

El heno en la alimentación del ganado ovino

Digestibilidad e ingestión voluntaria

María Dolores Carro, Sedundino López, Jesús S. González y F. Javier Ovejero.
Departamento de Producción Animal I, Universidad de León

RESUMEN

La digestibilidad y la ingestión voluntaria son, sin duda, parámetros fundamentales en la valoración nutritiva de los forrajes. Sin embargo, su determinación *in vivo* es costosa, por lo que ha existido y existe un considerable interés en el desarrollo de proce-

dimientos más sencillos que permitan la predicción de estos parámetros. En este trabajo se revisan los procedimientos más utilizados y se valoran los resultados obtenidos cuando se aplican a henos procedentes de prados permanentes y de prados temporales.

La variación en las condiciones climáticas (temperatura, humedad, ...) a lo largo del año determina que el crecimiento de las plantas se detenga durante determinados períodos, en los que la disponibilidad de forraje verde es nula o muy baja. Para poder alimentar a los animales durante estos períodos se han desarrollado diversos procedimientos de conservación de los forrajes, de los cuales la henuficación es el más utilizado en nuestro país. La importancia del heno en la alimentación de los animales es aún mayor en las zonas de montaña, en las que gran parte del año es el alimento base y, a veces, el único componente de la ración. Una utilización racional del heno en cualquier sistema de producción animal requiere el conocimiento de su valor nutritivo, es decir, de su capacidad para cubrir las necesidades nutritivas de los animales.

Como es lógico, el valor nutritivo del heno dependerá, en primer lugar, de la calidad del forraje verde henuficado y ésta se ve afectada por una serie de factores (características edafológicas, climáticas, botánicas, ...) que varían considerablemente de unas regiones a otras, lo que hace inadecuado el uso de tablas de composición y valor nutritivo utilizadas en otras regiones o países.

La mayoría de los prados existentes

en las regiones de montaña son prados permanentes, de gran diversidad botánica. Los prados permanentes son, en casi su totalidad, segados durante los meses de junio y julio, y la hierba, una vez henuficada por desecación sobre el mismo prado, es almacenada en henules, constituyendo una reserva alimenticia, fundamentalmente, en las épocas invernales. Cuando las circunstancias lo permiten estos prados son sometidos a un segundo corte en el mes de septiembre.

Asimismo, se encuentran prados temporales que son sembrados por el hombre y presentan una composición botánica sencilla y conocida. Estos prados temporales han sido objeto de intensas campañas de promoción, aunque aún son pocas las zonas donde se realiza una explotación racional, utilizando semillas convenientemente seleccionadas y teniendo en cuenta las características del suelo.

El valor nutritivo del heno está determinado, fundamentalmente, por su digestibilidad e ingestión voluntaria, aspectos que están muy relacionados con la composición química del mismo e interrelacionados entre sí (Raymond, 1968). La determinación de la digestibilidad y la ingestión voluntaria es costosa, por lo que durante mucho tiempo la mayor parte de los esfuerzos de investigación en este campo se han

centrado en el desarrollo de procedimientos más sencillos que permitan su predicción.

En este trabajo se pretende determinar la digestibilidad e ingestión voluntaria de una muestra representativa de henos, procedentes de prados permanentes y de prados temporales, así como analizar las posibilidades de predecir estos parámetros a partir de diferentes variables.

Los henos fueron recogidos, tras ser desecados al sol, en el momento en el que tradicionalmente lo hacen los ganaderos. Dada la gran diversidad de henos existente, se recogieron seis procedentes de prados permanentes: cuatro del corte de junio (JUN) y dos del corte de septiembre (SEP), y cinco procedentes de prados temporales: alfalfa (ALF), trébol (TRB), mezcla de gramíneas (GR) y dos henos basados en una mezcla de gramíneas y leguminosas (MIX). En el cuadro I figura la composición química y la digestibilidad *in vivo* (DMS) e ingestión voluntaria (IVMS) de la materia seca (MS) de los henos recogidos.

La composición química nos permite agruparlos en función de su contenido en proteína bruta (PB) y pared celular (expresado como fibra neutrodetergente; FND). Así, nos encontramos con un heno de alfalfa que presenta un alto contenido en PB (>200

g/kg MS) y bajo en pared celular (<450 g/kg MS), frente a henos del corte de junio, que presentan la situación contraria, contenidos bajos en PB (<80 g/kg MS) y altos en pared celular (>650 g/kg MS). El resto de los henos presentan contenidos en PB y FND intermedios.

La ordenación de los henos de acuerdo con su DMS e IVMS es similar a la que hemos hecho teniendo en cuenta su contenido en PB y pared celular. Los henos con un alto contenido en pared celular y bajo en PB presentan los valores más bajos de DMS (<55 %) y de IVMS (<48 g/d/kg PV 0,75). Por el contrario, el heno de alfalfa presentó los valores más altos de digestibilidad e ingestión voluntaria.

DIGESTIBILIDAD

El valor del coeficiente de digestibilidad ha sido considerado a veces como sinónimo del valor nutritivo, ya que la digestibilidad determina la cantidad de nutrientes de la que dispone el animal, una vez producida la absorción.

Por otra parte, la digestibilidad es un parámetro que está muy relacionado con la ingestión voluntaria y que presenta una menor variabilidad entre animales que ésta. No hay que olvidar que el nivel de ingestión es uno de los factores que más afectan al coeficiente de digestibilidad de un alimento, por lo que éste debería ir siempre acompañado de una referencia al nivel de ingestión al que se determinó. En nuestro caso, determinamos la digestibilidad *in vivo* de los henos administrándolos a ovejas adultas secas de raza churra a nivel de mantenimiento.

La determinación de la digestibilidad *in vivo* es un procedimiento costoso, tanto desde el punto de vista del tiempo como de las cantidades de alimento requeridos. Por ello, ha existido y existe un considerable interés en el desarrollo de procedimientos más sencillos que permitan su predicción. Las investigaciones en este campo han seguido dos direcciones generales: hacia el desarrollo de técnicas de «microdigestión», que intentan simular las condiciones *in vivo*, y hacia análisis químicos, en un intento de encontrar relaciones entre ciertas fracciones químicas

de la planta y la digestibilidad de ésta.

En un intento de sintetizar, y siguiendo el criterio de Uden (1984), podemos agrupar los métodos utilizados para estimar la digestibilidad en:

- a) Métodos químicos.
- b) Métodos físicos.
- c) Métodos biológicos, que incluirían métodos «in vitro», «in sacco» y enzimáticos.

a) Métodos químicos

Los métodos químicos están basados en la existencia de ciertas entidades químicas del alimento que presentan una estrecha relación con la digestibilidad o indigestibilidad de éste, pero hasta el momento no se dispone de ningún método químico que permita aislar completamente la fracción fibrosa no digestible de los forrajes.

La mayor aproximación a esta meta parece ser el sistema analítico de Van Soest (1963), que utiliza detergentes para el fraccionamiento de los componentes químicos de los forrajes en función de sus características nutritivas. La

acción de un detergente neutro parece separar los componentes solubles del forraje, que son casi totalmente digestibles (98%), de aquellos otros (pared celular) cuya utilización por el animal depende de la fermentación microbiana.

Por otra parte, se ha aceptado que la lignificación es el principal factor que deprime la digestibilidad de un forraje al avanzar su crecimiento, y, generalmente, cuando se realizan estudios sobre forrajes de la misma especie, la LIG es la fracción que presenta correlaciones más altas con la digestibilidad. Sin embargo, en comparaciones interespecíficas, la LIG no ofrece tan buenos resultados y, a menudo, no presenta relaciones estadísticamente significativas con la digestibilidad de la materia seca de los forrajes (Reeves III, 1987). En el cuadro II figuran los coeficientes de correlación obtenidos entre la digestibilidad e ingestión voluntaria de la materia seca de los henos utilizados en nuestro estudio y su composición química. Puede observarse que la digestibilidad no presentó correlación estadísticamente significativa con el contenido en LIG.

Cuadro I

Composición química, digestibilidad (DMS, %) e ingestión voluntaria (IVMS; g/d/kg peso vivo^{0,75}) de la materia seca de los henos utilizados en este estudio (ver texto)

Heno	Composición química (g/kg MS)				DMS	IVMS
	PB	FND	CEL	LIG		
ALF	207	428	234	80	67	70
TRB	113	566	302	117	58	48
GR	106	618	278	35	68	53
MIX1	97	563	268	84	62	52
MIX2	129	581	288	88	63	55
SEP1	126	553	253	63	65	52
SEP2	105	579	271	60	63	49
JUN1	69	664	306	65	53	41
JUN2	78	680	320	60	53	44
JUN3	57	744	361	78	52	47
JUN4	70	696	314	86	50	44

Cuadro II

Coefficientes de correlación de la digestibilidad (DMS, %) e ingestión voluntaria (IVMS; g/d/kg peso vivo^{0,75}) de la materia seca de los henos con su composición química

	Proteína bruta	Fibra neutro detergente	Fibra ácido detergente	Celulosa	Lignina
DMS	0,761**	-0,800**	-0,827**	-0,851***	-0,287 ns
IVMS	0,933***	-0,838**	-0,566 ns	-0,724*	0,039 ns

ns: no significativo; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

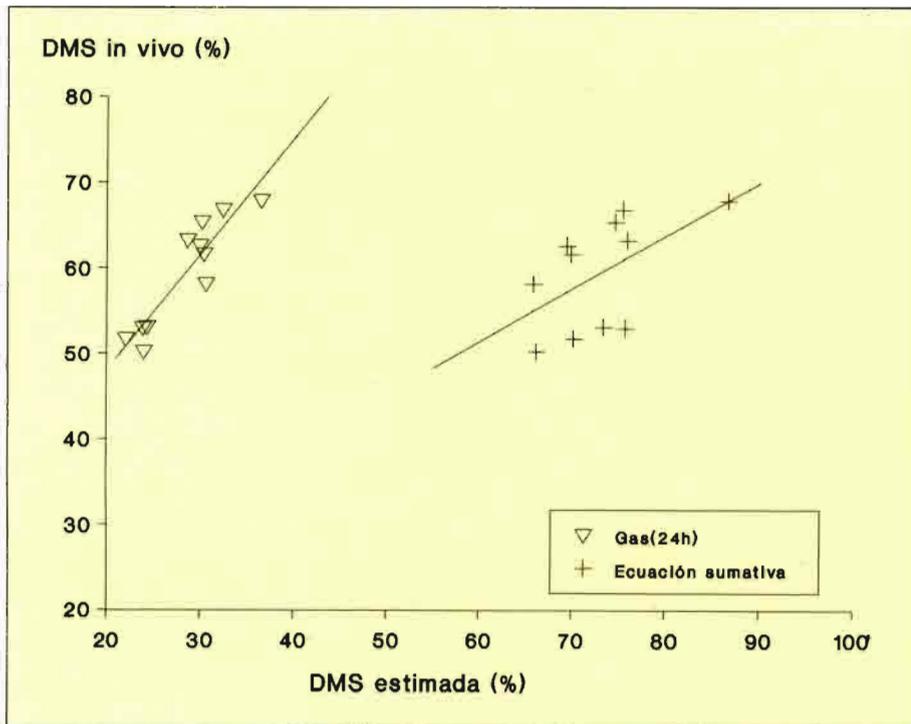


Fig. 1. Relación entre la digestibilidad de la materia seca (DMS) de varios henos estimada mediante la ecuación sumativa de Van Soest y los valores de producción de gas tras 24 horas de incubación en líquido ruminal y la DMS determinada *in vivo*.

Minson (1982) realiza una excelente revisión de las ecuaciones predictivas de la digestibilidad a partir de la composición química, encontradas por distintos autores en una amplia variedad de forrajes. Algunas de estas ecuaciones permiten predecir la digestibilidad con gran exactitud, incluso con desviaciones estándar residuales (RSD) inferiores a dos unidades porcentuales. Sin embargo, el valor de estas ecuaciones es limitado, pues cuando se aplican a forrajes con diferentes características (composición botánica, estado fenológico, ...) de las de aquellos que sirvieron para la determinación de dicha ecuación, pierden validez.

Este hecho se ilustra en la figura 1, en la que aparece la escasa relación obtenida ($r^2 = 0,310$; $RSD = 5,656$) entre la digestibilidad *in vivo* de los henos utilizados en este estudio y la calculada utilizando la ecuación sumativa de Van Soest que figura a continuación:

$$DMS = 0,98 CC + PC$$

$$(1,81 - 0,96 \log [LIG \times 100/FAD]),$$

donde:

DMS = digestibilidad de la materia seca (%).

CC = contenido celular (%).

PC = contenido en pared celular (%).

LIG = contenido en lignina (%).

FAD = contenido en fibra ácido-detergente (%).

Puede observarse que forrajes con el mismo contenido en pared celular (580 g/kg MS en los henos MIX2 y SEP2), pero diferente en LIG (88 y 60 g/kg MS) presentan el mismo valor de DMS (63%). De forma similar, otros forrajes pueden tener un contenido en pared celular muy diferente (428 y 618 g/kg MS para los henos ALF y GR, respectivamente) y presentar digestibilidades muy similares (67-68%).

Es evidente que las fracciones que pueden separarse por procedimientos químicos no se corresponden necesariamente con entidades nutritivas. Los métodos de determinación de la composición química son cuantitativos y no aportan información sobre las características estructurales o sobre las uniones entre los diferentes componentes de la pared celular que pueden limitar su digestibilidad, como son las uniones de la lignina con los polisacáridos. Estos hechos imposibilitan la utilización de una única ecuación predictiva para estimar la digestibilidad a partir de la composición química.

b) Métodos físicos

El método físico más conocido y utilizado es la espectrofotometría de

reflectancia infrarroja (NIR). Esta técnica es utilizada para estimar la composición química y la digestibilidad de los alimentos, pero su base es puramente empírica, y sólo permite analizar muestras similares a las utilizadas en la calibración del aparato. Sin embargo, una vez superado este problema puede producir estimaciones de la digestibilidad superiores a las de los métodos «*in vitro*» (Givens *et al.*, 1991).

Otro método físico consiste en el uso de técnicas microscópicas para el estudio histológico de la configuración morfológica y estructural de los tejidos vegetales. Este método se basa en el hecho de que ciertas características morfológicas pueden determinar diferencias en la digestibilidad de tejidos que poseen una composición química muy similar. Sin embargo, estos procedimientos se encuentran limitados al campo de la investigación, y todavía no pueden ser utilizados como análisis rutinarios.

Algunos autores (Chenost et Grenet, 1971) han encontrado una relación inversa entre la determinación de la energía necesaria para moler un forraje, denominada «índice de fibrosidad», y la digestibilidad. Sin embargo, esta medida es poco reproducible y no ha tenido aceptación.

c) Métodos biológicos

Las técnicas biológicas proporcionan la información más adecuada sobre la disponibilidad de nutrientes y la ingesta de nutrientes digestibles. Los métodos biológicos incluyen métodos «*in vitro*», «*in sacco*» y métodos enzimáticos.

Técnicas «*in vitro*».—Las técnicas denominadas «*in vitro*» intentan simular en el laboratorio el proceso digestivo que tiene lugar en el animal. El método más comúnmente empleado es el de Tilley y Terry (1963), consistente en dos incubaciones sucesivas, la primera en fluido ruminal y la segunda en pepsina ácida, de 48 horas de duración cada una. Este método proporciona resultados que presentan correlaciones muy altas con los obtenidos *in vivo*, incluso en estudios con forrajes de características botánicas diferentes. En nuestro estudio los valores de digestibilidad «*in vitro*» presentaron

TOXIPRA-PLUS

ATENCIÓN A LOS PROCESOS POR CLOSTRIDIUM

Como Ud. sabe, la problemática producida por las infecciones de Clostridium en Bóvidos, Ovidos, Cerdos y Conejos, es cada día más importante en la actual ganadería industrial.

TOXIPRA PLUS es una vacuna inactivada y adyuvantada a base de toxinas purificadas y antígenos celulares de Clostridium Perfringens B, C y D, Clostridium Septicum, Novyi Chauvoei y Tetani. Siendo por tanto un producto adecuado para el control de los diferentes procesos de enterotoxemia y Carbuco sintomático.



nas purificadas y antígenos celulares de Clostridium Perfringens B, C y D, Clostridium Septicum, Novyi Chauvoei y Tetani. Siendo por tanto un producto adecuado para el control de los diferentes procesos de enterotoxemia y Carbuco sintomático.



OVIVAC-CS

LA SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE ABORTO

Con la utilización de una nueva vacuna mixta inactivada, a base de Chlamydia y Salmonella, que incorpora los últimos avances tecnológicos.

OVIVAC-CS le permite, gracias a



una adyuvantación especial y a la producción del antígeno chlamydial sobre líneas celulares específicas, disponer de una vacuna altamente concentrada y sin problemas de reacciones secundarias.



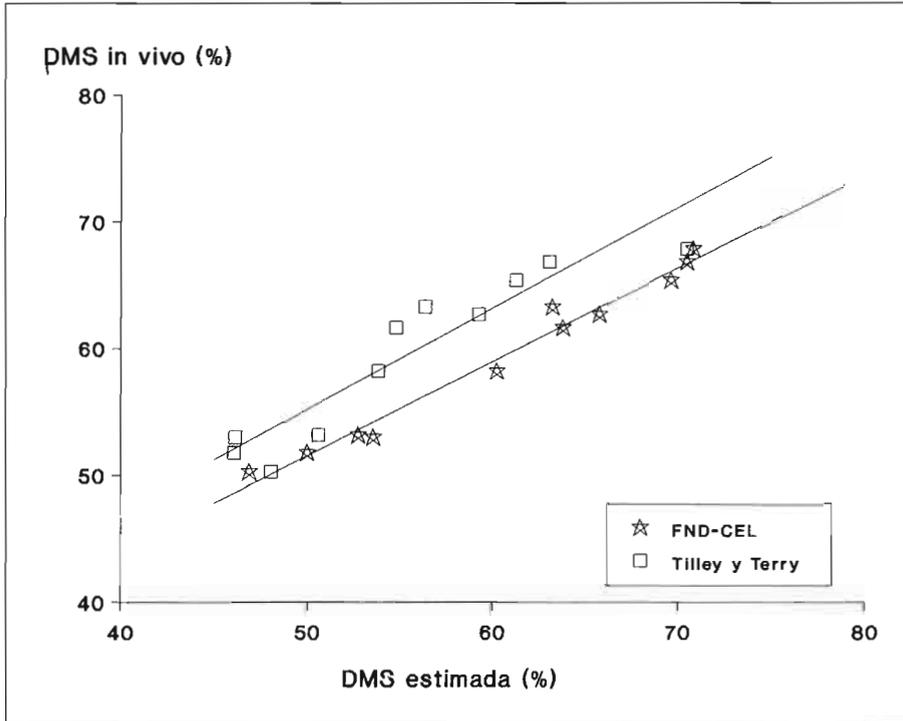


Fig. 2. Relación entre la digestibilidad de la materia seca (DMS) de varios henos estimada mediante el método de Tilley y Terry (1963) y un método enzimático precedido de un tratamiento con un detergente neutro (FND-CEL) y la DMS determinada *in vivo*.

una alta correlación con los de digestibilidad *in vivo*, tal como se observa en la figura 2 ($r^2 = 0,878$; RSD = 2,377).

Existen otros métodos «*in vitro*» (producción de gas, fermentación de la celulosa, etc.), cuya validez como predictores de la digestibilidad es variable, dependiendo de las muestras de forraje estudiadas y de los procedimientos utilizados. De estos procedimientos, el más utilizado es el denominado «test de Hohenheim» o método de la producción de gas, propuesto por Menke y sus colaboradores (1979). El procedimiento consiste en la determinación de la cantidad de gas producido tras incubar una muestra de alimento en líquido ruminal y numerosos autores han encontrado altas correlaciones entre los valores obtenidos y la digestibilidad (Andrighetto *et al.*, 1992; Kha-zaal *et al.*, 1993).

En la figura 1 puede observarse la relación obtenida entre la producción de gas tras 24 h de incubación de la muestra en líquido ruminal y la DMS *in vivo* para los henos utilizados en nuestro estudio. Los valores numéricos de producción de gas son muy inferiores a la DMS, pero la relación entre ambos valores es aceptable ($r^2 = 0,841$; RSD = 2,714).

Técnicas «*in sacco*».—La técnica «*in sacco*» consiste en incubar una muestra

de forraje, situada en el interior de una bolsa de nylon u otro material poroso e indigestible, en el rumen de un animal canulado, con el fin de determinar la desaparición de los constituyentes de los forrajes en tiempos de incubación variables. La realización de incubaciones secuenciales permite obtener curvas de degradación, que pueden ser descritas mediante ecuaciones matemáticas como la que figura a continuación y en la que a, b y c son parámetros que definen la cinética de degradación ruminal:

$$D = a + b (1 - e^{-ct})$$

donde:

D = Desaparición del componente estudiado en el tiempo de incubación (t).

a = Fracción soluble y rápidamente degradable de dicho componente.

b = Fracción potencialmente degradable del componente estudiado.

c = Ritmo fraccional de degradación, es decir, cantidad de componente degradado por unidad de tiempo.

Esta técnica ha adquirido un gran auge en los últimos años y muchos autores han señalado buenas correlaciones entre los valores obtenidos con esta técnica y los obtenidos *in vivo* (Kha-zaal *et al.*, 1993; Carro *et al.*, 1994). En nuestro caso, la DMS mostró

una correlación altamente significativa ($P < 0,001$) con la desaparición de MS a todas las horas de incubación (3, 6, 9, 15, 24, 48 y 72 h), pero la desaparición a las 24 horas produjo el mayor coeficiente de determinación ($r^2 = 0,927$).

Una ventaja que presenta la técnica «*in sacco*» frente a otros métodos es que permite estimar el ritmo fraccional de degradación ruminal (parámetro c de la ecuación), a partir del cual puede estimarse la degradabilidad efectiva (DE), es decir, la cantidad de un alimento, o componente del mismo, que será degradada en el rumen en un tiempo determinado. Los valores de DE de la materia seca de nuestros henos (calculados para un tiempo de retención en el rumen de 33 horas) mostraron una correlación con la DMS superior a la obtenida con los métodos descritos hasta este momento ($r^2 = 0,968$; RSD = 1,217).

La DE es un parámetro especialmente interesante en el caso de la proteína, pues ofrece información sobre la cantidad de proteína susceptible de ser degradada y utilizada por la flora microbiana. Así, el método «*in sacco*» ha sido utilizado para estimar la degradabilidad de la proteína en el rumen por algunos sistemas de valoración (ARC, 1980; NRC, 1985; INRA, 1987).

A pesar de sus ventajas, esta técnica presenta también ciertos inconvenientes, como son su gran variabilidad, la falta de una estandarización que permita la comparación de resultados entre laboratorios y la necesidad de mantener animales fistulados.

Técnicas enzimáticas.—Estos métodos consisten en determinar la solubilidad de los forrajes en disoluciones de celulasas u otros enzimas fúngicos. Las referencias a la utilización de métodos enzimáticos son numerosas y variadas, no sólo por los diferentes enzimas empleados, sino también por la posibilidad de realizar una preincubación en otra disolución, como pepsina ácida o un detergente neutro. Los valores de digestibilidad obtenidos con estas técnicas suelen ser inferiores a los obtenidos *in vivo*, pero la correlación con la digestibilidad puede ser incluso superior a la proporcionada por el método de Tilley y Terry (1963).

En nuestro laboratorio probamos tres técnicas enzimáticas: incubación

simple en celulasa de *Trichoderma viride*, incubación en celulasa precedida de un pretratamiento de la muestra con pepsina, y una incubación en celulasa con un pretratamiento con una disolución neutro-detergente (FND-CEL). De las tres técnicas, la FND-CEL fue la que produjo los mejores resultados predictivos ($r^2 = 0,979$; $RSD = 0,979$), produciendo además valores muy similares a los de la DMS, tal como se observa en la figura 2.

Uno de los problemas que plantean estos métodos es que la técnica no permite una adaptación del enzima al sustrato, hecho que sí se produce, normalmente, en el rumen. Otro inconveniente es la variabilidad en la actividad que presenta cada preparación enzimática, lo que dificulta la comparación de datos entre laboratorios. Sin embargo, presenta también múltiples ventajas, como su rapidez y comodidad, independencia de animales fistulados, posibilidad de estudiar y determinar el ritmo de degradación, etc.

Ante la amplia variedad de técnicas predictoras de la digestibilidad existente, la elección de una de ellas es un problema difícil, pues todas presentan ventajas e inconvenientes. La elección dependerá del laboratorio, de sus medios técnicos y de la disponibilidad de animales, pero las técnicas con mayor futuro, aparte de las ya clásicas «in vitro», parecen ser la espectrofotometría de reflectancia infrarroja y las técnicas enzimáticas e «in sacco».

INGESTION VOLUNTARIA

La ingestión voluntaria (IV) representa la cantidad de un alimento que puede ingerir un animal o grupo de animales, en un período de tiempo dado (generalmente un día), durante el cual tiene libre acceso al alimento (Forbes, 1986). La IV es un elemento básico en la formulación de raciones al ser un elemento limitante, especialmente en el caso de los forrajes, del consumo de energía y elementos nutritivos. Su conocimiento es indispensable para estimar el valor nutritivo de los alimentos, ya que, a menos que exista una indicación de cuánto alimento puede ingerir un animal, la

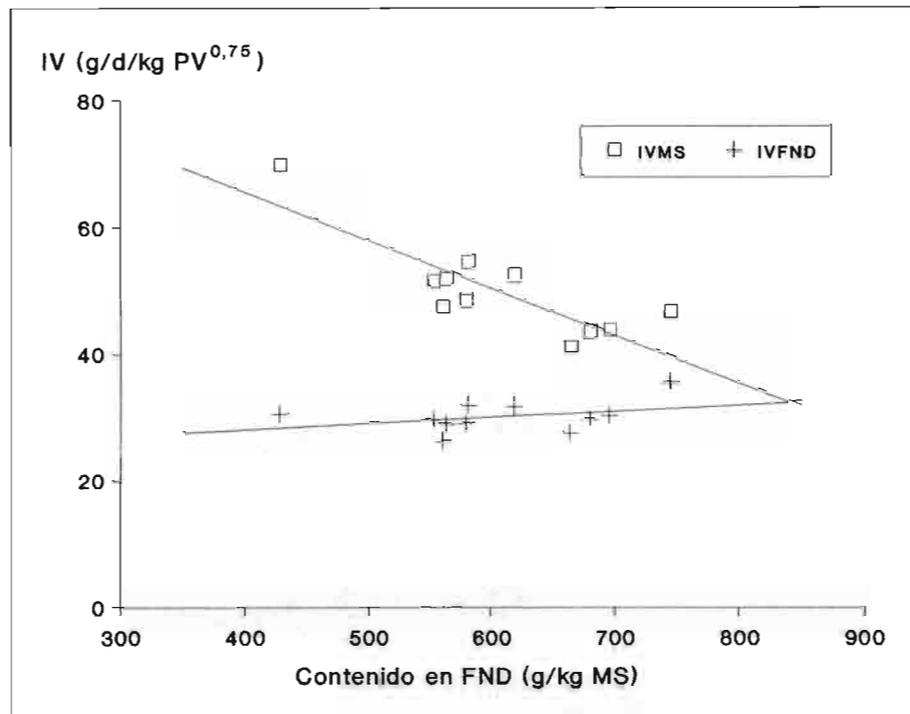


Fig. 3. Relación entre el contenido en fibra neutro-detergente (FND) de varios henos y la ingestión voluntaria (IV; expresada en gr por día y kg de peso vivo ^{0,75}) de materia seca (IVMS) y de FND (IVFND) por ovejas adultas secas de raza churra.

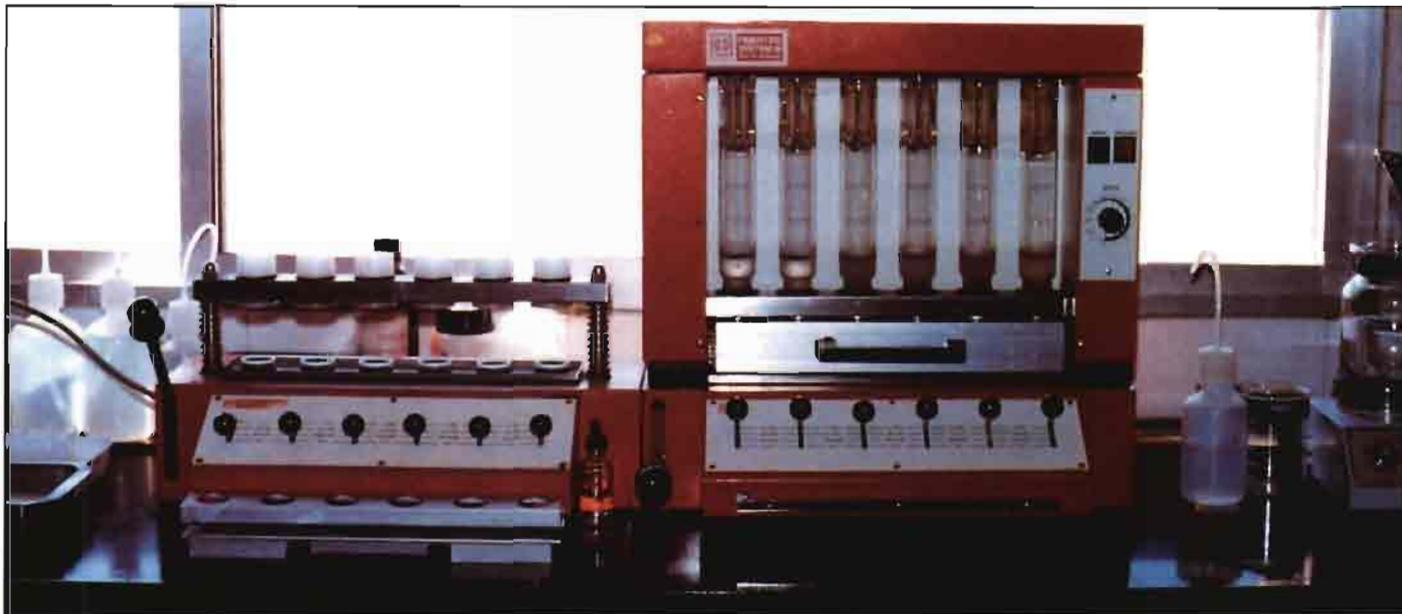
descripción de dicho alimento en términos de digestibilidad o composición química es insuficiente para predecir la respuesta productiva de los animales.

Generalmente se asume que la IV y la digestibilidad de los forrajes están directamente relacionadas. Si bien es cierto que esta relación existe, no debe olvidarse que ambos parámetros son medidas diferentes de la calidad de un forraje. La IV está condicionada por el volumen estructural del forraje (determinado por su contenido en pared celular), mientras que la digestibilidad depende principalmente de las fracciones químicas que lo componen y de su disponibilidad (Van Soest, 1982). Este hecho es especialmente claro si se observan las diferencias en IV entre gramíneas y leguminosas (NRC, 1987). En nuestro estudio, el heno de alfalfa presentó una IV superior a la del heno de gramíneas (70 y 53 g/d/kg peso vivo ^{0,75}), mientras que su digestibilidad fue similar (67 y 68%).

La IV es el resultado de una compleja interacción del alimento (composición química, características físicas, ...), el ecosistema ruminal y el animal (tamaño, edad, estado fisiológico, ...). Como consecuencia de ello, el tema del control de la IV resulta extremadamente complejo y muchos

de sus aspectos continúan sin ser totalmente comprendidos. Por otra parte, la determinación *in vivo* de la IV presenta una mayor variación individual que la digestibilidad, por lo que para su determinación es necesario usar un alto número de animales. Como resultado, las pruebas de ingestión voluntaria son caras, consumen mucho tiempo y requieren grandes cantidades de alimento. Estos inconvenientes han conducido al desarrollo de métodos de predicción, con la finalidad de obtener una estimación de la IV a partir de análisis más simples y rápidos que su determinación con animales.

La mayoría de los sistemas de predicción de la ingestión voluntaria encontrados en la literatura están basados en ecuaciones de regresión simple o múltiple, lo que implica la determinación de varios parámetros, incluida la IV, seguida del análisis de regresión para encontrar la ecuación que mejor se ajusta a los datos (Forbes, 1986). Sin embargo, debido a la multitud de factores que afectan a la IV, el uso de estas ecuaciones está a menudo limitado a condiciones de producción similares a aquéllas en las que se determinó ésta. Para superar este inconveniente se han desarrollado modelos matemáticos, propuestos a partir del



Las pruebas *in vivo* de digestibilidad y de ingestión voluntaria son caras, consumen mucho tiempo y requieren grandes cantidades de alimento.

conocimiento de los principales mecanismos que controlan la ingestión voluntaria. Los denominados «modelos dinámicos» son útiles para estudios básicos sobre la regulación de la ingestión, pero son demasiado complicados y costosos para su utilización como predictores de la ingestión voluntaria en la práctica.

Es evidente que aspectos como el peso vivo de los animales y el nivel y tipo de producción a la que se encuentran sometidos condicionan la IV de cualquier alimento. Sin embargo, aquí nos referiremos, únicamente, a aquellos sistemas de predicción basados en

relaciones de la IV con alguna característica de los forrajes. Los métodos utilizados pueden clasificarse siguiendo el mismo esquema utilizado para la digestibilidad.

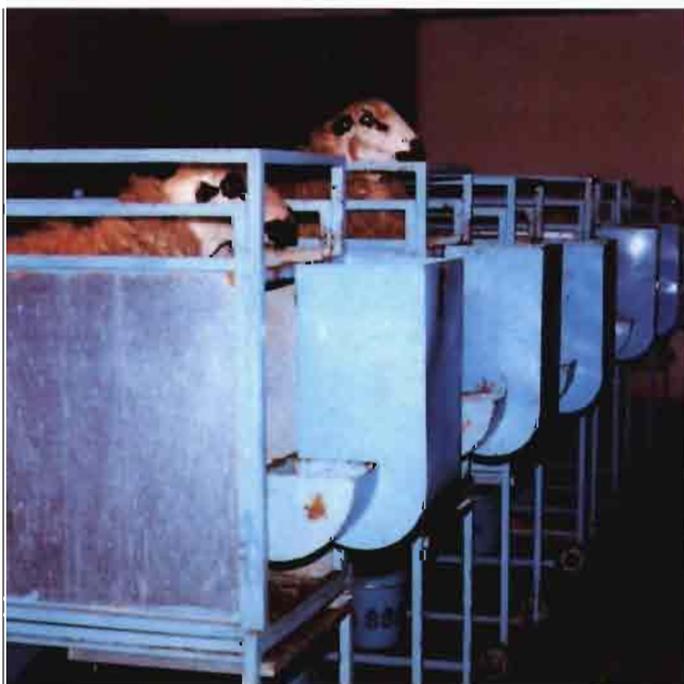
a) Métodos químicos

Al igual que en el caso de la digestibilidad, los métodos químicos se basan en la existencia de alguna entidad química del alimento que presente una estrecha relación con la IV del mismo. Las primeras ecuaciones de predicción de la IV se basaron en la idea de que los rumiantes comían hasta alcanzar

una sensación de «llenado» en el rumen. Van Soest (1965) obtiene una estrecha correlación entre la ingestión de un amplio rango de forrajes y su contenido en pared celular, correlación que ha sido confirmada por un gran número de autores (Mertens, 1973; Forbes, 1986).

La pared celular puede ser considerada como una medida de las características de llenado del forraje, de forma que la IV se ve limitada cuando la proporción de este constituyente es superior a 550-600 g/kg MS, situación en la que se encuentran la mayoría de los henos utilizados en nuestro estudio. Por ello, no es sorprendente que, tal como puede observarse en la figura 3, la IV de MS descendiera a medida que aumentó el contenido en pared celular de los henos, siendo la IV de pared celular relativamente constante. Mertens (1973) señala que la IV de pared celular por el ganado ovino presentó un valor medio de 35 g/d/kg peso vivo 0,75. Los valores obtenidos con nuestros henos son similares, oscilando entre 28 y 36 g de pared celular/d/kg peso vivo 0,75.

Aunque algunos autores han encontrado correlación entre otras fracciones químicas (fibra ácido-detergente, lignina) y la IV, otros no han hallado relación alguna. Estas relaciones aparecen cuando se analizan datos de forrajes de especies vegetales similares, pero no existen cuando se analizan datos de forrajes de gran heterogeneidad.



Los métodos de análisis de la composición química de los forrajes aportan una información valiosa sobre su calidad nutritiva, pero las relaciones directas entre la composición química y la digestibilidad e ingestión voluntaria deben ser interpretadas con cautela.

EQUIPLANT PLUS

Para Ensilados de Alta Calidad

Las enzimas y bacterias de Equiplant Plus le aseguran un perfecto proceso de conservación del forraje aunque sea pobre en azúcar.

Avalado por la garantía y servicio de:

**comercial
RIBA, S.A.**

Tel. (93) 377 31 04 Fax. (93) 377 81 55

Fabricado por 



Con una bolsa de 250 gr. consiga el mejor ensilado de 25 Tn. de alfalfa o 35 Tn. de hierba o 50 Tn. de maíz.

Deseo recibir, sin compromiso alguno, más información sobre: **EQUIPLANT PLUS**

MG

Nombre.....

Calle/nº.....

C. Postal/Población.....

Provincia.....

Remitir dentro de un sobre a: **Comercial RIBA**
Ctra. de l'Hospitalet, 42 - 08940 CORNELLA - BARCELONA

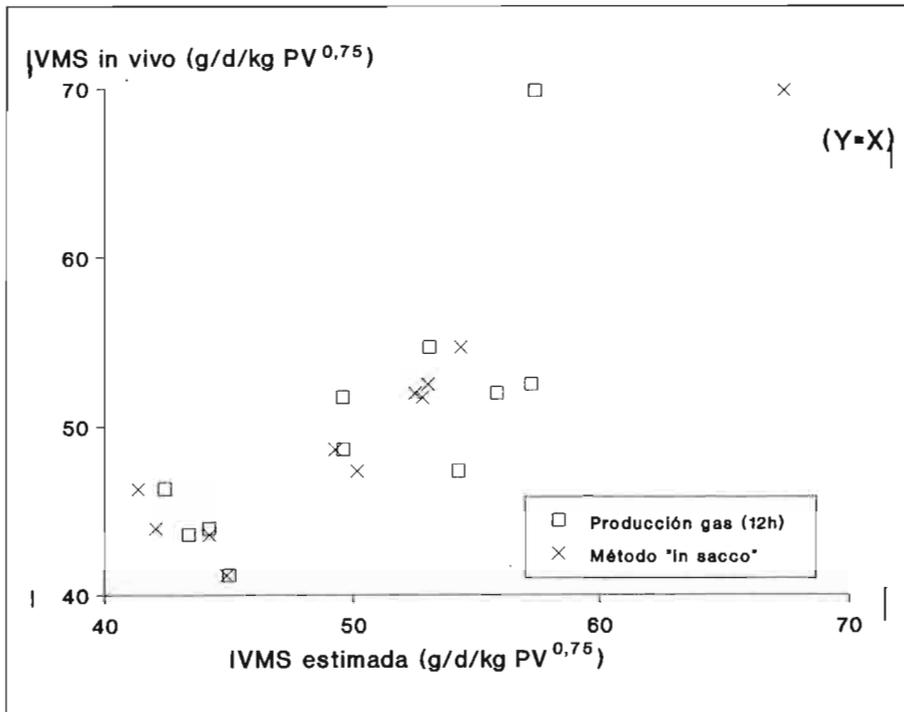


Fig. 4. Relación entre la ingestión voluntaria de materia seca (IVMS) de varios henos estimada a partir de ecuaciones obtenidas con el método de la producción de gas tras 12 horas de incubación en líquido ruminal y el método «in sacco», y la IVMS determinada *in vivo*.

dad botánica, como es el caso de nuestros henos (cuadro II).

A partir de estas relaciones se han desarrollado ecuaciones de predicción de la ingestión voluntaria, pero, como ya se ha comentado, su uso está a menudo limitado a forrajes y condiciones similares a aquéllas en las que se determinó ésta.

b) Métodos físicos

Las ecuaciones que pretenden predecir la IV a partir de alguna característica física del forraje son numerosas y se basan en la relación entre alguna medida «física» y el efecto limitante que el volumen del forraje ejerce sobre la ingestión.

Entre estas medidas pueden destacarse la densidad (Seoane, 1982) y la resistencia a la molienda (Chenost et Grenet, 1971), pero estos métodos no han tenido aceptación y no han llegado a estar estandarizados.

En este apartado podría citarse también la utilización de la espectrofotometría de reflectancia infrarroja (NIR). Sin embargo, dados los múltiples factores que afectan a la IV, su utilización como método predictivo no ha dado tan buenos resultados como en el caso de la digestibilidad.

c) Métodos biológicos

En lo referente a la utilización de métodos biológicos para la predicción de la ingestión voluntaria, cabe destacar el método de la producción de gas y el método «in sacco».

En cuanto al primer método, ya descrito en el apartado referente a digestibilidad, algunos autores han encontrado altas correlaciones entre este parámetro y la IV de materia seca (MS) de heno por el ganado ovino (Khazaal et al., 1993). La IV de MS de los henos utilizados en nuestro estudio mostró una relación positiva con la producción de gas tras 12 horas de incubación en líquido ruminal. En la figura 4 puede apreciarse la correspondencia entre los valores de IV de MS estimados mediante este procedimiento y los obtenidos *in vivo*.

En cuanto al método «in sacco», varios autores (Yrskov et al., 1988; Miller and Oddoye, 1989; Khazaal et al., 1993) han encontrado relaciones significativas de la IV con la degradación de forraje en determinados tiempos de incubación y con el ritmo fraccional de degradación ruminal (parámetro c de la ecuación exponencial descrita en el apartado de digestibilidad).

Utilizando datos procedentes de los mismos henos, se puso de manifiesto la existencia de elevadas correlaciones positivas entre la IV y la degradación de los forrajes en el rumen (Carro et al., 1991). El coeficiente de determinación más alto se alcanzó cuando se utilizaron como variables independientes las características de degradación aMS y cMS, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$IVMS = 21,31 + 0,733 \text{ aMS} + 138,39 \text{ cMS};$$

$$r^2 = 0,897; \text{ RSD} = 2,789$$

donde:

$$IVMS = \text{Ingestión voluntaria de MS (g/d/peso vivo } 0,75).$$

La correspondencia entre los valores de IVMS estimados y los determinados *in vivo* se representa gráficamente en la figura 4.

La utilización del método «in sacco» como estimador de la IV es relativamente reciente y todavía no pueden obtenerse conclusiones definitivas, pero puede considerarse, por el momento, como uno de los métodos más prometedores (Mertens, 1993). Como ya se ha comentado anteriormente, la IV de forrajes viene condicionada por el efecto de llenado que estos presentan, por lo que lo ideal sería desarrollar un método adecuado para determinar este efecto (Mertens, 1973). El efecto de llenado es función del ritmo de digestión, ritmo de reducción del tamaño de partícula y tiempo de retención de los forrajes en el tracto digestivo, por lo que los últimos intentos en este campo se centran en la búsqueda de modelos predictivos que integren todos estos parámetros.

Por último, conviene citar que, ante la complejidad del tema de la IV, los sistemas prácticos de alimentación (ARC, 1980; INRA, 1987; NRC, 1987) proponen ecuaciones con varias variables independientes, relacionadas con características del alimento (composición química, digestibilidad, concentración energética,...) y del animal y su estado fisiológico (peso vivo, producción de leche, incrementos de peso vivo, ...).

BIBLIOGRAFIA

Existe una amplia bibliografía a disposición del lector interesado.