INGESTION: FACTORES QUE LA AFECTAN Y METODOS PARA SU ESTIMACION

F. J. Giráldez, R. Peláez, P. Frutos y A. R. Mantecón

Estación Agrícola Experimental de León
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Teniendo en cuenta que la ingestión del ganado ovino en régimen de pastoreo es uno de los parámetros de mayor importancia en los ecosistemas pastorales al condicionar el rendimiento productivo de los animales y el aprovechamiento y evolución de los recursos vegetales, se analizan los factores que controlan la ingestión y los métodos para su estimación. Entre los factores que afectan a la ingestión se consideran los que, con caracter general, están relacionados con el animal (raza, edad, estado fisiológico, etc.) y con las características del pasto (composición botánica, desarrollo fenológico, disponibilidad y estructura, etc.), haciendo algunas referencias a las interacciones entre ellos. No se analiza la intensidad de selección por ser objeto de otro capítulo de esta monografía, pero se hace referencia a factores específicos relacionados con las condiciones ambientales y de manejo. En relación con la metodología utilizada para estimar la ingestión se revisan las técnicas para estimar la ingestión a corto y largo plazo.

INTRODUCCION

La identificación y estudio de los factores que controlan la interacción pasto/animal en los ecosistemas pastorales es fundamental para realizar una explotación racional de los mismos.

Desde el punto de vista del animal, la ingestión es el factor de mayor importancia, ya que, por un lado, condiciona el estatus nutritivo y sanitario del animal y, por ende, su rendimiento productivo y, por otro, determina el grado de aprovechamiento y evolución de los recursos vegetales. Por consiguiente, si se pretende desarrollar estrategias de manejo que combinen cargas ganaderas económicamente rentables con un aprovechamiento eficiente de los recursos vegetales, que asegure su mantenimiento a largo plazo, debe conocerse el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo.

Este objetivo tan sencillo en su pronunciamiento es, sin embargo, de muy difícil realización en la práctica. Por una parte, nos enfrentamos a una actividad, la ingestión, regulada a su vez por múltiples factores, a los que en condiciones de pastoreo se añaden

componentes específicos, tales como la estructura del pasto o la capacidad de selección de los animales, que hacen especialmente difícil predecir el comportamiento ingestivo de los animales (Penning, 1986; Minson, 1990; Hodgson, 1985; Dulphy y Demarquilly, 1994).

Por otra parte, a la compleja regulación de la ingestión en pastoreo, debemos añadir, en el campo metodológico, la dificultad de su estudio, que ha motivado el importante esfuerzo que se ha desarrollado, y se sigue todavía desarrollando, con el objetivo de disponer de técnicas que permitan obtener estimaciones fiables de la ingestión (Le Du y Penning, 1982; Galyean y cols., 1986; Dove y Mayes, 1991).

En el presente capítulo se analiza el efecto de los diferentes factores que controlan la ingestión en pastoreo y se revisan las técnicas comúnmente empleadas para su cuantificación.

CONTROL DE LA INGESTION

De una forma general, puede indicarse que la ingestión de pasto por un rumiante está básicamente determinada por factores relacionados con el animal y con el pasto, aunque otros factores, como el manejo - suplementación, tiempo de pastoreo, etc. - o las condiciones ambientales también pueden ejercer cierta influencia (Freer, 1981; Hodgson, 1985; Milne, 1990; Castro y cols., 1993).

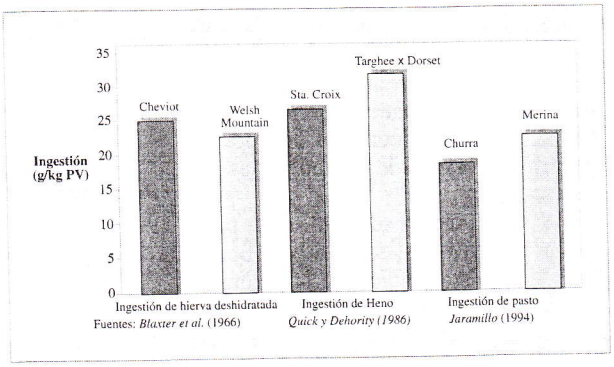

Fig. 1. Diferencias interraciales en la ingestión de forraje.

Factores relacionados con el animal

Entre los factores relacionados con el animal cabe destacar la raza, la edad y el estado fisiológico, aunque otros factores como el estado sanitario del animal también deben tenerse en consideración.

Numerosos autores sugieren que la capacidad de ingestión de forraje está limitada fundamentalmente por la capacidad física de llenado del tracto digestivo, en especial del retículo-rumen, y que esta capacidad está relacionada linealmente con el peso vivo del animal (Van Soest, 1982). De acuerdo con esta teoría, por tanto, las razas ovinas más pesadas deberían presentar una mayor capacidad de ingestión, en términos absolutos (g./animal/día), que las razas más pequeñas, pero similar cuando se expresa esta capacidad en relación con el peso del animal (fig. 1).

En este sentido, Blaxter y col., (1966) observaron diferencias superiores al 50% en la ingestión voluntaria de hierba deshidratada entre las razas Cheviot (61 kg PV) y Welsh Mountain (39 kg PV). Sin embargo, en contra de lo que cabría esperar, las diferencias entre ambas razas se atenúan pero no se anulan cuando se corrigen los valores en función del peso vivo de los animales.

Resultados similares fueron obtenidos por Quick y Dehority (1986) al comparar la ingestión voluntaria de heno en animales de raza Sta. Croix y de un cruce de Targhee y Dorset, cuyos pesos medios diferían en más de un 20%.

Los animales de raza Churra son, en general, de mayor peso que los animales de raza Merina y en diferentes estudios realizados para comparar la anatomía y fisiología digestiva de ambas razas se han puesto de manifiesto diferencias entre ambas razas en la proporción representada por el retículo-rumen respecto al peso vivo vacio, en el volumen ruminal o en la degradabilidad ruminal, de forma que los animales de raza Churra presentan valores de estos parámetros ma-

yores que las ovejas de raza Merina (Frutos y cols., 1992; Ranilla, 1995).

Estas diferencias sugieren una mayor capacidad de ingestión de las ovejas de raza Churra. Sin embargo, Amor (1994) no encontró diferencias significativas entre animales de ambas razas en la ingestión de forrajes de diferente calidad, aunque en este estudio los pesos de los animales de ambas razas fueron similares. Jaramillo (1994), contrariamente a lo esperado, observó que en régimen de pastoreo los animales de raza Merina consumen alrededor de un 15% más de materia seca por kg. de peso vivo que los de raza Churra. Langlands (1968) en condiciones de pastoreo también observó diferencias en la ingestión (g./kg. PV) entre ovejas de raza Merina, Dorset Horn, Southdown y Border Leicester, siendo las ovejas de raza Merina las de menor peso pero mayor ingestión en términos relativos.

Estos resultados, no obstante, no invalidan la relación entre peso y capacidad de ingestión y, por ende, el papel del tracto digestivo como posible factor determinante de diferencias interraciales, sino que pone de manifiesto la complejidad de la regulación de la ingestión. De hecho, evidencias de la relación entre capacidad de distensión o llenado del tracto gastrointestinal, especialmente del retículo-rumen, e ingestión han sido puestas de manifiesto por diversos autores. Hidari (1984), por ejemplo, observó que cuando se extrae una cantidad determinada de contenido ruminal de una oveja, ésta incrementa proporcionalmente el tiempo empleado en ingerir y la ingestión de alimento. Welch (1967), por otra parte, constató un descenso temporal en la capacidad de ingestión de heno cuando se introduce en el rumen de corderos fistulados partículas de plástico de tamaño suficiente para evitar que abandonen el rumen. Sin embargo, tras un período de tiempo los animales volvieron a aumentar la ingestión, lo que sugiere una capacidad variable de distensión ruminal.

La capacidad de distensión puede variar también en respuesta a la calidad del forraje en oferta, si bien este potencial de adaptación puede variar con la raza. En este sentido, Weyreter y Von Engelhardt (1984) pudieron comprobar que los animales de raza Merina y Heidshnunken pueden adaptarse a una ración poco digestible aumentando el volumen ruminal, mientras que los animales de raza Blackhead no mostraron esta capacidad adaptativa y su ingestión voluntaria disminuyó.

Por otra parte, la relación entre ingestión y capacidad de llenado del retículo-rumen puede verse alterada de forma sustancial por la cinética de vaciado del rumen, cuya cuantía e intensidad depende de los procesos de ritmo de paso de la digesta y digestión.

En relación con el ritmo de paso, Iason y cols. (1995) observaron variaciones en la ingestión de heno en tres razas ovinas entre el verano e invierno concomitantes con un descenso en el ritmo de paso y un aumento en el contenido ruminal durante el invierno. Estos autores sugieren la posibilidad de un desplazamiento compensatorio hacia el intestino grueso, pero no aportan datos experimentales que apoyen esta hipótesis.

Diferencias en la cinética de degradación ruminal podrían también determinar diferencias en la capacidad de ingestión, y a este respecto se han constatado diferencias entre ovejas de raza Churra y Merina en la degradación ruminal de sustratos de diferente naturaleza (ver fig. 2), aunque contrariamente a lo que podría esperarse según lo comentado anteriormente, la mayor degradabilidad correspondió a las ovejas de raza Churra (Carro y cols., 1993; Giráldezy cols., 1994b). No obstante, la contribución de la degradación ruminal a la reducción de tamaño de partícula es mínima y los animales de ambas razas parecen tener una eficiencia de masticación similar (Amor, 1994), por lo que las diferencias observadas entre ambas razas en condiciones de pastoreo podrían obedecer a otras causas.

Así por ejemplo, la edad de los animales utilizados en la experiencia

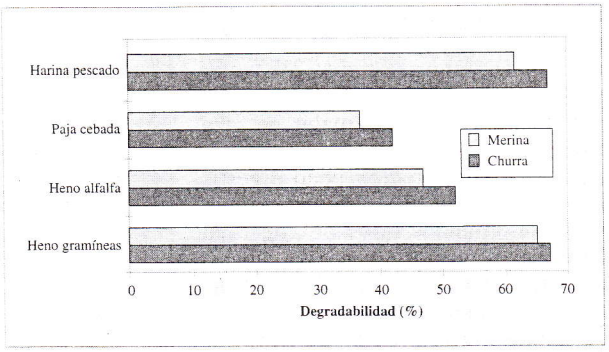

Fig. 2. Diferencias interraciales en la degradabilidad ruminal de diferentes alimentos (Fuente: Carro y cols., 1993).

realizada por Jaramillo (1994) osciló entre los 24 y 36 meses y Langlands (1968), comparando la ingestión en pastoreo de 4 razas de diferente peso, pero también con edades comprendidas entre los 17 y 37 meses, sólo detectó diferencias significativas entre razas en la ingestión cuando corrigió los valores de ingestión observados utilizando la edad de los animales como covariable.

A medida que crece el animal se observa una reducción en la capacidad de ingestión y, paralelamente, una reducción en el contenido digestivo en relación con el peso vivo vacío (Keteelars y Tolkamp, 1992). Hasta hace relativamente poco tiempo, la reducción en la ingestión se ha relacionado con una disminución en la capacidad del tracto digestivo resultado de una progresiva acumulación de grasa en la cavidad abdominal con la edad del animal (Keteelars y Tolkamp, 1992). Actualmente se rechaza esta teoría, las diferencias en el contenido digestivo son efecto y no causa de variaciones en la ingestión que algunos autores consideran relacionadas con cambios en las necesidades nutritivas del animal. No obstante, el efecto de la edad sobre el consumo de alimento está condicionado por el grado de madurez de los animales, por lo que cuando se comparan razas debe considerarse este aspecto (Thompson y Parks, 1983; Thonney y cols., 1987).

Como señalan Arnold y Birrel (1977), la condición corporal también puede determinar diferencias en la ingestión entre animales, pero en la experiencia realizada por Jaramillo (1994) no se encontraron diferencias significativas en la condición corporal de los animales de ambas razas, por lo que las diferencias observadas por estos autores, en principio, no pueden atribuirse a este factor.

Diferencias en la morfología de la boca y en la conducta alimentaria en pastoreo también podrían determinar diferencias en la ingestión entre razas ovinas, aunque la mayoría de los estudios realizados sobre estos aspectos se basan en comparaciones entre especies, existiendo pocos estudios comparativos entre razas ovinas (Arnold, 1981; Gordon y Illius, 1988; Shipley y cols., 1994). A pesar de la escasa información referente a la especie ovina, existen resultados, como se comenta con mayor detalle en el capítulo siguiente de esta monografía, que apuntan claramente hacia diferencias raciales en la intensidad de selección, que en el caso concreto de las razas Churra y Merina señalan a la primera como más selectiva (Revesado, 1994).

Continuando con los factores relacionados con el animal, dentro de la misma especie, raza y edad, el estado fisiológico también puede afectar la capacidad de ingestión.

Durante la gestación, fundamentalmente en la fase final de la misma, se produce un descenso en la ingestión voluntaria de los animales, aunque este fenómeno no siempre se produce (Arnold, 1975; Forbes, 1986; Amor, 1994). La competición por el espacio entre el útero grávido y el rumen ha sido propuesta como una posible explicación, de forma que al crecer el feto disminuye la capacidad de distensión del rumen (Forbes, 1986). Sin embargo, existen dudas fundadas sobre la validez de esta explicación. Por un lado, la reducción en la ingestión también afecta a alimentos concentrados (Weston, 1982). Por otro, las variaciones en el tamaño del rumen no siempre son paralelas con los cambios en el tamaño del útero (Weston, 1988). La causa de esta reducción en

la capacidad de ingestión probablemente guarde relación con los importantes cambios que experimenta el animal en el sistema endocrino, aunque estas interrelaciones no se han dilucidado hasta la fecha.

Está bien establecido que durante la lactación existe un progresivo incremento en la ingestión voluntaria hasta alcanzar una meseta, para luego descender coincidiendo con la fase final de gestación (Forbes, 1986; Lonne Invertsen, 1994). Este cambio en la ingestión voluntaria parece estar regulado, en primera instancia, por un cambio en la conducta ingestiva, aunque no está claro qué parámetros son los afectados. Así, Journet y Remond (1976) señalan que el incremento en la ingestión va acompañado de un incremento en el número y tamaño de los bocados probablemente en respuesta a cambios neuroendocrinos originados por el déficit nutritivo inicial y la consiguiente movilización de las reservas lipídicas y proteicas (Journet y Remond, 1976). Amor (1994), sin embargo, no encontró diferencias significativas en la velocidad de ingestión durante las 5 primeras semanas de la lactación en ovejas recibiendo heno de alfalfa a voluntad, pero sí observó una tendencia clara a aumentar el tiempo empleado en la ingestión después del parto.

Paralelamente a los cambios en la pauta de alimentación, se produce una progresiva hipertrofia e hiperplasia del rumen (Fell y Weekes, 1975) y del intestino (Fauconneau y Mitchel, 1970) que permite un nuevo aumento de la capacidad digestiva y de ingestión. Cambios en el turnover de la digesta también pueden contribuir a incrementar la ingestión (Keteelars y Tolkamp, 1992), aunque un mayor ritmo de paso también puede ser efecto y no causa de una mayor ingestión

El estado sanitario de los animales es, por supuesto, un parámetro de gran importancia en cualquier sistema de producción animal, aunque su importancia pueden trascender del ámbito estricto de la producción animal. De una forma concreta, en refe-

MILOXAN

Vacuna contra las enterotoxemias de los rumiantes

COMPOSICION:

Cada dosis de 2 ml. de vacuna contiene las cantidades suficientes para obtener en el animal de control:

* **Por ml. de suero:**

Anatoxina de:	
- Cl. perringes (tipos B, C y D)	10 UI de antitoxina beta - 5 UI de antitoxina épsilon.
- Cl. septicum	2,5 UI de antitoxina.
- Cl. novyi	2,5 UI de antitoxina.
- Cl. tetani	2,5 UI de antitoxina.

* **Por desafío:**

Anatoxinas de Cl. sordelli	100% de protección.
Anacultivo de Cl. chauvoei	100% de protección.
Aluminio (en forma de hidróxido)	4,2 mg.
Formaldehído, máximo	3,2 mg.
Solución de cloruro sodio 0,15 M.s.c.p.	2 ml.

INDICACIONES Y ESPECIES DE DESTINO:

Inmunización activa de animales sensibles (bovinos, caprinos, ovinos) contra:

* Enterotoxemias producidas por clostridium perfringens y clostridium sordelli, y en particular:
  - Disentería del cordero (Lamb dysentery) - Cl. perfringens tipo B.
  - Enterotoxemia fulminante (Struck) - Cl. perfringens tipo C.
  - Infección del riñón pulposo (Pulpy Kidney Disease) - Cl. pefringens tipo D.
* Carbunco sintomático (Blackleg) - Cl. chauvoei.
* Edema maligno del cuajar (Braxy) - Cl. septicum.
* Hepatitis infecciosa necrosante (Black disease) - Cl. noyvi.
* Grangrenas gaseosas - Cl. perfringens - Cl. septicum, Cl. noyvi.
* Tétanos - Cl. tetani.

PRECAUCIONES:

* Respetar las condiciones habituales de asepsia.
* Vacunar únicamente animales sanos, fuera de todo fenómeno de estrés, con el fin de obtener una respuesta inmunitaria óptima.
* La vacunación puede desencadenar reacciones de hipersensibildad en animales enfermos, y por esta razón no se debe gener alizar la vacunación a todo el colectivo antes de que se haya com probado la sensibilidad en algunos animales.

CONTRAINDICACIONES:

No vacunar a cabras gestantes.

N.° DE REGISTRO: 9.194

rencia al tema que nos ocupa en esta exposición, cabe destacar que las ecto y/o endoparasitosis tienen especial relevancia en la producción animal en condiciones de pastoreo, pudiendo incidir negativamente en la ingestión y/o utilización digestiva y metabólica de los nutrientes ingeridos, aspecto que se analiza en mayor profundidad en otro capítulo de esta monografía.

Factores relacionados con el alimento

De acuerdo con las características del animal, por tanto, puede establecerse una capacidad potencial de ingestión. La expresión de esta capacidad, tal y como se apuntó al inicio del presente capítulo, depende, sin embargo, de factores relacionados con el alimento que analizaremos a continuación.

Abstracción hecha de las especiales circunstancias que concurren en condiciones de pastoreo, y que abordaremos posteriormente, las características físico-químicas de la hierba en oferta, determinadas básicamente por variables como la familia y especie botánica y el estado vegetativo, limitan su ingestión (Minson, 1990; Dulphy y Demarquilly, 1994).

En lo que se refiere a la familia botánica, puede indicarse que, en general, las leguminosas son ingeridas en mayor cantidad que las gramíneas (Minson, 1990). No obstante, diferencias entre especies botánicas pueden ser considerables (Minson, 1990).

Las diferencias entre gramíneas y leguminosas probablemente son consecuencia de diferencias en el contenido y estructura de la pared celular que determina una menor resistencia de las gramíneas a la masticación durante la ingestión y rumia, y como consecuencia un mayor ritmo de paso (Minson, 1990).

Deficiencias en un nutriente y/o la presencia de sustancias antinutritivas también pueden a contribuir a explicar las variaciones en la ingestión voluntaria entre especies. Minson y Milford (1967), por ejemplo, observaron en ovejas que la ingestión voluntaria de la especie vegetal *Digitaria decumbes*, deficiente en nitrógeno (38 g. de proteína/kg de materia seca), incrementó, tal y como refleja la figura 3, de 632 a 900 g./día cuando se administró conjuntamente con una pequeña cantidad de alfalfa, leguminosa con un elevado contenido en proteína.

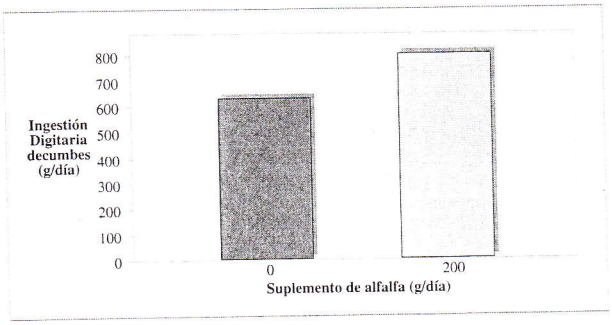

Fig. 3. Efecto de la suplementación con alfalfa sobre la ingestión de Digitaria decumbes (Fuente: Welch y Milford, 1967).

Por otra parte, se ha estimado que aproximadamente 7.000 especies vegetales contienen sustancias en alguna medida tóxicas para los animales (McDonald, 1981). Existen múltiples ejemplos de especies vegetales que son total o parcialmente rechazadas por los rumiantes domésticos y salvajes probablemente como consecuencia de una aversión condicionada, aunque los mecanismos de asociación de los rumiantes son relativamente limitados y no siempre logran identificar correctamente la especie tóxica con el perjuicio que ello conlleva (Malechek y cols., 1986; Provenza y Balph, 1987).

Continuando con los factores mencionados. A medida que la planta envejece, incrementa la proporción de tallos y flores, disminuyendo la proporción de hojas y la ingestión voluntaria. Este efecto es consecuencia, por un lado, de la mayor resistencia ofrecida por los tallos a la masticación y a cambios químicos, tanto en los tallos como en las hojas, que dis-

minuyen la degradabilidad ruminal de la planta (fig. 4) y aumentan también su resistencia a la masticación (Minson, 1990; Giráldez y cols., 1993).

De lo expuesto hasta el momento podemos concluir que la interacción entre la capacidad potencial de ingestión, definida por aquellos factores inherentes al animal, y la palatabilidad e ingestión del alimento en oferta determina la ingestión voluntaria. De hecho, tal y como avalan los sistemas modernos de alimentación de rumiantes, la ingestión voluntaria, cuando se ofrece alimento *ad libitum* y se elimina la posibilidad de selección, puede predecirse a partir de algunos de los parámetros que hemos ido analizando.

En condiciones de pastoreo, además de las características físico-químicas de la hierba en oferta, la disponibilidad y estructura del mismo (altura y densidad), independientemente de su valor nutritivo, puede influir en la ingestión (Hodgson, 1985; Black y Kenney, 1984).

En la figura 5 pueden observarse los valores medios de ingestión de materia orgánica de ovejas de raza Churra en parcelas con diferente altura de la cubierta vegetal y en diferentes estaciones del año procedentes de un experimento realizado por Valdés y cols. (1995). Como refleja la figura, la ingestión fue siempre mayor en la parcela de hierba alta, poniendo de manifiesto el efecto de la altura de la cubierta vegetal sobre la ingestión en animales en pastoreo.

La concepción mecanicista de la ingestión, según la cual el tamaño de los bocados realizados por el animal sobre el pasto está determinado por el área y profundidad del bocado y por la densidad del pasto, permite explicar de una forma sencilla la relación entre altura e ingestión de pasto (Gordon y Hutchings, 1993). De una forma muy simplificada, podemos imaginarnos la boca del animal como un cilindro cuyo volumen potencial viene determinado por el área y profundidad del mismo. Sobre esta base, asumiendo una densidad constante en

Schering-Plough
Animal Health

HAPASIL®

COMPOSICION:
Netobimin micronizado 50 mg./150 mg.
Excipiente c. s. p. 1 ml.

INDICACIONES: Tratamiento de las parasitosis producidas por nematodos gastrointestinales y broncopulmonares, tenias, Fasciola hepática y Dicrocelium dendriticum en el ganado ovino, caprino y vacuno.

CONTRAINDICACIONES: No se han descrito.

PRECAUCIONES: Agitar bien la suspensión antes de su empleo.

PERIODO DE SUPRESION. BOVIDOS:
Carne 10 días.Leche 2 días.

OVIDOS Y CAPRIDOS: Carne 5 días. Leche 2 días.

REGISTRO MAPA N.°: 386-/9.916 y 386/9.917.
SCHERING PLOUGH S. A.
San Agustín de Guadalix (Madrid).

CLOSTRIGUARD ®

COMPOSICION:
— Cl. perfringens (Welchii) tipo B.
— Cl. perfringens (Welchii) tipo C.
— Cl. perfringens (Welchii) tipo D.
— Cl. septicum.
— Cl. oedematiens (Cl. novyi) tipo B.
— Cl. chauvoei.

INDICACIONES: Profilaxis de las siguientes infecciones del ganado bovino, ovino, caprino y conejos: enterotoxemia bacteriana, disentería bacilar, enfermedad del riñón pulposo, edema maligno del cuajar, gangrena gaseosa y carbunco sintomático.

CONTRAINDICACIONES: No se han descrito.

PRECAUCIONES: No vacunar animales enfermos o débiles. Asegurarse que la administración sea subcutánea, ya que la inyección intradérmica o intramuscular puede producir reacciones persistentes. Agitar bien el envase antes de su empleo. Usar ininterrumpidamente una vez iniciada la extracción del contenido.

TIEMPO DE ESPERA: Los animales no podrán sacrificarse para el consumo humano hasta transcurridos 21 días.

REGISTRO MAPA N.° 1: 1.655/10.756.

SCHERING-PLOUGH S. A.
San Agustín de Guadalix (Madrid).

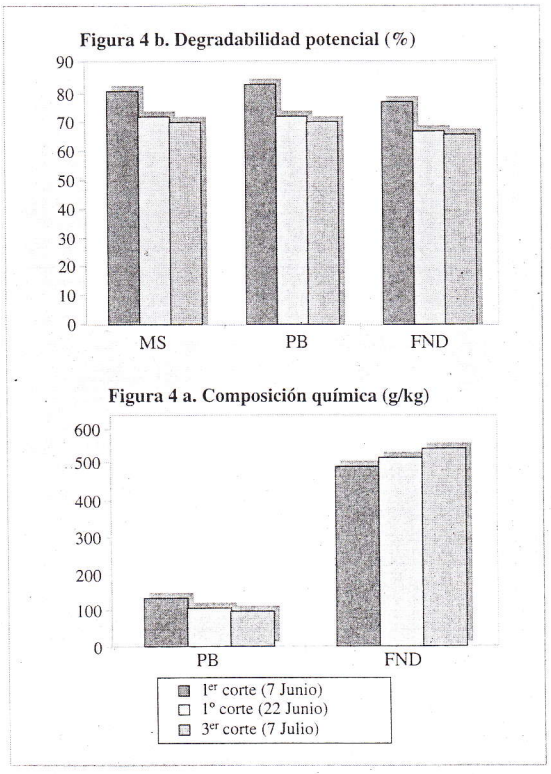

Fig. 4. Efecto de la fecha de corte (grado de madurez) sobre la composición química y degradabilidad de henos de prados permanentes (Giráldez y cols., 1993).

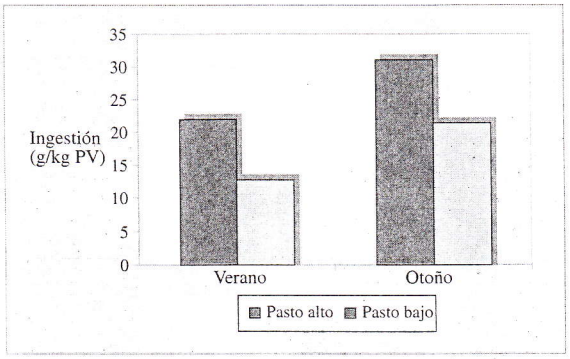

Fig. 5. Efecto de la altura de la cubierta vegetal sobre la ingestión de pasto (Fuente: Valdés y cols., 1994).

el eje vertical de la cubierta vegetal, es fácil entender que a medida que aumenta la altura de la hierba, una mayor proporción del volumen potencial de bocado es alcanzada. No obstante, a partir de una determinada altura se alcanza el máximo potencial de bocado, con lo que posteriores incrementos en la altura de la hierba no se traducen en variaciones en la cantidad de hierba ingerida.

Black y Kenney (1984) observaron, en prados manufacturados que al aumentar la altura de la cubierta vegetal desde 1 hasta 20 cm. la ingestión a corto plazo, determinada por el número y tamaño de los bocados realizados en cinco minutos, aumentaba debido a un incremento en el tamaño de los bocados y a pesar de reducirse el número de bocados. Lógicamente el efecto de la altura es distinto según la densidad del pasto en oferta, de forma que cuanto mayor es la densidad, el animal requiere una menor altura para maximizar el tamaño de bocado y la ingestión a corto plazo (Black y Kenney, 1984).

En la situación opuesta, a medida que disminuye la altura de la cubierta vegetal el animal tiende a aumentar el número de bocados para compensar la reducción en su tamaño. No obstante, por debajo de una altura animal no puede aumentar el número de bocados para compensar la reducción en el tamaño de los mismos, con lo cual la ingestión a largo plazo disminuirá si el animal no incrementa el tiempo de pastoreo.

De hecho, los animales aumentan el tiempo de pastoreo para compensar una reducción en la ingestión a corto plazo, aunque este mecanismo de compensación puede ser insuficiente (Allden y Whittaker, 1970).

Existe un limitado conocimiento de los factores que regulan el tiempo máximo que el animal puede permanecer pastando (Freer, 1981). Es evidente que un porcentaje considerable del tiempo diario debe reservarse para la rumia (Arnold, 1981; Welch y Hooper, 1988). Por término medio esta actividad oscila entre 1,5 y 11 horas, dependiendo de la cantidad y calidad del alimento consumido (Arnold, 1981). No obstante, el tiempo necesario puede también oscilar con la especie animal, ya que la eficiencia

de la rumia (minutos necesarios por gramo de pared celular ingerido), como refleja la figura 6, parece disminuir al disminuir el tamaño corporal (Demment y Greenwood, 1988). Por otra parte, el animal también dedica un tiempo extra a descansar y a actividades sociales, actividades que pueden reducirse pero no suprimirse, constituyendo otro límite al tiempo que el animal puede emplear en pastar (Arnold, 1981; Freer, 1981).

Evidentemente, la relación entre la ingestión y la estructura del pasto es mucho más compleja de lo que se ha señalado. En primer lugar, la morfología de la boca y la forma de pastoreo puede variar de forma importante entre especies y razas de rumiantes (Hofmann, 1984; Gordon y Illius, 1988; Jaramillo, 1994). En segundo lugar, el tamaño de bocado puede estar más relacionado con la capacidad de procesado que con la capacidad potencial (Shipley y cols., 1994). Y, en tercer y último lugar, la capacidad de procesado guarda estrecha relación con la calidad de la hierba consumida, y a este respecto puede seleccionar bocados menores pero de mayor calidad (Revesado, 1994; Shipley y cols., 1994).

Otros factores

Continuando con el análisis de los factores que regulan la ingestión en los rumiantes, los últimos factores de relativa importancia, que se unen a los ya comentados, son las condiciones ambientales y el manejo, dentro del cual destacaremos únicamente la suplementación (Freer, 1981; Young, 1987).

En lo que se refiere a las condiciones ambientales, cabe señalar como factores más relevantes la temperatura y el fotoperíodo, aunque otros parámetros como la pluviometría, intensidad y velocidad del viento, etc., también pueden condicionar directa o indirectamente la ingestión (Malachek y Smith, 1976; Gettys y cols., 1989; Milne, 1990).

Se ha observado que en respuesta a una reducción de la temperatura ambiente por debajo de la temperatura crítica, el animal incrementa la ingestión voluntaria (Weston, 1970; Senft y Rittenhouse, 1985; Young, 1987). No obstante, si el frío no es muy intenso puede producirse el efecto contrario, ya que el animal puede poner en funcionamiento una táctica basada en conservar el calor y minimizar el gasto energético (Malachek y Smith, 1976). De hecho, en condiciones de pastoreo es frecuente que cuando disminuye la temperatura disminuye también paralelamente el tiempo de pastoreo, circunstancia que, en contra de lo esperado, puede influir negativamente en la ingestión (Adams y cols., 1986). Asimismo, se ha podido constatar que los animales cuando pastan orientan su cuerpo de forma que puedan interceptar la mayor cantidad de radiación solar posible y al mismo tiempo presentan una mayor tendencia a agruparse, lo cual les permite crear un microclima más favorable (Senft y Rittenhouse, 1985).

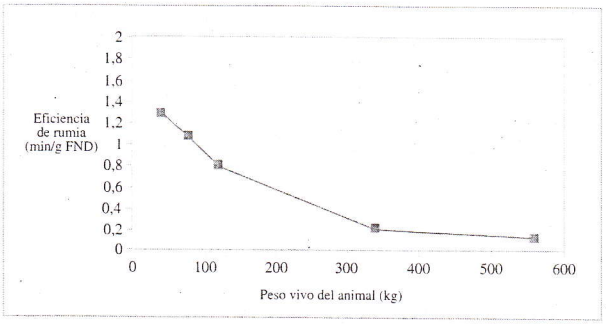

Fig. 6. Relación entre el tamaño corporal y la eficiencia de rumia (Fuente: Welch y Hooper, 1988).

Temperaturas elevadas, por el contrario, deprimen la ingestión (Senft y Rittenhouse, 1985; Young, 1987). Inicialmente, la reducción en la ingestión obedece a la necesidad de reducir la producción de calor para no contribuir a elevar la temperatura corporal. Secundariamente, y como consecuencia de un incremento en el contenido digestivo debido a una disminución de la motilidad gastro-in-

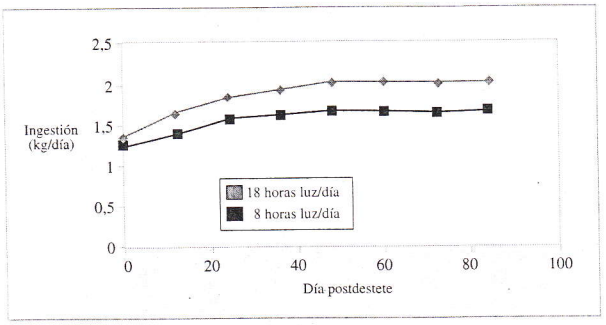

Fig. 7. Efecto del fotoperíodo sobre el desarrollo del apetito en corderos desde el destete (Fuente: Gettys y cols., 1989).

testinal y en el ritmo de paso de la digesta también se limita la ingestión (Young, 1987).

En condiciones de pastoreo los animales hacen frente a las elevadas temperaturas modificando su comportamiento, tal que pastan durante aquellas horas a las cuales la radiación solar y la temperatura ambiente son menos intensas (Young, 1987). No obstante, existen diferencias entre especies y razas de rumiantes en su capacidad de resistencia a las condiciones ambientales, hecho de gran importancia desde la perspectiva de la producción animal. Ambas circunstancias, modificación del comportamiento y adaptación evolutiva, son factores que deben tenerse en consideración cuando se diseñen sistemas de producción y se planifiquen estrategias de manejo.

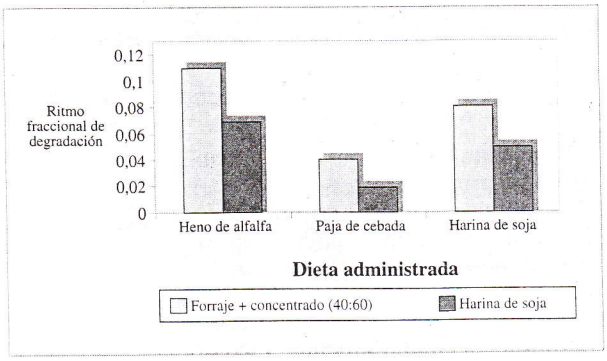

Fig. 8. Efecto del tipo de dieta sobre el ritmo fraccional de degradación de diferentes alimentos (Fuente: Giráldez y cols., 1994a).

El efecto del fotoperíodo sobre la ingestión voluntaria se han observado en diferentes especies de ungulados, incluida la especie ovina (Gettys y cols., 1989; Milne, 1990). El efecto del fotoperíodo sobre la ingestión se ilustra claramente en la figura 7, donde se muestran los resultados obtenidos por Gettys y cols. (1989) en un experimento en el que estudiaron el efecto de dos fotoperíodos diferentes (16 y 8 horas de luz al día) sobre el desarrollo de la ingestión voluntaria desde el destete en corderos de raza Suffolk. Como puede apreciarse, los corderos asignados al tratamiento con mayor numero de horas de luz al día presentaron ingestiones significativamente superiores.

La estacionalidad en la producción vegetal es una característica de los sistemas extensivos de producción de rumiantes, alternándose períodos de abundancia, en los que los animales pueden acumular reservas, con épocas de escasez durante las cuales los animales movilizarán las reservas. En ciertas condiciones, no obstante, la movilización de reservas corporales es insuficiente y puede comprometer la productividad animal a corto y medio plazo, por lo que se hace imprescindible la suplementación alimenticia.

Por regla general, la suplementación con concentrados energéticos, cuando la disponibilidad de hierba no es limitante, permite incrementar la ingestión total de energía, pero incide negativamente en el consumo de hierba (Allden, 1981; Castro y cols., 1993). El efecto negativo de la suplementación puede apreciarse en la figura 8, donde se muestra la ingestión de hierba en ovejas en lactación suplementadas con diferente cantidad de cebada. Tal y como refleja la figura 3, la ingestión de hierba es menor en los animales suplementados, siendo la reducción en la ingestión mayor cuanto mayor es el nivel de suplementación.

En diferentes trabajos se ha observado, no obstante, que el efecto derivado de la suplementación es menos acusado o incluso inexistente cuando

la disponibilidad de hierba es limitante y el animal no puede maximizar la ingestión de hierba (Allden, 1981; Minson, 1990).

La ingestión de concentrados amiláceos puede además producir modificaciones de las condiciones ruminales y disminuir la utilización digestiva de los alimentos fibrosos (Allden, 1981; Minson, 1990). A modo de ejemplo, podemos señalar que en experimentos realizados en la Estación Agrícola Experimental de León hemos constatado una reducción en el ritmo fraccional de degradación en el rumen de diferentes forrajes cuando se incorporó, en una proporcion del 60% sobre la materia seca, cebada en grano a la ración de ganado ovino (Giráldez y cols., 1994a). No obstante, el efecto derivado de la ingestión de concentrados energéticos, tanto sobre la ingestión como sobre la utilización digestiva, es realmente complejo y puede variar con factores como el tipo y pauta de administración y/o la calidad del forraje (Kaufmann y col., 1980; Goetsch y Owens, 1985; Carro y cols., 1994; Minson, 1990) (fig. 8).

Por medio de la suplementación, sin embargo, también es posible corregir déficit cualitativos del pasto, desarrollando un efecto beneficioso sobre la ingestión y utilización digestiva (Ventura y cols., 1975; Allden, 1981). Algunas especies vegetales, especialmente a medida que aumenta el grado de madurez, presentan contenidos en nitrógeno relativamente bajos que podrían limitar la fermentación ruminal e incidir negativamente en la ingestión y aprovechamiento que el animal puede realizar de las mismas (Allden, 1981; Minson, 1990). En este sentido, en la literatura científica se recogen múltiples ejemplos de incrementos en la ingestión y digestibilidad de forrajes favorecidos por la suplementación proteica, aunque la mayor parte de estos estudios se han realizado en condiciones de estabulación, generalmente con forrajes henificados (Huston y cols., 1988; Minson, 1990; Stritzler y cols., 1992;).

METODOS DE ESTIMACION DE LA INGESTION

A la hora de revisar las técnicas comúnmente empleadas para estudiar la ingestión en condiciones de pastoreo, conviene diferenciar entre ingestión a largo y a corto plazo. La ingestión a corto plazo hace referencia a un período de tiempo muy corto, generalmente referido a minutos. La ingestión a largo plazo hace referencia a la ingestión realizada en un día y conceptualmente resulta de la interacción entre la ingestión a corto plazo y del tiempo diario empleado en pastar.

Ingestión a largo plazo

Para estimar la ingestión a largo plazo se han desarrollado diferentes métodos, siendo el método más antiguo y considerado como estándar o convencional el método basado en la producción fecal y la digestibilidad de la dieta consumida (Schneider y Flatt, 1975; Cordoba y cols., 1978; Le Du y Penning, 1982).

Estimación de la digestibilidad

La digestibilidad de los forrajes guarda una estrecha relación con su composición química, razón por la cual se ha planteado utilizar la composición química para predecir la digestibilidad de los forrajes (Van Soest, 1982; Minson, 1990). En este sentido, se ha realizado una ingente labor investigadora encaminada a aislar alguna fracción química del alimento cuyo valor permita predecir la digestibilidad de los alimentos, siendo los resultados obtenidos infructuosos. No obstante, tal y como señala Van Soest (1982), la búsqueda de relaciones entre la composición química y la digestibilidad de los forrajes se ha centrado en un número limitado de componentes y aún ignoramos muchos de los factores químicos que determinan la digestibilidad. A esta limitación debemos añadir que la mayoría de los análisis rutinarios desarrollados no pueden determinar factores cuya incidencia en la digestibi-

lidad es bien conocida, como las relaciones estructurales entre las distintas fracciones químicas (Van Soest, 1982).

Dada esta limitación de la composición química, se han desarrollado técnicas que tratan de simular la digestión *in vivo* con el fin de predecirla. La técnica más conocida y ampliamente utilizada es la de la digestibilidad *in vitro* desarrollada por Tilley y Terry (1963), que permite estimaciones más precisas que las obtenidas por otros métodos (Galyean y cols., 1986). No obstante, este método de estimación de la digestibilidad presenta varios inconvenientes, uno de los cuales es el de obtener un único valor de digestibilidad para aplicar a todos los animales experimentales, independientemente de su nivel de ingestión, estado fisiológico o sanitario, etc.

Un valor individual de la digestibilidad puede estimarse utilizando el método de los indicadores internos, que se fundamenta en que conocida la concentración de una sustancia indigestible en el alimento y en las heces, la relación entre ambas permite estimar la digestibilidad del alimento consumido.

Hasta la fecha se han sugerido y probado como indicadores un amplio número de sustancias, entre las que cabe destacar inicialmente la lignina, los cromógenos, la sílice o las cenizas insolubles en ácido (Galyean y cols., 1986). Estas sustancias, sin embargo, no reúnen todos los requisitos que debe poseer un indicador, no siendo recomendable su utilización. Así, por ejemplo, la lignina y los cromógenos no son entidades químicas específicas y su recuperación está muy influida por la metodología empleada en el muestreo (Fahey y Jung, 1983; Le Du y Penning, 1982). En el caso de las cenizas insolubles en ácido o de la sílice también se han observado recuperaciones fecales variables, posiblemente en parte consecuencia de la contaminación del pasto o las heces con tierra o polvo (Kobt y Lukey, 1972; Porter y Sniffen, 1985).

Grace y Body (1981) comprobaron que los ácidos grasos de cadena larga, entre 19 y 32 átomos de carbono, presentes en la cutícula de las plantas eran recuperados completamente en las heces, por lo que sugirieron su utilización como indicadores internos. No obstante, hasta la fecha no se han realizado nuevos experimentos para comprobar esta posibilidad, probablemente debido a la complejidad analítica que requiere la determinación de estos componentes.

Diferente signo han seguido otros componentes de la cutícula, como son los alcanos, sobre los que se ha realizado una extensa investigación (Dove y Mayes, 1991). Su utilización como indicador interno presenta, sin embargo, el inconveniente de que la recuperación fecal es incompleta y varía con la longitud de la cadena, siendo mayor cuanto mayor número de átomos tenga la cadena (Dove y Mayes, 1991).

Las fracciones indigestibles de diferentes componentes químicos, tales como la fibra ácido detergente o la celulosa, también se han propuesto como indicadores internos, siendo los resultados obtenidos muy variables (Penning y Jonhson, 1983a, b; Galyean y cols., 1986; Nelson y cols., 1990).

La materia seca indegradable también se ha estudiado como potencial indicador interno, obteniéndose estimaciones fiables de la digestibilidad, con un grado de aproximación comparable al de otros indicadores internos (López y cols., 1995). Su utilización como indicador interno tiene la ventaja de eliminar la realización de análisis químicos, pero el inconveniente de depender para su determinación del empleo de animales fistulados en rumen. Este inconveniente es de gran trascendencia porque la opinión pública actualmente está especialmente sensibilizada respecto al empleo de los animales en investigación y consecuencia de ello nos enfrentamos a una legislación cada vez más estricta respecto a los derechos de los animales y a la necesidad de emplear técnicas alternativas que no

requieran el empleo de animales manipulados quirúrgicamente.

En este sentido, la utilización de animales fistulados en rumen, necesarios para obtener líquido ruminal o realizar incubaciones *in sacco,* puede evitarse utilizando sondas esofágicas para la obtención de líquido ruminal o empleando técnicas *in vitro* alternativas basadas en el empleo de enzimas fúngicos. Los resultados obtenidos con las técnicas enzimáticas son, no obstante, variados y, en general, se observa que infravaloran la digestibilidad de los forrajes poco digestibles y sobrevaloran los muy digestibles (Carro, 1989).

Estimación de la producción fecal

Al contrario que la digestibilidad de la dieta, la producción fecal puede medirse directamente equipando a los animales con arneses para la recogida de heces, tal y como puede apreciarse en la figura 9. Las principales desventajas de este método, desde el punto de vista de la precisión y exactitud de la estimaciones, son recuperaciones incompletas, la mezcla de los excrementos sólidos y líquidos y las alteraciones del comportamiento de los animales, que en casos extremos cuando el equipo de recogida no se ajusta adecuadamente puede postrar al animal por las lesiones infligidas (Le Du y Penning, 1982).

Además de los inconvenientes apuntados, la colección total de heces es laboriosa y requiere mucho tiempo. A pesar de ello, este procedimiento se considera como el método de elección siempre que sea posible su empleo.

Para evitar la colección total de heces se planteó un método alternativo basado en el empleo de indicadores externos. Los indicadores externos, al igual que los internos, son sustancias indigestibles que, después de un período de administración mínimo para alcanzar un situación de equilibrio dinámico, se excretan en la misma cuantía en que se ingieren. De esta forma, conocida la cantidad diaria ingerida (administrada) y su concentración en heces puede estimarse la producción fecal.

El período mínimo de administración para alcanzar un equilibrio dinámico entre ingestión y excreción varía con el tipo de marcador y la frecuencia de administración, pero generalmente se dosifica de forma discreta, con intervalos de 24 horas o inferiores, durante un período mínimo de tiempo de 5 días previo al inicio de la colección de heces. Para determinar su concentración en heces es suficiente con disponer de una pequeña muestra de heces, que puede obtenerse directamente del recto de los animales *(grab sampling)* o del suelo *(ring sampling),* si bien el primero de los métodos es el más adecuado. Al igual que para la colección total se recomienda un período mínimo de colección de 5 días, realizando un *pool* para el conjunto del período sobre el que realizar las determinaciones analíticas.

La producción fecal puede también estimarse utilizando una dosis única de indicador, recogiendo muestras de heces a diferentes tiempos desde el momento de la administración del indicador y ajustando la concentración del indicador obtenida en los diferentes tiempos de muestreo a un modelo matemático a partir de cuyos parámetros puede realizarse la estimación de la producción fecal (Krysl y cols., 1985; Galyean y cols., 1986; Lugin-

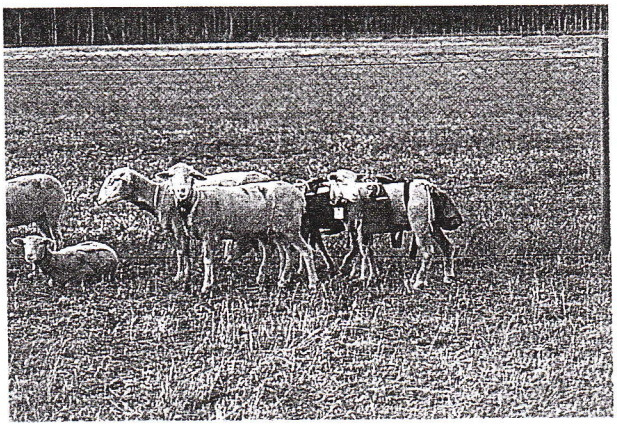

Fig. 9. Ovejas equipadas con arneses para la recogida de heces.

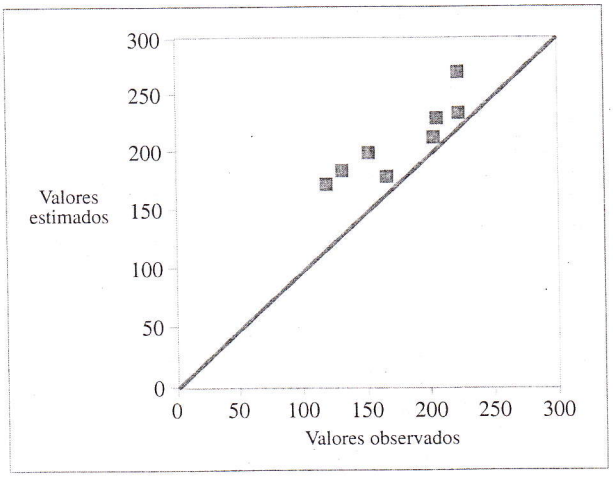

Fig. 10. Relación entre la producción fecal (g./día) determinada mediante colección con arneses (valores observados) y la producción fecal estimada utilizando óxido de cromo como indicador externo (Fuente: Valdés, 1992).

buhl y cols., 1994). Este método también permite estudiar la cinética de paso de la digesta, pero requiere llevar a cabo numerosos muestreos de heces. Este problema, no obstante, puede subsanarse parcialmente si se administran, desplazados en el tiempo, dos indicadores de similar naturaleza y comportamiento en el tracto digestivo, cuyas concentraciones puedan equipararse (Pond y cols., 1989).

El indicador inicialmente más empleado en estudios de pastoreo ha sido el óxido de cromo en polvo, pero se han señalado inconvenientes como recuperaciones incompletas, variaciones diurnas en la concentración fecal o dificultades analíticas, que pueden conducir a la subestimación o sobrestimación de la producción fecal (Le Du y Penning, 1982; Lee y cols., 1986).

Para intentar eliminar los problemas señalados se han propuesto diferentes formas de administración, entre las que mencionaremos las siguientes: cápsulas de gelatina con óxido de cromo en suspensión oleosa, papel impregnado con óxido de cromo, cromo ligado a la fibra o los sistemas de dosificación intrarruminal continua (Corbett y cols., 1958; Uden y cols., 1980; Costigan y Ellis, 1987).

La dosificación en suspensión oleosa, sin embargo, plantea los mismos problemas que la dosificación de óxido de cromo en polvo. En este sentido, en la figura 10 puede observarse la relación obtenida entre la producción fecal determinada mediante colección con arneses y la estimada utilizando óxido de cromo, administrado en cápsulas de gelatina, en un experimento de pastoreo llevado a cabo por Valdés (1992) con ovejas de raza Churra. Como puede apreciarse, la estimación obtenida con el indicador sobrestima la producción fecal, circunstancia que conducirá también a una sobrestimación de la ingestión.

Los otros métodos, aunque presentan cierta ventaja en lo que se refiere a la recuperación fecal y/o a la homogeneización con el contenido digestivo, presentan otros inconvenientes que limitan su empleo. Así, el cromo ligado a la fibra permite obtener recuperaciones fecales muy elevadas, pero su preparación es compleja y la dosificación resulta muy engorrosa (Udén y cols., 1980). El papel impregnado elimina el problema de los cromatos y permite una liberación del cromo en el rumen paulatina, atenuando las variaciones en la concentración del indicador en la digesta y en las heces (Le Du y Penning, 1982); su preparación, sin embargo, es compleja. El sistema intrarruminal de liberación continua constituye el método óptimo de dosificación, pero existen todavía problemas técnicos que limitan su empleo (Galyean y cols., 1986).

Se han propuesto indicadores alternativos al óxido de cromo, como las tierras raras (iterbio, cerio o rutenio), el magnesio ferritina o los alcanos de número par y elevado de átomos de carbono (Kobt y Luckey, 1972; Galyean y cols., 1986; Dove y Mayes, 1991).

Las tierras raras, con excepción del iterbio, tienen el inconveniente de su determinación analítica, que es compleja y muy costosa, circunstancia que, aparte de otras limitaciones, las descarta para su aplicación en estu-

dios de pastoreo. En lo que respecta al iterbio, cabe señalar que las estimaciones de la producción de heces obtenidas con este indicador no son más exactas que las obtenidas con el óxido de cromo (Galyean y cols., 1986). De hecho, la recuperación de iterbio en las heces tampoco es completa (Galyean y cols., 1986). Por otra parte, la concentración de este indicador en heces no es constante a lo largo del día. Este fenómeno puede atribuirse a una preparación incorrecta de las dosis; a la unión diferencial en el rumen de partículas del alimento o a microorganismos, que abonan el tracto digestivo a diferentes ritmos de paso; por último, puede ser que se formen complejos insolubles (Prigge y cols., 1981).

Los estudios realizados con magnesio ferritina lo señalan como un método simple y preciso, y, por tanto, alternativo a los métodos que implican determinaciones químicas que exigen una importante cantidad de tiempo (Bruckental y cols., 1987).

En lo que se refiere a los alcanos, esta sustancias, en general, no reúnen estrictamente los requisitos exigidos a los indicadores externos, ya que son constituyente naturales de las plantas. Sin embargo, los compuestos de número par de átomos de carbono no están presentes o se encuentran en concentraciones prácticamente despreciables, siendo factible su empleo como indicadores externos. En comparación con el magnesio ferritina presentan el inconveniente de precisar para su determinación de análisis químicos relativamente complejos. Además, su recuperación en heces varía con la longitud de la cadena, de forma que la recuperación es tanto más elevada cuanto mayor número de átomos de carbono tenga la cadena (Dove y Mayes, 1991).

La incompleta recuperación de los alcanos puede subsanarse, como demostró Mayes y cols. (1986), combinando la utilización de un alcano impar (indicador interno para estimar la digestibilidad) y otro par (indicador externo para estimar la producción fecal) con longitudes de cadena próximas para estimar la ingestión. De esta forma, al tener ambos alcanos recuperaciones similares se compensa la sobreestimación que se produce en la producción fecal con la subestimación en la digestibilidad. Este método se revela como el de mayor difusión en un futuro próximo, aunque en la actualidad se están realizando diferentes investigaciones para solventar ciertas deficiencias y/o simplificar su utilización.

Además de los señalados, existen otros métodos más groseros para estimar la ingestión a largo plazo. Así, por ejemplo, existe el método agronómico basado en las variaciones que se producen en la biomasa vegetal de un pasto durante un período corto de tiempo (Langlands, 1975; Meijs y cols., 1982). La ingestión también puede estimarse a partir de los datos de producción animal, relacionando, a través de ecuaciones de estimación de las necesidades, la cantidad de nutrientes que el animal debe consumir para mantener el nivel de producción observado y el valor nutritivo del pasto en oferta (Baker, 1982). Este método, no obstante, es muy poco preciso, tanto por la dificultad de estimar correctamente las necesidades nutritivas de los animales, como por la dificultad de conocer el valor nutritivo de la dieta seleccionada por los animales.

En la actualidad se están investigando nuevos métodos de estimación, entre los que podemos citar la producción de metano (Aguilera y Pérez, 1993) o la excreción de catabolitos nitrogenados en la orina (Balcells, 1990; Giráldez, 1992), aunque los resultados obtenidos hasta la fecha son poco esperanzadores.

Ingestión a corto plazo

Hasta hace relativamente poco tiempo, los estudios de ingestión se han limitado a estimar la ingestión a largo plazo, obviando el análisis diferenciado de los distintos componentes que la definen.

Para estimar la ingestión a corto plazo se han desarrollado diferentes

métodos, siendo el método más sencillo y también el más empleado el que se basa en estudiar mediante observación directa la conducta alimentaria de los animales y simular manualmente los bocados realizados por los animales (Gordon, 1995). De esta forma se puede estimar *grosso modo* el número y tamaño de los bocados.

Este método exige una gran cantidad de dedicación y es muy poco fiable en experimentos de gran escala, entre otras razones, por la variación entre observadores y porque el seguimiento y simulación de los animales es una tarea muy difícil.

El desarrollo de la electrónica e informática ha permitido desarrollar técnicas más precisas y exactas. Así, por ejemplo, se dispone en la actualidad de sensores que se colocan alrededor del hocico de los animales y que permiten registrar la actividad masticatoria y obtener información sobre el tiempo de pastoreo y rumia y sobre el número de movimientos mandibulares relacionados con la ingestión (bocados) y rumia (Stobbs, 1973). Esta técnica combinada con el empleo de animales fistulados en esófago permite estimar el número y tamaño de los bocados de forma más precisa que el método descrito anteriormente, pero no está exento de importantes limitaciones. En primer lugar, la manipulación quirúrgica y el equipamiento con el material electrónico (sensor, arnés con transmisor, etc.) puede alterar la conducta de los animales (Gordon, 1995). En segundo lugar, la recuperación de las extrusas no es total y el porcentaje está sujeto a una importante variación individual (Gordon, 1995). En tercer lugar, los sensores empleados registran tanto los bocados reales como los movimientos mandibulares asociados con la manipulación de la hierba y la relación entre ambos movimientos no es constante (Forbes, 1988). En cuarto y último lugar, el material empleado para el registro de los movimientos mandibulares es costoso y aunque robusto suelen producirse averías con relativa frecuencia.

Una estimación de la cantidad de pasto consumido puede obtenerse también a partir de los cambios de peso que experimenta el animal durante las comidas. Para ello se ha desarrollado un sistema electrónico que se dispone en las pezuñas de los animales, registrando de forma automática los cambios de peso (Penning y Hooper, 1985). Con esta técnica es necesario tener en cuenta las pérdidas de peso asociadas con la producción fecal, la excreción urinaria y otras pérdidas, lo cual lo convierte, independientemente de su precisión y exactitud, en un método poco recomendable. Además, es preciso conocer la composición de la dieta para determinar la ingestión de materia seca u otros componentes más específicos.

Forwood y cols. (1985) desarrollaron una nueva técnica para estimar la ingestión basada en la estrecha relación existente entre la ingestión de hierba y el número de bolos alimenticios deglutidos. Establecida matemáticamente esta relación, únicamente será preciso conocer el número de bolos deglutidos por los animales en un período de tiempo y para ello se han desarrollado dispositivos electrónicos que se colocan en la pared externa del esófago y permiten registrar el paso de los bolos (Stuth y cols., 1981; Forwood y cols., 1985). Este método, no obstante, tiene el inconveniente de que se requieren ecuaciones de predicción para cada circunstancia, ya que el peso del bolo puede variar con el tipo de forraje (Forwood y cols., 1991). A este inconveniente cabe además añadir los señalados para la técnica anteriormente descrita.

Una alternativa a estas técnicas que podríamos denominar de campo son las pruebas de cafetería, en las que se utilizan pastos construidos artificialmente, de manera que puede estudiarse los cambios producidos en el material vegetal después de la acción del animal y determinar de forma fácil y precisa la cantidad y calidad del pasto consumido (Black y Kenney, 1984; Demment y Laca, 1993).

Evidentemente, para estimar el número de bocados pueden emplearse

los aparatos electrónicos antes señalados, pero en estas pruebas a pequeña escala la observación directa es muy fiable, ya que las experiencias tienen una duración muy corta (menos de 30 minutos) y los movimientos de los animales son muy limitados, siendo relativamente fácil su seguimiento o grabación en vídeo para su estudio posterior.

La principal crítica de estos estudios es precisamente la reducida movilidad de los animales, que puede alterar su comportamiento y limitar la extrapolación de los resultados obtenidos a condiciones más reales. En este sentido, no obstante, cabe señalar que los resultados obtenidos coinciden aceptablemente con los resultados obtenidos en experiencias de campo (Mursan y cols., 1989).

Conocida la ingestión a corto plazo es posible estimar la ingestión a largo plazo si se dispone de información sobre el tiempo que emplea diariamente el animal en pastar. Al igual que el número de bocados, el tiempo empleado en pastar puede medirse por observación directa o de forma automática, utilizando dispositivos electrónicos.

La observación directa es muy laboriosa, ya que debe realizarse durante horas, por lo que el registro automático es el método de elección (Forbes, 1988).

De todo lo expuesto se puede concluir, por una parte, que la ingestión en los rumiantes en pastoreo es una actividad regulada por multiples factores, cuyos mecanismos básicos de acción e interrelaciones no han sido, a pesar de la ingente labor científica desarrollada, completamente esclarecidos. Por otra, también debemos destacar las limitaciones metodológicas existentes para el estudio de la ingestión en pastoreo, aspecto que dificulta considerablemente la realización de experimentos en condiciones de pastoreo e impide la obtención de resultados completamente fiables. La investigación en esta área del conocimiento debe, por tanto, continuar si se desea desarrollar, de acuerdo con criterios científicos, modelos de producción animal que optimicen la utilización de los recursos naturales. ●

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, D. C.; NELSEN, T. C.; REYNOLDS, W. L. y KNAPP, B. W.: «Winter grazing activity y forage intake of range cows in the northern great plains». *J. Anim. Sci.*; 62: 1240-1246, 1986.

AGUILERA, J. F. Y PÉREZ, L.: «Estimaciones de la ingestión voluntaria de rumiantes en pastoreo a partir de la producción de metano». In: *Nutrición de rumiantes en zonas áridas y de montaña y su relación con la conservación del medio natural*. pp. 271-277. Junta de Andalucia. Consejería de Agricultura y Pesca, 1993.

ALLDEN, W. G. y WHITTAKER, A. MCD.: «The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake y availability». *Aust. J. Agric. Res.*; 21: 755-766, 1970.

ALLDEN, W. G.: «Energy and protein supplements for grazing livestock». In: *Grazing Animals. World Animal Science*, B 1. pp. 289-307 (F. H. W. Morley, ed.). Elsevier, Oxford, 1981.

AMOR, J. J.: «Estudio de la pauta diaria de ingestión y rumia en ovejas en relación con distintos factores». Tesis Doctoral. Universidad de León, 1994.

ARNOLD, G. W. y BIRREL, H. A.: «Food intake and grazing behaviour of sheep varying in body condition». *Anim Prod.*; 24: 343-353, 1977.

ARNOLD, G. W.: «Grazing Behaviour». In: *Grazing Animals. World Animal Science, B1*. pp. 79-104. (F. H. W. Morley ed.). Elsevier, Amsterdam, 1981.

ARNOLD, G. W.: «Herbage intake and grazing behaviour in ewes of four breeds at different physiological states». *Aust. J. Agric. Res.*; 26: 1017-1024, 1975.

BAKER, R. D.: «Estimating herbage intake from animal performance». In: *Herbage Intake Hybook*. pp. 77-93. (J. D. Leaver Ed.). B. G. S. Hurley, 1982.

BALLCELS, J.: «La excreción urinaria de derivados de las purinas en el ganado ovino como índice del aporte de proteína microbiana al duodeno». Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, 1990.

BLACK, J. L. y KENNEY, P. A.: «Factors affecting diet selection by sheep. II. Height y density of pasture». *Aust. J. Agric. Res.*, 35, 565-578, 1984.

BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. y WAIMANN, F. W.: «The extent of differences between six British breeds of sheep in their metabolism, feed intake and utilization, and resistance to climatic stress». *Br. J. Nutr.*; 20: 283-294, 1966.

BRUCKENTAL, I.; LEHRER, A. R.; WEIT, M.; BERNARD, J.; KENNIT, H. Y NEUMARK, H.: «Faecal output y estimated voluntary dry-matter intake of grazing beef cows, relative to their live weight and to their digestibility of the pasture». *Anim. Prod.*; 45: 23-28, 1987.

CARRO, M. D.; GIRALDEZ, F. J.; RANILLA, M. J.; GONZALEZ, J. S. y MANTECON, A. R.: «Comparative study of rumen activity in Churra and Merino sheep». *Anim. Prod.*; 56: 463, 1993.

CARRO, M. D.; MANTECON, A. R.; WRIGHT, I. A. y GORDON, I. J.: «Effect of feeding concentrate to sheep in the morning or in the afternoon on intake, digestion and rumen fermentation of grass hay». *Anim. Prod.*; 59: 217-222, 1994.

CARRO, M. D.: «Utilización digestiva e ingestión voluntaria de diferentes henos por el ganado ovino». Tesis Doctoral. Universidad de León, 1989.

CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECON, A. R. y GIRALDEZ, F. J.: «Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake y performance of grazing Churra ewes in early lactation». *Ind. Vet. J.*; 71: 878-880, 1993.

CORBETT, J. L.; GREEBHALGH, J. F. D. y MCDONALD, A. P.: «Paper as carrier of chromium sesquioxide administered as a component of paper to sheep». *Nature*; 182: 1014-1016, 1958.

CORDOBA, F. J.; WALLACE, J. D. y PIEPER, R. D.: «Forage intake by grazing livestock: A review». *J. Range Manage.*; 31: 430-438, 1978.

COSTIGAN, P. y ELLIS, K. J.: «Analysis of fecal chromium derived from controlled release marker device». *N. Z. J. Tech.*, 3, 89-92, 1987.

DEMMENT, M. W. y GREENWOOD, G. B.: «Forage intake: effects of sward characteristics and body size». *J. Anim. Sci.*; 66: 2380-2392, 1988.

DEMMENT, M. W. y LACA, E.: «The grazing ruminant: Models and experimental techniques to relate sward structure and intake». In: *Proceedings of World Conference on Animal Production*. pp. 439-460. Edmonton, Canadá, 1993.

DOVE, H. y MAYES, R.W.: «The use of plant wax alkanes as markers substances in studies of the nutrition of herbivores: A review». *Aust. J. Agric. Res.*; 25: 813-823. 1991.

DULPHY, J. P. y DEMARQUILLY, C.: «The regulation and prediction of feed intake in ruminants in relation to feed characteristics.» *Livestock Produc. Sci.*; 39: 1-12,1994.

FAHEY; G. C. JR. y JUNG, H. G.: «Lignin as a marker in digestion studies: A review». J. *Anim. Sci.*, 57: 220-25, 1983.

FAUCONNEAU, G. y MITCHEL, M. C.: «Role du tractus digestif dans la regulation du metabolisme proteique». In: *Mammalian Protein Metabolism*; 4: 481-496 (E. Munro ed.), 1970.

FELL, B. F. y WEEKES, T. E. C.: «Food intake as a mediator of adaptation in the ruminal epithelium». In: *Digestion y Metabolism in the Ruminant*. IV Int. Symp. on Ruminant Physiology. pp. 101-118 (J.W. McDonald y A. C. I. Warner ed.), 1975.

FORBES, J. M.: «The Voluntary Intake of Farm Animals». Butterworths, London, 1986.

FORWOOD, J. R.; HULSE, M. M. y ORTBALS, J. L.: «Electronic detection of bolus swallowing to measure forage intake of grazing livestock». *Agronomy J.*, 77, 969.972, 1985.

FREER, M.: «The Control of Food Intake by Grazing Ruminants». In: *Grazing Animals. World Animal Science, B1*. pp, 105-124 (F. H. W. Morley ed.). Elsevier, Oxford, 1981.

FRUTOS, P.; REVESADO, P.; MANTECON, A. R.; GONZALEZ, J. S. y CARRO, M. D.: «Proportion of digestive tract: a comparison of two spanish sheep genotypes (Churra vs Merina)». *Nutr. Clinique et Metabolisme*, 6, 173-174, 1992.

FUQUAY, J. W.: «Heat stress as it affects animal production». *J. Anim. Sci.*, 52, 164-174, 1981.

GALYEAN, M. L.; KRYSL, L. J. y ESTELL, R. E.: «Marker-based approaches for estimation of fecal output and digestibility in ruminants». In: *Feed Intake by Beef Cattle*. pp. 96-113. Feed Intake Symposium. Oklahoma, 1986.

GETTYS, T.; SCHANBACHER, B. D. y TAYLOR, I. L.: «An assessment of the interaction between photoperiod and sex phenotype in relation to appetite development in sheep». *Livest. Prod. Sci.*; 22: 283-293, 1989.

GIRALDEZ, F. J.; CHASO, M. A.; MANSO, M. T. y MANTECON, A. R.: «Efecto del

tipo de dieta y de la frecuencia de alimentación sobre la actividad degradativa ruminal». *Invest. agrar.: Prod. Sanid. Anim.*, 9, 245-259,1994a.

GIRALDEZ, F. J., GONZALEZ, J. S., LOPEZ, S. y MANTECON, A. R.: «Comparative digestibility of fresh herbage cut at two maturity stages by two breeds of sheep». *Anim. Prod.*; 58: 452-453, 1994b.

GIRALDEZ, F. J.; GONZALEZ, J. S.; OVEJERO, F. J. y VALDÉS, C.: «Degradación ruminal de henos de prado permanente: efecto del grado de madurez». *Arch. Zootecnia*, 42, 13-20, 1993.

GIRALDEZ, F. J.: «La excreción de catabolitos en la orina de la oveja en relación con las variaciones dietéticas en los aportes de energía y nitrógeno». Tesis Doctoral. Universidad de León, 1992.

GOETSCH, A. L. y OWENS, F. N.: «Effects of level y diurnal variation of dietary concentrate on digestion and passage rate in beef steers». *Livest. Prod. Sci.*, 13, 26-277, 1985.

GORDON, I.: «Animal based neasurement techniques for grazing research: a review». *Small Rum. Res.*; 16: 203-214, 1995.

GORDON, I. J. y HUTCHINGS, N. J.: «The development of sustainable ruminant livestock grazing systems: The role of modelling». In: *Proceedings of World Conference of Animal Production*. pp. 413-438, Edmonton; Canadá, 1993.

GORDON, I. J. y ILLIUS, A. W.: «Incisor arcade structure and diet selection in ruminants». *Funct. ecol.*; 2: 15-22, 1988.

GRACE, N. D. y BODY, D. R.: «The possible use of long chain (C19-C32) fatty acids in herbage as an indigestible fecal marker». *J. Agric. Sci. Camb.*; 97: 734-45.1981.

HODGSON, J.: «The control of herbage intake in the grazing ruminant». *Proc. Nutr. Soc.*; 44: 339-346, 1985.

HOFMANN, R. R.: «Comparative anatomical studies imply adaptive variations of ruminant digestive physiology». *Can. J. Anim. Sci.*; 64: 203-205, 1984.

HUSTON, J. E., ENGDAHL, B. S. y BALES, K. W.: «Intake and digestibility in sheep and goats fed three forages with different levels of supplemental protein». *Small Rum. Res.*; 1: 81-92, 1988.

IASON, G. R.; SIM, D. A. y FOREMAN, E.: «Seasonal changes in intake and digestion of chopped tomothy hay (Phleum pratense) by three breeds of sheep». *J. Agric. Sci. Camb.*; 125, 273-280, 1995.

JARAMILLO, E.: «Utilización de pastos de regadío por el ganado ovino en pastoreo: influencia de la disponibilidad de hierba y de la raza (Churra vs Merina)».Tesis Doctoral. Universidad de León, 1994.

JOURNET, M. y REMOND, B.: «Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review». *Livest. Prod. Sci.*; 3: 129-146, 1976.

KAUFMANN, W.; HAGEMEISTER, H. y DIRKSEN, G.: «Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding». In: *Digestive Physiology and Metabolims in Ruminants*. pp. 587-602 (Y. Ruckebusch y P. Thivend ed.). MTP Press Ltd., Lancaster, UK, 1988.

KETELAARS, J. J. M. H. y TOLKAMP, B. J.: «Towards a new theory of feed intake regulation in ruminants 1. Causes of differences in voluntary feed intake: critique of current views». *Livest. Prod. Sci.*; 30: 269-296, 1992.

KOBT, A. R. y LUCKEY, T. D.: «Markers in Nutrition». *Nutr. Abst. Rev.*; 42: 813-45, 1972.

KRYSL, L. J.; MCCOLUMM, F. T. y GALYEAN, M. L.: «Estimation of fecal output and particulate passage rate with a pulse dose of ytterbium-labeled forage». *J. Range Manage.*; 36: 180-185, 1985.

LANGLANDS, J. P.: «Techniques for estimating nutrient intake and its utilization by the grazing ruminant». In: *Digestion y Metabolims in the Ruminant*. pp. 277-291. (I.W. McDonald y A.C.I. Warner, Ed.). Proc. of the 4th International Symposium on Ruminant Physiology.

LANGLANDS, J. P.: «The feed intake of grazing sheep differing in age, breed, previous nutrition and live weight». *J. Agric. Sci. Camb.*; 71: 167-172, 1968.

LE DU, Y. L. P. y PENNING, P. D.: «Animal based techniques for estimating herbage intake». In: *Herbage Intake Handbook*. pp. 37-76 (J. D. Leaver Ed.), British Grassly Society, Hurley, U.K.,1982.

LEE, J.; FISHER, M. T. y MARÉ, B.: «Comparisons of techniques for chromium sesquioxide analysis in marker studies». *J. Sci. Food Agric.*; 37: 366-372, 1986.

LONNE INGVARTSEN, K.: «Models of voluntary food intake in cattle». *Livest. Prod. Sci.*; 39: 19-38, 1994.

LOPEZ, S.; GIRALDEZ, F. J. y MANTECON, A. R.: «La materia seca indegradable como indicador interno para la estimación de la digestibilidad y de la inges-

tión de materia seca en ovejas alimentadas con hierba verde». *ITEA*, vol. extra: 69-71, 1995.

LUGINBUHL, J. M.; POND, K. R. y BURNS, J. C.: «Whole-tract digestion kinetics and comparison of techniques for the estimation of fecal output in steers fed coastal bermudagrass hay at four levels of intake». *J. Anim. Sci.*; 72: 201-211, 1994.

MALECHEK, J. y SMITH, B. M.: «Behaviour of range cows in response to winter weather». *J. Range Manage.*; 29: 9-12, 1976.

MALECHEK, J. C.; BALPH, D. F. y PROVENZA, F. D.: «Plant defense and herbivore learning: their consequences for livestock grazing systems». In: *Grazing research at Northern Latitudes*. (O. Gudmundsson NATO ASI Series). Plenum Press, New York, 1986.

MAYES, R. W.; LAMB, C. S. y COLGROVE, P. M.: «The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake». *J. Agric. Sci. Camb.*; 107: 161-170, 1986.

MCDONALD, I. W.: «Detrimental Substances in plants consumed by grazing ruminants». In: *Grazing Animals. World Animal Science*, B1. pp. 349-360 (O. Gudmundsson Ed.) Elsevier, Oxford, 1981.

MEIJS, J. A. C.; WALTER, R. J. K. y KEEN, A.: «Sward methods»>. In: *Herbage Intake Handbook*. pp. 11-36 (J. D. Leaver Ed.), British Grassly Society, Hurley, U.K.,1982.

MILNE, J. A., MACRAE, J. C., SPENCE, A. M. y WILSON, S.: «A comparison of the voluntary intake and digestion of a range of forages at different times of the year by the sheep and the red deer (Cervus elaphus)». *Br. J. Nutr.*, 40, 347-357. y col., 1978.

MILNE, J. A.: «Concepts of physiological ecology and their importance in hill and upland ecosystems». *MLURI Annual Report*, 19-23, 1990.

MINSON, D. J. y MILFORD, R.: «The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (Digitaria decumbes)». *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*; 7: 545-551, 1967.

MINSON, D. J.: «Forage in Ruminant Nutrition». *Academic Press*, London, 1990.

NELSON, M. L.; MOTJOPE, L.; FINLEY, J. W. y PARISH, S. M.: «Ash-free indigestible acid detergent fiber as an internal marker to estimate digestibility with grazing ruminants». *J. Range Manage.*; 43: 224-229, 1990.

PENNING, P. D. y HOOPPER, G. E.: «An evaluation of the used of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake». *Grass Forage Sci.*; 40: 79-84, 1985.

PENNING, P. D. y JOHNSON, R. H.: «The use of internal markers to estimatherbage digestibility and intake. 1. Potentially indigestible cellulose and acid insoluble ash». *J. Agric. Sci. Camb.*; 100: 127-131, 1983a.

PENNING, P. D. y JOHNSON, R. H.: «The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. 2. Indigestible acid detergent fiber». *J. Agric. Sci. Camb.*; 100: 133-138. 1983b.

PENNING, P. D.: «Some effects of sward conditions on grazing behaviour and intake by sheep». In: *Grazing Research at Northern Latitudes*. (O. Gudmundsson Ed.). Plenum Press, London, 1986.

POND, K. R.; ELLIS, W. C.; MATIS, J. H. y DESWYSEN, A. G.: «Passage of chromiun-mordanted and rare earth-labeled fiber: Time of dosing kinetics». *J. Anim. Sci.*; 67: 1020-1026, 1989.

POPPI, D. P., MINSON, D. J. y TERNOUTH, J. H.: «Studies of cattle y sheep eating leaf and stem fractions of grasses. I. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen». *Aust. J. Agric. Res.*; 32: 99-108, 1980.

PORTER, P. A. y SNIFFEN, C. J.: «Evaluation of acid insoluble ash as internal digestibility marker in high producing dairy cows». *J. Dairy Sci.*, 68 (Suppl. 1): 282, 1985.

PRIGGE, E. C.; VARGA, G. A.; VICINI, J. L. y REID, R. L.: «Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators». *J. Anim. Sci.*, 53, 1629-1633.

QUICK, T. C. y DEHORITY, B. A.: «A comparative study of feeding behaviour in dairy goats, wool sheep and hair sheep». *J. Anim. Sci.*; 63: 1516-1526, 1986.

RANILLA, M. J.: «Estudios comparativos de la fermentación ruminal y la cinética digestiva en el ganado ovino: variaciones interraciales». Tesis Doctoral. Universidad de León, 1995.

REVESADO, P.: «Valor nutritivo de pastos de montaña e intensidad de selección ejercida sobre los mismos por dos razas ovinas (Churra y Merina)». Tesis Doctoral. Universidad de León, 1994.

SCHNEIDER, B. H. y FLATT, W. P.: «Evaluation of feeds through digestibility experiments». University Press, USA, 1975.

SENFT, *R. L. y* RITTENHOUSE, *L. R.*: «A model of thermal acclimation in cattle». *J. Anim. Sci.*; 61: 297-306, 1985.

SHIPLEY, L. A.; GROSS, J. E.; SPALINGER, D. E.; HOBBS, N. T. y WUNDER, B.: »The scaling of intake rate in mammalian herbivores». *Am. Nat.*; 143: 1055-1082, 1994.

STOBBS, T. H.: «The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variations in the bite size of grazing cattle». *Aust. J. Agric. Res.*; 24: 809-819, 1973.

STRITZLER, N. P.; WOLSTRUP, J.; EGGUM, B. O. y JENSEN, B. B.: «Factors affecting degradation of barley straw in sacco and microbial activity in the rumen of cows fed fibre-rich diets. 1. The source of supplemental nitrogen». *Anim. Feed Sci. Technol.*; 38: 263-280, 1992.

STUTH, J. W.; KANOUSE, K. J.; HUNTER, J. F. y PEARSON, H. A.: «Multiple electrode impedance plethysmography system for monitoring grazing dinamics». *Biomedical Sci. Intrument.*; 17: 104-11, 121-124.

THOMPSON, J. M. y PARKS, J. R.: «Food intake, growth and mature size in australian Merino and dorset horn sheep». *Anim. Prod.*; 36: 471-479, 1983.

THONNEY, M. L.; DUHAIME, D. J.; MOE, P. W. y REID, J. T.: «Acid insoluble ash and permanganate lignin as indicators to determine deigestibility of cattle rations». *J. Anim. Sci.*; 49: 1112-16, 1979.

THONNEY, M. L.; TAYLOR, C. S. y MCCLELLAND, T. H.: «Breed and sex differences in equally mature sheep and goats». *Anim. Prod.*; 45: 239-260, 1987.

TILLEY, J. M. A. y TERRY, R. A.: «A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops«. *J. Br. Grassl. Soc.*; 18: 104-111, 1968.

UDEN, P.; COLUCCI, P. E. y VAN SOEST, P J.: «Investigation of chromium, cerium and cobal as markers in digesta rate of passage studies». *J. Sci. Food Agric.*; 31:, 625-630, 1980.

VALDÉS, C.: «Ingestión y selección en pastoreo, relaciones con distintos parámetros del pasto y con la composición química y la digestibilidad de la hierba ingerida». Tesis Doctoral. Universidad de León, 1992.

VALDÉS, C.; MANTECON, A. R.; GIRALDEZ, F. J. y BERMUDEZ, F. F.: «Herbage intake by Churra ewes grazing at two different sward heights». *J. Anim. Feed Sci.*; 4: 1-9, 1995.

VAN SOEST, P. J.: «Nutritional Ecology of the Ruminants». O & Books, Inc. Oregon, 1982.

VENTURA, M.; MOORE, J. E.; RUELKE, O. C. y FRANKE, D. E.: «Effect of maturity and protein supplementation on voluntary intake and nutrient digestibility of pangola digitgrass hays». *J. Anim. Sci.*; 40: 769-774, 1975.

WELCH., J. G.: «Rumination, particle size y passage from the rumen». *J. Anim. Sci.*; 54: 885-894, 1982.

WELCH, J. G. y HOOPER, A. P.: «Ingestion of feed y water». In: *The Ruminant Animal. Digestive Physiology y Nutrition.* pp, 108-116. (D. C. Church Ed.). Prentice Hall, New Jersey.

WESTON, R. H.: «Animal factors affecting feed intake». In: *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures.* pp. 183-198 (J. B. Hacker Ed.). C. A. B., Farnham Royal., 1982.

WESTON, R. H.: «Factors limiting the intake of feed by sheep. XII. The effect of pregnancy early lactanction on the digestion of a medium-quality roughage». *Aust. J. Agric. Res.*; 39: 659-669, 1988.

WESTON, R. H.: «Voluntary comsuption of low quality roughage by sheep during cold exposure». *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*; 10: 679-684, 1970.

YOUNG, B. A.: «The effect of climate upon intake». In: *The Nutrition of Herbivores.* Second International Symposium on the Nutrition of Herbivores. pp. 163-190 (J. B. Hacker y J. H. Ternouth De.). Academic Press, London, 1987.

FORBES, T. D. A.: «Researching the plant-animal interface: The investigaction of ingestive behaviour in grazing animals». *J. Anim. Sci.*; 66: 2369-2379, 1988.