

# **Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado**

*Alfonso San Miguel Ayanz  
E.T.S. Ingenieros de Montes. Univ. Politécnica de Madrid*

## **PROLOGO**

El objetivo general de estos apuntes es, simplemente, introducir al lector en el conocimiento de las variables y los procedimientos básicos que se utilizan para comparar el valor nutritivo de los alimentos con las necesidades de las principales especies ganaderas. Por ello, no pretenden aportar información original, sino sólo recoger algunas nociones elementales y datos de la ya existente en la amplia bibliografía disponible sobre el tema. También, por el mismo motivo, ha sido necesario simplificar - a veces quizás de forma excesiva - la terminología y los conceptos empleados, aun a costa de incurrir en ligeras imprecisiones e inexactitudes. Esperamos que el resultado final permita al lector hacer estimaciones sencillas de las necesidades nutritivas de los animales que integran los rebaños de nuestras principales especies ganaderas (domésticas y silvestres), analizar cómo pueden cubrirse esos requerimientos con diferentes tipos de alimento y planificar la suplementación, cuando ello sea necesario.

## 1.- INTRODUCCION

La nutrición animal es la parte de la Zootecnia que estudia la utilización de los distintos alimentos - o, más concretamente, de los principios inmediatos que los constituyen - para satisfacer las necesidades de los animales útiles para el hombre. Estas, a efectos de su cálculo, suelen dividirse en dos grupos:

\* **De sostenimiento:** son las que permiten a los animales cubrir sus necesidades mínimas para continuar viviendo, aunque sin ningún tipo de producción.

\* **De producción:** son las que, una vez cubiertas las necesidades de sostenimiento, permiten a los animales producir algo útil para el hombre: carne, leche, crías, trabajo, etc.

Lógicamente, las necesidades alimenticias totales se calculan sumando las de sostenimiento y las de producción.

La nutrición animal pretende, por una parte, estudiar el valor nutritivo de los alimentos analizando la cantidad y calidad de los principios inmediatos que los constituyen y, por otra, determinar con la mayor precisión posible las necesidades de los animales en dichos principios; todo ello con la idea de planificar su alimentación para obtener un máximo beneficio. En general, lo que se pretende es cubrir, a coste mínimo, las necesidades alimenticias imprescindibles para garantizar la producción deseada. En el caso de la producción extensiva de carne, es habitual que el ganadero no pretenda satisfacer completa y permanentemente las necesidades de las reses; que juegue con su condición corporal, con el aumento y la disminución de reservas corporales, para aprovechar al máximo los recursos pastorales naturales y reducir al mínimo la necesidad de suplementación, para una misma producción.

En general, las variables que se consideran son la composición bromatológica y el coste de los alimentos y las necesidades de los animales. La cantidad de cada uno de los alimentos que ingiere cada animal en un determinado periodo de tiempo, normalmente un día, se denomina ración.

A continuación analizaremos los aspectos más relevantes de la composición y utilización de los alimentos.

## 2.- DIGESTIBILIDAD

No todo el alimento que consumen los animales es realmente asimilado por sus organismos; un determinado porcentaje se elimina por distintos mecanismos y, por tanto, no resulta realmente útil. Por ello, en nutrición animal, se maneja el concepto de **digestibilidad**, que se define como la capacidad de un determinado principio inmediato de ser realmente asimilado por un animal. Una forma muy elemental de cuantificarla es el denominado **coeficiente de digestibilidad**, que se define como el porcentaje de un determinado principio inmediato que, después de ser consumido por un animal, no es eliminado en forma de heces.

$$D = 100 (P - Ph)/P$$

donde P es la cantidad total del principio inmediato ingerida por el animal y Ph, la cantidad de dicho principio nutritivo que aparece en sus heces. En realidad, este índice sólo estima la digestibilidad del principio inmediato ingerido, porque el hecho de no aparecer en las heces no implica necesariamente su asimilación: parte puede perderse en forma gaseosa o por medio de diversas secreciones.

La digestibilidad puede medirse "in vitro", por procedimientos químicos que intentan imitar el proceso de digestión, generalmente por el sistema de Van Soest, o "in vivo", utilizando una muestra reducida de animales fistulados o provistos de bolsas para la recogida de las heces. En el primer caso se trata de una aproximación de laboratorio al proceso real de la digestión y, en el segundo, de una estimación a través de un número reducido de animales cuyo comportamiento está presumiblemente condicionado por la manipulación humana. En ambos casos, las mediciones son complicadas y presentan importantes limitaciones de tipo práctico.

### Digestibilidad de los distintos principios inmediatos

**HIDRATOS DE CARBONO.**- Su digestibilidad es generalmente muy alta. La de los HC más simples suele ser próxima al 100%, pero la de los más complejos, como la celulosa, es casi nula para carnívoros y omnívoros y relativamente baja para los rumiantes, oscilando normalmente entre el 38% en forrajes maduros, ya florecidos y ricos en celulosa y hemicelulosa, y el 69% para los más tiernos y menos lignificados.

**GRASAS.**- Su digestibilidad es aceptable si se presentan en cantidades pequeñas y en forma muy dividida. La digestibilidad de las grasas varía lógicamente con el tipo de ganado que las consume y, en general, es relativamente aceptable en el vacuno y porcino y menor en otras especies ganaderas. Se admite que la cantidad de grasa de un alimento debe guardar una cierta relación con la de proteínas, y se recomienda que dicha relación oscile entre 0,5 y 0,33.

**PROTEINAS.**- La digestibilidad de las proteínas suele oscilar entre el 43% y el 85%, disminuyendo cuando el contenido en celulosa es alto. De igual forma, cuando la digestibilidad de la celulosa disminuye, normalmente también lo hace la de las proteínas.

La comparación del valor nutritivo de los alimentos con las necesidades de los animales se hace individualmente para las distintas variables que los caracterizan. El valor nutritivo de los alimentos se estudia a través del análisis bromatológico, y las necesidades nutritivas de los animales a través de fórmulas o tablas elaboradas empíricamente para los distintos tipos de ganado y sus diferentes producciones.

## 3.- EL ANALISIS BROMATOLOGICO

Los análisis bromatológicos pretenden determinar la cantidad y calidad de los principios inmediatos que constituyen un determinado alimento. Como la determinación rigurosa del tipo y cantidad de los distintos principios inmediatos que constituyen un alimento sería una labor extremadamente compleja, habitualmente se emplean técnicas analíticas más sencillas que determinan y valoran no los principios inmediatos sino otras variables similares, aunque más fáciles de extraer y cuantificar, que se denominan **principios nutritivos**. Los análisis bromatológicos más empleados actualmente siguen los esquemas de WEENDE o VAN SOEST (Blas *et al.*, 1987).

El esquema de la correspondencia entre principios inmediatos y principios nutritivos, según el esquema de WEENDE, es el siguiente:

Principio inmediato	Principio nutritivo	Observaciones
Agua	Humedad	70°C o 105°C, en gral sobre peso fresco
Minerales	Cenizas	550°C (horno)
Lípidos	Extracto etéreo	Soluble en eter de petróleo a 40-60°C
Prótidos	Proteína bruta	Kjeldahl (N total, no sólo protéico)
Hidratos de carbono	Fibra bruta	Estima HC estructurales (cadena larga)
Otros compuestos orgánicos	M.E.L.N. (Mat. extractivos libres de N.)	HC Cadenas más cortas

Van Soest intentó perfeccionar el impreciso concepto de fibra bruta desglosándolo en otros dos: fibra neutro-detergente (NDF) y fibra ácido-detergente (ADF), de distinto contenido en lignina y, por consiguiente, diferente digestibilidad.

Como se puede comprender, el proceso químico de un análisis bromatológico es largo, complejo y costoso. Por eso, en las últimas décadas se utiliza cada vez más la técnica denominada **NIRS (Near Infra Red System)**, consistente en utilizar radiaciones del infrarrojo cercano para determinar la composición química de una sustancia. En Bromatología, convenientemente calibrado con análisis realizados por procedimientos tradicionales, en húmedo, permite analizar números muy elevados de muestras en muy poco tiempo, con una aceptable precisión y un coste mucho más reducido.

Para la comparación de los principios nutritivos de los alimentos con las necesidades alimenticias de los animales se suelen contemplar, como mínimo, las siguientes variables: materia seca (M.S.), energía, proteína digestible, minerales y vitaminas.

#### 4.- MATERIA SECA

Los animales, para el correcto funcionamiento de su aparato digestivo, necesitan ingerir, como mínimo, una cierta cantidad de alimento. En los rumiantes, por su especialización y diversificación, esa cantidad es particularmente alta. Sin embargo, debido al volumen limitado del aparato digestivo y a la también limitada velocidad de tránsito de los alimentos a través del mismo, tienen, por otra parte, una capacidad máxima de ingestión diaria. Para comparar ambas con las características de los alimentos se utiliza como variable el peso, que, para evitar imprecisiones, se expresa en forma de materia seca (M.S.).

La capacidad de ingestión de un animal depende, como es lógico, tanto de las características del alimento (sobre todo, contenido en energía) como de la situación fisiológica del animal; por ejemplo, necesidades energéticas, gestación (tamaño del feto) o lactación. La capacidad de ingestión se determinan, para cada alimento, ofreciéndoselo al animal para que lo consuma "*ad libitum*". Las diferencias entre capacidad de ingestión de diferentes tipos de alimentos, para una misma especie ganadera, se cuantifican a través de las denominadas **Unidades Lastre (UL)**. La Unidad Lastre es la capacidad de ingestión correspondiente a un pasto de buena calidad (1kg de MS de ese pasto = 1 UL para ovino: 1 ULO; 17 kg de MS de ese pasto = 1 UL para bovino lechero: 1 ULL). El Valor lastre es el cociente entre las cantidades que un mismo animal puede ingerir de ese pasto y del alimento que en cada caso se

considere. Si el **Valor Lastre (VL)** es superior a 1, significa que el animal puede ingerir menor cantidad de ese alimento que de pasto de buena calidad; si, por el contrario, es inferior a 1, significa que puede ingerir más (JARRIGE, 1990).

En general, los individuos correspondientes a las especies que se utilizan en ganadería extensiva en España ingieren al día entre un 2 y un 3% de su peso vivo en Materia Seca. Por ello, aunque suponga una aproximación relativamente grosera, se puede estimar que cada día, cada res ingiere un 2.5% de su peso vivo en Materia Seca.

Los recursos disponibles para la alimentación del ganado, doméstico o silvestre, suelen agruparse en dos grandes categorías: los **groseros, o de volumen**, con un contenido en celulosa superior al 20%, y los **concentrados**, con un contenido en celulosa inferior y uno superior en energía o materias nitrogenadas. Los alimentos de volumen suelen ser necesarios para los animales pero, si su valor nutritivo (contenido en energía, materias nitrogenadas, minerales, etc) es pequeño, pueden no llegar a cubrir todas sus necesidades aún saciándoles completamente. Por eso, por ejemplo, los animales con altas necesidades de producción no pueden alimentarse exclusivamente de hierba; y también por eso es muy raro que el ganado doméstico o la caza se pueda comportar como ramoneador exclusivo durante los periodos de mayores necesidades, sobre todo la lactación (el ramón de árboles y arbustos presenta un alto contenido en celulosa y generalmente mediocres porcentajes de energía y proteína digestible).

Los alimentos vegetales de volumen (hierba, paja, heno, ramón) suelen denominarse **forrajes** (aunque recordamos que, según el Nomenclator de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, SEEP, sólo lo son si son cortados y suministrados posteriormente al ganado), mientras que los **piensos** son los concentrados fabricados artificialmente por el hombre.

## 5.- NITROGENO Y PROTEÍNA

El nitrógeno es un componente fundamental de la dieta de los animales, sobre todo de los que tienen elevadas necesidades de producción: crecimiento, lactación, gestación, etc, porque es el elemento básico para la síntesis de las proteínas.

La relación entre el peso total de una proteína y el de su contenido en nitrógeno es muy constante, de 6,25: las proteínas contienen un 16% de nitrógeno. Por eso, se puede estimar el peso de la proteína conociendo el peso del N que contiene (p. ej. por el método Kjeldahl) y multiplicándolo por 6,25. En bromatología suele hacerse lo mismo, y se calcula el contenido total de proteína (Proteína Bruta) de un alimento a partir de su contenido en N. Este procedimiento sería muy preciso si todo el N fuera de origen proteico, pero como no tiene por qué serlo, constituye sólo una aproximación suficientemente aceptable como para trabajar con ella. Por eso, muchos autores prefieren utilizar para dicha variable el término Materias Nitrogenadas Totales (MNT).

El contenido de un alimento en Materias Nitrogenadas Digestibles (MND), antes denominadas proteína digestible (P.D. o Pr.D.) se calcula multiplicando sus Materias nitrogenadas Totales (MNT) por el correspondiente coeficiente de digestibilidad (CDMNT).

$$\text{MND} = \text{MNT} \times \text{CDMNT} = 6,25 \times \text{N} \times \text{CDMNT}$$

Últimamente, las investigaciones del INRA (Institut National de la Recherche Agonomique, de Francia) han puesto de manifiesto que no todos los rumiantes utilizan de igual modo las materias nitrogenadas, y han creado y utilizan una nueva variable, a la que denominan PDI (Proteína Digestible en el Intestino). El PDI estima el valor nitrogenado de los alimentos en términos de la cantidad de aminoácidos realmente absorbidos en el intestino e independientemente de su origen. El valor PDI de un alimento se estima, a partir de tablas, como el más bajo de la suma de los valores de dos variables (PDIN y PDIE) de todos los alimentos que constituyen la ración (Jarrige, 1990).

Desde el punto de vista práctico, los rumiantes presentan la posibilidad de sintetizar proteínas a partir de N no proteico. Por ello, en ese caso, es posible cubrir una cierta parte de las necesidades nitrogenadas de dichos animales con N de ese tipo, que es más barato. El producto más utilizado para ello es la urea, y el porcentaje máximo que suele admitirse es el de un 2% sobre la materia seca total de la ración (terneros en cebo) o un 5% sobre el peso de concentrado que se suministre (rumiantes extensivos). La inclusión de urea en las raciones de los rumiantes suele provocar en ellos una mayor avidez por los forrajes leñosos, y eso puede tener consecuencias positivas si, por ejemplo, se desea utilizar al ganado como herramienta de desbroce de la vegetación leñosa, o negativas, si se pretende garantizar la persistencia de esa vegetación (p.ej. regeneración del arbolado).

Finalmente, creemos interesante señalar que las proteínas animales están constituidas por 18-22 aminoácidos, pero no todos ellos pueden ser sintetizados por los animales. Los aminoácidos necesarios, pero que no sintetizables reciben el nombre de "esenciales" y deben ser suministrados necesariamente con los alimentos. Por ello, en las explotaciones muy intensivas, a la hora de formular piensos o raciones, es muy conveniente conocer no sólo el contenido proteico de los alimentos, sino también su composición en aminoácidos: una mejora en el balance aminoacídico puede permitir reducir de forma notable la cantidad de proteína total a suministrar a los animales. En el caso de la ganadería extensiva, la diversidad de la dieta suele eliminar el problema de los aminoácidos esenciales.

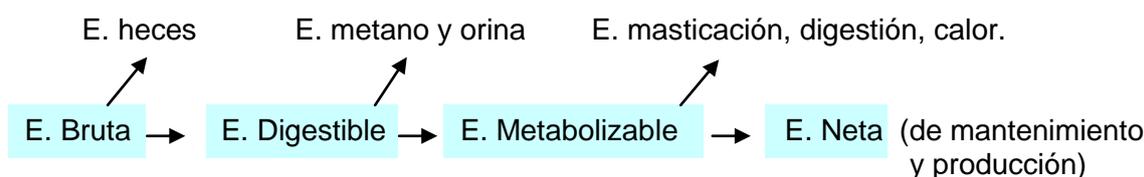
## **6.- ENERGIA**

La energía química contenida en los alimentos es la principal fuente de energía de que disponen los animales para mantener su temperatura corporal, realizar sus funciones vitales y producir. La energía que proporciona un alimento depende de su contenido en principios nutritivos totales: las proteínas y los hidratos de carbono contribuyen de forma parecida con respecto a su peso, pero las grasas producen 2,25 veces más energía que los hidratos de carbono a igualdad de peso; ocupan menos y por eso constituyen la forma más económica de almacenamiento de la energía en el cuerpo y la más utilizada por los seres vivos para tal fin. La energía almacenada en forma de grasa se empieza a utilizar cuando escasea la procedente de otras fuentes (por ejemplo la del glucógeno de los músculos); por eso, la grasa almacenada alrededor de los riñones (grasa perirrenal) es uno de los mejores estimadores de la condición corporal de los animales.

El valor energético de un alimento depende también del animal que lo consume. Así, por ejemplo, los rumiantes pueden extraer energía de la celulosa mientras que los monogástricos no pueden hacerlo.

No toda la energía total o bruta (EB) que contienen los alimentos resulta realmente útil para los animales. Por eso, suelen diferenciarse las siguientes formas de la energía:

* Energía Bruta (EB)	Es la energía total que proporciona un alimento.
* Energía Digestible (ED)	Es el resultado de restar a EB la energía contenida en las heces.
* Energía Metabolizable (EM)	Es el resultado de restar a ED la energía contenida en la orina y el metano y otros gases producidos a consecuencia de la fermentación de los alimentos en el aparato digestivo. En general, es suficientemente aproximado considerar que $EM = 0,82 \cdot ED$ (Muslera y Ratera, 1991)
* Energía Neta (EN)	Es el resultado de restar a EM la energía invertida en la masticación, digestión, etc. y constituye, por tanto, la fracción de energía realmente utilizable por el animal.



Cada escuela o sistema tiene sus preferencias a la hora de utilizar una u otra forma de energía. Así, el INRA - cuyo sistema es el más ampliamente difundido en España - utiliza la energía neta (EN), mientras que los británicos suelen emplear la metabolizable (EM), y los norteamericanos, la digestible (ED). Por eso, a la hora de comparar las características de los alimentos con las necesidades de los animales, es imprescindible tener en cuenta la procedencia de los datos y las formas de energía que se manejan.

La energía que proporcionan los alimentos puede medirse de varias formas:

- Directamente: midiéndola con bombas calorimétricas y expresándola en calorías o, lo que es más correcto, julios (1 julio = 0,24 calorías).
- Comparándola con la de otros alimentos de referencia. La unidad oficial de valoración energética de los alimentos en España es la **Unidad Forrajera (UF)** o Unidad Alimenticia (UA), que equivale a *la energía neta suministrada por 1 kg. de grano de cebada de calidad media* (Jarriège, 1990). Las UF contenidas en 1 kg de un alimento pueden calcularse aproximadamente por medio de la siguiente fórmula (Muslera y Ratera, 1991):

$$UF/kg = 1/0,75 [(1,43 \times \text{kg de PrD/kg}) + (\text{kg de HC Digestibles/kg}) + (a \times \text{kg grasa digestible/kg})] C$$

Donde  $C = 1 - (\text{Fibra Bruta, en \% sobre MS})/100$  y  $a = 1,91$  si el alimento es de tipo forraje,  $2,12$  si se trata de grano de cereales y subproductos y  $2,41$  si son tortas de semillas oleaginosas.

Los investigadores del INRA, basándose en las pequeñas imprecisiones en que incurre este sistema, han propuesto la utilización de dos valores de energía para cada alimento: las Unidades Forrajeras-leche (UFI) y las Unidades Forrajeras-carne (UFc). Las primeras corresponderían a la comparación con 1 kg de grano de cebada de calidad media en animales lecheros y extensivos con bajo nivel de producción, y las segundas se utilizarían para ganado de crecimiento rápido. Posteriormente, propusieron también una tercera unidad para ganado silvestre: la Unidad Forrajera-ciervo (UFcr), muy similar a la UFI.

## 7.- RELACION NUTRITIVA

Se define como la relación existente entre la proteína digestible y la energía total o del resto de los principios nutritivos en la dieta de un animal.

$$RN = \text{Pr.D. (en kg)}/\text{Energía (en U.F.)} \quad \text{ó}$$

$$RN' = \text{Pr.D. (kg)}/[\text{Energía (UF)} - \text{Pr.D. (kg)}]$$

La relación nutritiva óptima varía en función de la edad y la actividad del animal (producción de leche, lactancia, gestación, engorde, etc) y puede ser peligroso variarla bruscamente, sobre todo en el momento del destete.

## 8.- RACIONAMIENTO

El racionamiento es el proceso de determinación de la composición óptima de la ración del ganado, entendiéndolo en el sentido de que la ración cubra las necesidades totales del animal teniendo un costo mínimo.

Esquemáticamente, el proceso a seguir es el siguiente:

- Determinación de la composición de los alimentos disponibles en principios nutritivos (análisis bromatológico o manejo de tablas previamente elaboradas) y estudio de sus precios.
- Determinación de las necesidades totales de los animales en los distintos principios nutritivos: uso de tablas o fórmulas elaboradas empíricamente.
- Establecimiento del sistema de ecuaciones a resolver. A este respecto, sólo suelen contemplarse tres variables: M.S., Pr.D. (o MND) y Energía (UF). El resto de los principios nutritivos necesarios se suelen aportar complementariamente a la dieta en forma de correctores.

Suponiendo que se dispone de los alimentos A, B,... N, tendríamos:

$$\text{M.S. : } A \text{ MSA} + B \text{ MSB} + \dots + N \text{ MSN} = \text{Capacidad de ingestión}$$

$$\text{Pr.D.: } A \text{ PrDA} + B \text{ PrDB} + \dots + N \text{ PrDN} > \text{PrD mínima}$$

$$\text{UF: } A \text{ UFA} + B \text{ UFB} + \dots + N \text{ UFN} > \text{UF mínimas}$$

$$\text{Coste: } A \text{ PA} + B \text{ PB} + \dots + N \text{ PN} : \text{mínimo}$$

Si el sistema es sencillo, puede resolverse por procedimientos gráficos, pero si el número de variables es elevado, hay que recurrir a métodos de programación lineal.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- A.E.P.A. 1980. *El entorno del ganadero. Forrajes, vacas y leche*. NESTLE - A.E.P.A. Santander.
- BLAS,C. 1983. *Producción extensiva de vacuno*. Mundi-Prensa. Madrid.
- BLAS,C.; GONZALEZ,G.; ARGAMENTERIA,A. 1987. *Nutrición y alimentación del ganado*. Mundi-Prensa. Madrid.
- CABALLERO,R. 1985. *Habitat y alimentación del ciervo en ambiente mediterráneo*. Monografías ICONA nº 34. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- JARRIGE, J. 1990. *Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos*. INRA-Mundi-Prensa. Madrid.
- MILLER,W.J. 1988. *Nutrición y alimentación del ganado vacuno lechero*. Acribia. Zaragoza.
- MUSLERA,E.; BECKER,M. 1961. *Análisis y valoración de piensos y forrajes*. Acribia. Zaragoza.
- MUSLERA, E.; RATERA, C. 1991. *Praderas y forrajes*. Mundi-Prensa. Madrid.
- PORTOLANO,N. 1990. *Explotación de ganado ovino y caprino*. Mundi-Prensa. Madrid.
- QUITTET,E. 1986. *La cabra. Guía práctica para el ganadero*. Mundi-Prensa. Madrid.