redecilla*

	Aminoácidos totales g/24 h.			Digestibilidad de los amino- ácidos en el intestino delgado	Digestibilidad aparente de la proteína bruta	Fuentes
	Ingerido	En el duodeno	Absorbido en el intestino delgado			
Heno	22	54	34	62	—	Beever y col., 1970
Heno + Urea	21	56	37	67	—	—
Raygrass congelado	150	125	79	64	74	Idem
Raygrass seco	136	144	100	70	71	1969
Trébol rojo congelado	127	134	96	71	72	Idem
Trébol rojo seco	122	175	96	55	66	1971
Alfalfa seca	135	119	68	56	68	Thompson y col.
Esparceta seca	132	178	114	64	51	1970

consiguientes a su producción. El hecho de que las cantidades de aminoácidos, lípidos y glucosa absorbidos en el intestino delgado puedan variar considerablemente, es un fenómeno que posiblemente tenga mayor significado nutritivo.

Posterioros estudios usando animales quirúrgicamente modificados con cánulas reentrantes podrían permitir la predicción de los tipos de fermentaciones que van a tener lugar en la panza-redecilla a partir de las características físicas y químicas de la dieta y, con estos datos, calcular la energía total absorbida por el animal y la proporción de esta energía que corresponde a los aminoácidos, lípidos, glucosa y ácidos grasos volátiles. De este modo sería posible predecir en qué forma utiliza el animal estos metabolitos en los procesos productivos.

La definición actual de la energía metabolizable, como la energía bruta menos la energía excretada en las heces, orina y metano, no representa la verdadera energía absorbida disponible para el metabolismo porque incluye la energía de la orina, que es un resultado del metabolismo, y porque excluye las pérdidas de calor que resultan de la fermentación.

La eficacia del uso del término energía metabolizable está, consiguientemente, ajustado de acuerdo con la concentración de energía metabolizable en la ración y los procesos productivos del animal, en un intento para considerar las pérdidas que ocurren durante el metabolismo. Estos ajustes son de naturaleza empírica, mientras que las verdaderas pérdidas metabólicas de energía, lógicamente, siguen de un conocimiento de los metabolitos absorbidos y de los pasos bioquímicos seguidos para satisfacer las necesidades del animal para mantenimiento y producción, como puede ser la formación de tejidos o secreción de leche.

Si las raciones para los rumiantes pudieran cualificarse suficientemente por medio de análisis, químicos y físicos, realizados en el laboratorio, de tal forma que se pudieran predecir los productos finales de la fermentación en la panza-redecilla, entonces parece posible que también pudieran predecir los metabolitos absorbidos.

Estudios posteriores manejando datos de balance de energía y técnicas con cánulas reentrantes conjuntamente, para referir las pérdidas metabólicas a los metabolitos absorbidos y a los procesos productivos del animal, permitirían entonces una estimación más racional de los valores de la energía neta.

Este trabajo se ha redactado con la idea de estimular la discusión de los métodos actuales para la valoración de los forrajes. Hemos sugerido que el sistema WEENDEE, que hasta ahora constituía la base para la valoración de los forrajes, puede ser mejorado con la sustitución de la fibra bruta por determinaciones del contenido en paredes celulares. Este análisis también da cuenta de las bases de un método para predecir la digestibilidad que es teóricamente mejor que los métodos existentes porque, estimando separadamente las paredes celulares y los protoplastos digestibles, permite incorporar modificaciones y deducir los efectos del nivel de alimentación, molienda y administración de concentrados sobre la digestibilidad. Más aún, el contenido de paredes celulares en el forraje está en relación estrecha con la ingestión voluntaria del mismo por corderos. Finalmente, se ha sugerido que un conocimiento de las relaciones entre

las características físicas y químicas de los forrajes y las transformaciones que ocurren en la panza-redecilla (que se pueden conocer usando técnicas con cánulas reentrantes) permitiría la predicción de metabolitos absorbidos por el rumiante y, en consecuencia, dar sentido a los valores de la energía neta de los forrajes en raciones para producción.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ARMSTRONG, D. G., and BEEVER, D. E. (1969): Proc. Nutr. Soc., 28, 121.
- (2) BEEVER, D. E. (1972): Comunicación personal.
- (3) BEEVER, D. E.; THOMSON, D. J.; PFEFFER, E., and ARMSTRONG, D. G. (1969): Proc. Nutr. Soc., 28, 26 A.
- (4) BEEVER, D. E.; HARRISON, D. G.; THOMSON, D. J., and OSBOURN, D. F. (1970): Proc. Nutr. Soc., 30, 15 A.
- (5) BEEVER, D. E.; THOMSON, D. J., and HARRISON, D. G. (1971): Proc. Nutr. Soc., 30, 86 A.
- (6) BEEVER, D. E.; HARRISON, D. G., and THOMSON, D. J. (1972): Proc. Nutr. Soc., 31, 61 A.
- (7) OSBOURN, D. F. (1970): Ph. D. thesis. Universidad de Reading.
- (8) OSBOURN, D. F.; TERRY, R. A.; CAMMELL, S. B., and OUTEN, G. E. (1971 a): Proc. Nutr. Soc., 30, 13 A, 14 A.
- (9) OSBOURN, D. F.; TERRY, R. A.; OUTEN, G. E.; CAMMELL, S. B., and LANSLEY, P. R. (1971 b): Proc. Nutr. Soc., 30, 85 A.
- (10) SUTTON, J. D.; STORRY, J. E., and NICHOLSON, J. W. G. (1970): J. Dairy Res., 37, 97-105.
- (11) THOMSON, D. J.; BEEVER, D. E.; HARRISON, D. E.; HILL, I. W., and OSBOURN, D. F. (1970): Proc. Nutr. Soc., 30, 14 A.
- (12) THOMSON, D. J.; PRESCOTT, J. H. D., and ARMSTRONG, D. G. (1969): Proc. 3rd European Grassland Fed, p. 125.
- (13) TILLEY, M. C. A., and TERRY, R. A. (1963): J. Brit. Grassld Soc., 18, 104.
- (14) VAN SOEST, P. J. (1965): J. Dairy Sci., 48, 815.
- (15) VAN SOEST, P. J., and WINE, R. M. (1967): J. Ass. of analyt. Chem., 50, 50-56.

NEW TECHNIQUES FOR THE EVALUATION OF FORAGES AS FEEDS FOR RUMINANTS

SUMMARY

The evaluation of forages as sources of energy and protein for ruminant animal production is discussed with regard to the need to develop simple methods for the prediction of the digestibility of these constituents and the forms in which they are absorbed. The two stage «in vitro» procedure of TILLEY and TERRY has proved reliable in practice but does not form a sound basis for further prediction of the changes in digestibility induced by grinding, feeding starch or by high levels of feeding. Chemical methods based upon the precise determination of the total cell wall constituents using the detergent extraction procedures of VAN SOEST are suggested as a better basis for such predictions. These methods are doubly attractive, in that it has been shown, that the daily consumption of forages dry matter by sheep is highly correlated ($r = -0.88$) with the content of cell walls in the forage.

The need to quantify, using re-entrant cannulated sheep, the end products of digestion in the ruminant and to relate this to the physical and chemical characteristics of the diet is also discussed as a necessary refinement of the metabolisable energy system of feed evaluation. The same techniques are used to demonstrate the lack of any relationship between the measured contents of apparently digested crude protein and the quantity of total amino acids absorbed by sheep and indicate the need to predict quantitatively the processes occurring during fermentation in the rumen.