



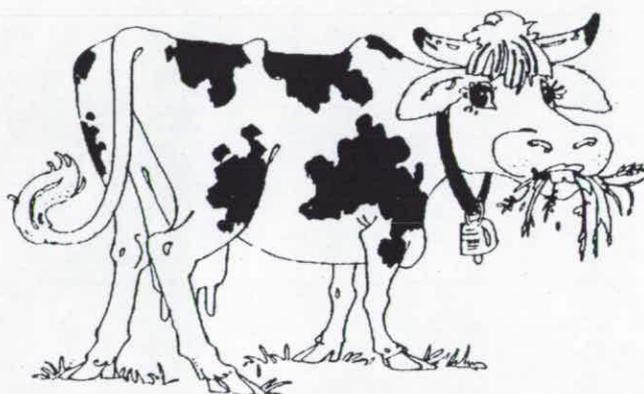
ESTADO DE ISRAEL



Ministerio de Relaciones Exteriores  
Centro de Cooperación Internacional  
"MASHAV"



Ministerio de Agricultura  
Centro de Cooperación  
Internacional para el  
Desarrollo Agrícola (CINADCO)



# TEMAS SELECTOS DE NUTRICION

ZVI EDELMAN M. Sc. Agr.

## CONTENIDO

	Página
COMPOSICION DE ALIMENTOS	2
VITAMINAS	16
FISIOLOGIA DEL RUMEN	32
ENERGIA	58
PROTEINA	82
FIBRA Y FORRAJE	112
CALCULO DE RACIONES	141
BIBLIOGRAFIA	168

### COMPOSICION DE ALIMENTOS

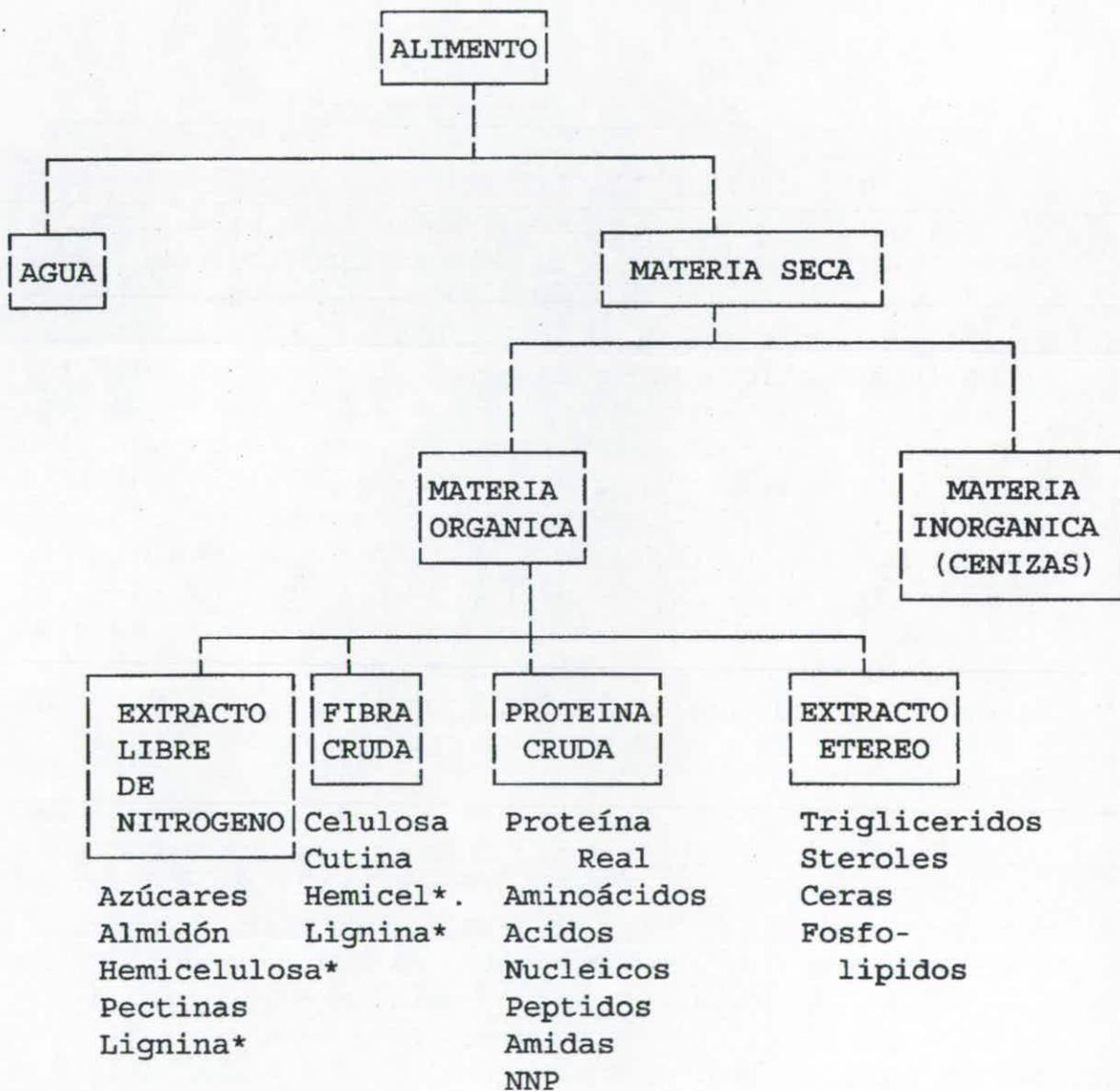
La Nutrición comprende-entre otros-procesos fisiológicos y químicos que transforman los compuestos de los alimentos en compuestos del cuerpo del animal o de los productos que el animal produce. Por lo tanto, la composición de los alimentos es el punto de partida para estudiar el valor nutritivo de ellos. Los alimentos y el cuerpo de los animales están compuestos por las mismas sustancias químicas: Los Carbohidratos, Proteínas, Grasas, Minerales, Vitaminas. La composición de los alimentos es el factor más importante que determina su aporte a los animales, su valor alimenticio.

Los alimentos que comen los rumiantes son en su gran mayoría de origen vegetal. Los componentes de los alimentos son compuestos orgánicos e inorgánicos. Los compuestos orgánicos son los que aportan energía al organismo.

La energía que contienen es la energía almacenada en los enlaces químicos que se formaron en el proceso de fotosíntesis. Los animales aprovechan la energía y los otros nutrientes de los alimentos que ingieren por intermedio de los procesos metabólicos que se llevan a cabo en el organismo y como consecuencia de ellos el animal obtiene los nutrientes para mantenimiento, crecimiento y producción.

En el dibujo 1 se muestra en forma gráfica la composición general de los alimentos. Según el análisis proximal.

Dibujo 1.1 Composición de alimentos  
en Análisis Proximal (Weende)



\* -parcial

## HUMEDAD -

Todos los alimentos contienen humedad en uno u otro grado. Los alimentos "secos" contienen 12 a 14% de humedad. Si el porcentaje de humedad está por encima de esos números el alimento se deteriorará por la actividad de los hongos que proliferan.

La determinación de la humedad en los alimentos a nivel de finca es importante, tanto por la importancia económica al comprar alimentos, y no pagar por agua en exceso de lo que estos deben contener, como por los problemas que el exceso de humedad acarrea. La cantidad de agua en alimentos conservados como el heno o el ensilaje o henilaje, también juega un papel importante en la calidad de estos alimentos. El umbral tolerable de humedad en el heno depende de su forma de almacenaje. Las pacas de heno pequeñas -de 20 a 25 kgs.- pueden contener hasta un 20% de humedad sin que se produzca enmohecimiento de ellas. Las pacas (fardos) grandes -de 300 -500 kgs. no deben contener más de 10 a 12% de humedad, para evitar su enmohecimiento. La cantidad de humedad en el material verde (en el momento de ensilar) influye en el tipo de fermentación que se produce en el proceso de ensilaje y esto influye en la calidad del producto final, que se traduce en el consumo voluntario del ensilaje. En la conservación de leguminosas en forma de henilaje, el grado de marchitamiento, es decir la merma de humedad del material a conservar, es fundamental para obtener una buena calidad. Henilaje debe contener no más de 60 % de humedad.

Un caso particular es el de la pollinaza -estiércol de aves. Se recomienda ensilar la pollinaza destinada a usarse en la alimentación, para evitar la propagación de enfermedades comunes a las aves y los rumiantes. Para obtener un buen ensilaje de pollinaza se debe agregar humedad hasta obtener una mezcla con 40% de humedad. Se debe determinar el contenido de humedad del material a ensilar, para agregar la cantidad de agua necesaria.

Otro caso en el que la humedad de los alimentos

influye en el ganado es en las raciones integrales o completas, en las cuales los ingredientes de la ración son mezclados en carro mezclador y son repartidos al ganado una o dos veces por día. El porcentaje de humedad en la ración en ese caso influye en el consumo total de Materia Seca: raciones con más de 50 a 60 % de humedad ofrecidas ad libitum son consumidas en menor cantidad que raciones con menor cantidad de humedad. Esto es especialmente notable en raciones que contienen ensilajes, y es importante para asegurar un consumo máximo de la ración.

#### Determinación de Humedad

1- Hornos convencionales. El sistema más exacto, que se usa en los laboratorios es el secado en horno a 105 grados centígrados, hasta peso constante.

El problema con este sistema a nivel de finca es el tiempo que transcurre hasta la obtención del resultado. En este caso, el uso del horno no es práctico para determinar el momento óptimo de recolección del material verde para henificar o ensilar.

2- Hornos de Microondas. Ultimamente, entraron en uso para determinar rápidamente la humedad de muestras. En base a muchas pruebas que se llevaron a cabo se demostró que la correlación entre los resultados de determinación de humedad en hornos convencionales y en hornos de microondas es lo suficientemente alta para uso práctico, si se usa el horno de acuerdo a las recomendaciones especificadas para ese uso.

El sistema de secado en horno convencional a 105 grados da resultados erróneos en cierto grado en la determinación de humedad de ensilajes, debido al alto contenido de ácidos grasos volátiles en el ensilaje, que se volatilizan en el secado a esa temperatura. Por este motivo se usan otros métodos de secado en ensilajes, como el secado a 60 grados centígrados bajo corriente de aire en hornos apropiados.

3- Instrumental especial. Existen instrumentos electrónicos que permiten determinar la humedad en base a la resistencia eléctrica entre 2 electrodos. Dado que el agua tiene mejor conductividad eléctrica que el aire, cuanto más humedad contiene una muestra, mayor será la conductividad eléctrica de la muestra. Los instrumentos se calibran de tal forma que es posible

leer sobre una escala impresa el grado de humedad de la muestra en porcentaje. A pesar que el grado de exactitud de estos instrumentos no es tan alto como en los anteriormente mencionados, ellos son usados para ciertas finalidades en que la exactitud-dentro de un rango tolerable- es menos importante que el tiempo, como por ejemplo cuando se enfarda heno, para determinar si la humedad es correcta, o para ensilar después de marchitamiento.

Estos instrumentos son más confiables en el rango de humedad característico de los henos (10 a 25% de humedad). Son menos confiables para determinación de humedad de material para ensilar.

#### MATERIA SECA

Tal como figura en el dibujo 1 se divide en :Materia Orgánica y Materia Inorgánica.

#### MATERIA INORGANICA

En los resultados de los análisis, se expresan como cenizas.

Incluye compuestos y elementos que no tienen valor energético, Esta fracción contiene elementos esenciales para los animales, y otros elementos que no lo son y significan un lastre cuando estos ingieren cantidades considerables de cenizas.

La composición de la fracción de cenizas en los alimentos, incluye en algunos casos elementos que se agregan en el proceso industrial de obtención del producto. Un ejemplo es la cáscara de cítricos deshidratada.

La cáscara o pulpa de cítricos deshidratada contiene una cantidad alta de calcio alrededor de 2% en base a materia seca). Parte de este calcio se agrega al producto en el proceso de deshidratación para extraer la humedad de la pulpa.

Los forrajes contienen alta cantidad de cenizas comparados con los alimentos concentrados (granos, etc.) La cantidad de cenizas que contienen los forrajes por encima del contenido normal de la planta según los análisis típicos, reflejan las condiciones de cosecha, las condiciones del proceso de conservación usado, de la maquinaria usada en el proceso y de la habilidad y experiencia de los operarios.

Influyen también factores tan remotos aparentemente como la nivelación del terreno antes de la siembra del cultivo a ensilar o henificar. Este influye en el contacto o la distancia de las cuchillas cortadoras con el suelo y de esa forma, en la cantidad de suelo que se incorpora al forraje.

Los granos y cereales contienen muy poca cantidad de cenizas-entre 1 y 3 % en base a materia seca. Los pastos de corte tienen un contenido de 2 a 4% de cenizas.

Mucha mayor variabilidad en el contenido de cenizas existe en los pastos de praderas (pasturas) donde el ganado pastorea libremente. El material verde que compone la pastura no difiere en mucho en el contenido de cenizas de la misma especie botánica que se usaría como pasto de corte.

La ingestión de cenizas por parte de los animales que pastan, puede ser muy variable, dependiendo del manejo de las pasturas. Cuando existe el sobrepastoreo, la ingestión de cenizas-que en su mayor parte provienen de la ingestión de suelo-(tierra) puede ser alta. El suelo contiene gran cantidad de silicatos que son innecesarios para los animales y también mucho potasio que -siendo un mineral esencial para el ganado-éste lo ingiere en cantidades muy por encima de sus necesidades en condiciones de pastoreo.

En los forrajes conservados, la variabilidad en el contenido de cenizas es distinta en ensilajes, henos y pajas.

Los ensilajes contienen entre 6 a 8 % de cenizas en base a materia seca. Los henilajes contienen más cenizas debido al marchitamiento (zarazeo) que obliga a recoger del suelo el material cortado y marchitado. Los henos contienen entre 7 y 10 % de cenizas, e igual cantidad las pajas.

La pollinaza -como el estiércol de los animales en general-tiene un contenido relativamente alto de

cenizas, ya que en el proceso de digestión los minerales no son sujetos a cambios químicos y son absorbidos en menor cantidad que la materia orgánica, por lo tanto en las heces aumenta la concentración de los minerales (cenizas) comparado con el alimento del cual provienen esas heces. La cantidad de cenizas en la pollinaza depende de factores varios. Se considera una pollinaza de buena calidad si contiene menos de 20% de ceniza. Existen pollinazas que contienen hasta 50% de cenizas. Estas no son aptas para usar como alimento. Material de esa calidad produce daños económicos graves en el ganado. En las tablas de composición de alimentos -tales como las del Consejo Nacional de Investigación de los E.E.U.U. (más conocido como el N.R.C.-las iniciales de National Research Council) figura la composición de alimentos varios y entre otros figura también el contenido de cenizas. Debido a la variedad de condiciones que influyen en el contenido de cenizas de los forrajes y alimentos varios, el uso de tablas de composición de forrajes puede servir sólo de guía. En explotación racional en ganadería se determina su cantidad en los forrajes en uso, enviando muestras representativas al laboratorio de análisis de alimentos, sólo cuando existe fundamento para pensar que el contenido de cenizas es más alto de lo esperado. El análisis de laboratorio es recomendado para obtener datos sobre la composición total de los alimentos, y no sólo de las cenizas. La información sobre contenido de cenizas (totales) se obtiene generalmente junto con la composición general de la muestra del alimento que se envía a analizar.

El contenido de cenizas de los alimentos influye en el valor energético de ellos. Raciones con alto contenido de cenizas aportan menos energía porque las cenizas en alta cantidad son un lastre para el ganado. El organismo elimina esas cenizas por intermedio de los riñones y el proceso exige una inversión de energía por parte del animal. Esa energía invertida en el proceso sustrae energía para la producción.

## MATERIA ORGANICA

La clasificación de los compuestos orgánicos de los cuales se componen los alimentos puede hacerse en base a diferentes criterios. Del punto de vista químico puramente se clasifican los compuestos según la clasificación química clásica: carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas. Esta clasificación es básica ya que cada uno de estos grupos se comporta de diferente forma en el cuerpo animal y cumple una función diferente -aunque con excepción de las Vitaminas todos ellos tienen un común denominador : aportan energía, (en diferente proporción). De acuerdo con la clasificación química ,dentro de cada grupo de compuestos distinguimos diferentes subgrupos .

### C A R B O H I D R A T O S

#### 1- SACARIDOS simples- (Monosacáridos y disacáridos)

Incluyen azúcares simples ,como la glucosa, lactosa , fructosa, galactosa, sacarosa. Del punto de vista nutritivo poseen una importante característica: son de alta solubilidad y por lo tanto son compuestos que son aprovechados totalmente por el animal. De estos compuestos la sacarosa, que se en azúcar, es ingerida en cantidades considerables en el trópico. Los forrajes de las zonas templadas contienen más azúcares solubles que los forrajes tropicales y ésta es una de las razones por las cuales los anteriores tienen mayor valor nutritivo que los forrajes tropicales. La alta solubilidad de estos compuestos es una ventaja cuando provienen de forrajes en los cuales se encuentran en cantidades moderadas. Cuando se encuentran en cantidades altas en la ración, producen problemas en la fermentación ruminal.

#### 2- POLISACARIDOS

Tienen un alto peso molecular y son diferentes a los sacáridos simples. están compuestos de unidades de hexosas o pentosas. No tienen sabor dulce como los anteriores. Muchos de ellos aparecen en las plantas como producto de almacenamiento en forma de almidón. Otros forman el esqueleto de la planta , como la celulosa.

### Almidón

Está compuesto por dos principales moléculas: amilosa y amilopectina. El almidón está organizado de tal forma que las moléculas de amilosa y amilopectina están ligadas por lazos de hidrógeno. Los gránulos de almidón son pseudocristales que contienen zonas organizadas en forma cristalina y zonas amorfas. Las zonas cristalinas son bastante resistentes a la infiltración del agua, mientras que en las zonas amorfas el agua fluye libremente. Calentado a 60-80 °C los gránulos pierden su forma cristalina. El almidón constituye el 70 % del grano de los cereales que son el principal alimento concentrado seco negociable a nivel mundial (maíz, cebada, avena,). En frutas, tubérculos y raíces, puede llegar al 30%. Una fuente importante de alimento humano en los trópicos es la yuca, cuyas raíces contienen almidón. La yuca se cultiva en forma comercial en algunos países (Tailandia) con la finalidad de servir como alimento concentrado para ganado y se exporta a Europa, donde reemplaza a parte de los cereales como fuente de energía en la ración, por su precio más bajo. Del punto de vista físico, existen diferencias en la estructura del almidón de diferentes alimentos - aparte de diferencias químicas -. Estas diferencias de estructura del almidón se manifiestan del punto de vista nutritivo en diferencias en la tasa de degradabilidad ruminal del almidón. El almidón de la yuca tiene una tasa de degradabilidad muy alta. El almidón del grano de cebada es más degradable que el del maíz. La proyección nutritiva de estas diferencias en la tasa de degradabilidad de las diferentes fuentes de almidón depende de la composición de la ración y en especial de la cantidad y proporción de concentrado en la ración. En ciertas circunstancias es conveniente usar una fuente de almidón más degradable. En otras, conviene una fuente menos degradable. Generalmente la ración contiene fuentes diversas de almidón, provenientes de alimentos diversos que la componen.

### La celulosa

Es el material más abundante en las plantas, formando las paredes celulares de las mismas. La pared celular contiene también lignina y hemicelulosa que -junto con la celulosa- dan la resistencia al material vegetal vivo. La celulosa se encuentra en su forma pura, en muy pocos alimentos. El algodón contiene celulosa pura en la mota blanca que forma parte de él. Esta -en su forma pura-, no asociada a otros compuestos de la pared celular, tiene un valor energético alto, comparable al valor de los granos de cereales.

### 3- HETEROPOLISACARIDOS

1 - Hemicelulosa - es un grupo de compuestos que acompañan a la celulosa en las hojas y los tallos de las plantas. Del punto de vista químico no están bien definidos.

2- Pectina y sustancias pécticas - Se encuentran en la pared celular primaria. El contenido de pectina de las frutas es alto. En algunos alimentos como la pulpa de cítricos se encuentra en cantidades considerables. Su aporte energético a los rumiantes es alto, por su alta digestibilidad.

### LIGNINA

No es un carbohidrato, pero se encuentra en asociación con la celulosa, la hemicelulosa y las sustancias pécticas en la pared celular y por ello se la menciona aquí. Se desconoce su composición exacta, que es muy compleja. Su cantidad en la planta aumenta con el tiempo y la edad. Es considerada totalmente indigestible.

Las raciones de los rumiantes contienen cantidades variables de lignina, mayormente proveniente de los forrajes que componen la ración. Por el hecho de que la lignina es totalmente indigestible, existe una relación inversa entre el contenido de lignina de los alimentos y su valor nutritivo.

Alimentos de bajo valor nutritivo como la paja de trigo -como ejemplo- contienen 12 % de lignina. Por otro lado forrajes de alta calidad como el ryegrass contienen 2 % de lignina. Las leguminosas contienen más lignina que las gramíneas.

La cantidad de lignina en el forraje es un buen indicio de su valor nutritivo, aunque existen ciertas excepciones: El heno de alfalfa contiene alrededor de 7% de lignina, mientras que el trigo (heno) contiene entre 5 y 6 %. Sin embargo la alfalfa tiene valor nutritivo más alto que el trigo. esto se debe a que la digestibilidad de la Materia Orgánica es mayor en la Alfalfa que en el trigo y esta diferencia en el porcentaje de digestibilidad compensa con creces la diferencia en valor nutritivo atribuida al porcentaje de lignina. Existen también diferencias en el grado de consumo voluntario entre leguminosas y gramíneas.

## L I P I D O S

Son ésteres de ácidos grasos con Glicerol. Los ácidos grasos son de largo de cadena variable. Se dividen en ácidos grasos saturados e insaturados, y por lo tanto se distingue entre: Grasas Saturadas y Grasas Insaturadas de acuerdo a los ácidos que las componen. Tienen una concentración muy alta de energía. Aportan aproximadamente más del doble de Energía que los Carbohidratos, por unidad de peso. Comparados con las Proteínas aportan casi el doble por unidad de peso. No son una fuente importante de energía para los animales por el hecho de que se los incluye en las raciones en cantidades pequeñas. No es posible incluirlos en altas proporciones en la ración. Los animales no poseen suficientes enzimas para digerirlos en altas cantidades. En los rumiantes, interfieren en la digestión de la Fibra Cruda por parte de la bacterias ruminales cuando se los incluye en la ración en cantidades considerables.

### El contenido de grasa en los alimentos

Los forrajes contienen 2 a 3 % de grasa (se expresa como Extracto Etéreo).

Los granos de cereales contienen entre 2 a 4 % de grasa. Las plantas oleaginosas contienen alrededor de 20 % de grasa. La semilla de algodón, cuyo uso está muy difundido en la alimentación en ganadería intensiva, contiene 20 % de grasa -en base a materia seca- y es una fuente importante de grasa en la ración, ya que se puede incluir hasta 20 % de semilla de algodón en la ración

diaria.

El grano de soya es otra fuente importante de grasa en la ración ya que también se lo incluye en raciones, aunque su uso está menos difundido que el de la semilla de algodón.

La importancia de las grasas en la alimentación del ganado lechero aumentó en los últimos años. Hay un incremento considerable en la producción de leche por vaca en los hatos lecheros. Por el hecho de que el consumo voluntario de la ración no se incrementa en la misma proporción como la producción de leche, sucede que aumenta el déficit energético de las vacas altas productoras a medida que aumenta la producción de leche, lo cual tiene proyecciones negativas en varios aspectos para estos animales.

Para evitar estas consecuencias se estudian, y existen en el mercado, formas diversas de incorporar más energía a la ración de vacas altas productoras en forma de grasa. (grasa protegida) El hecho de que la grasa tiene un valor energético mucho más alto que los carbohidratos, permite -a ganado que ya está consumiendo el máximo de materia seca posible- sustituir parte de los carbohidratos por cantidad igual de grasa y aumentar la oferta de energía a la vaca alta productora, sin alterar la cantidad total del alimento ofrecido. El cambio produce un aumento de la concentración de energía de la ración.

## P R O T E I N A S

Son compuestos complejos que contienen - al igual que los carbohidratos y los lípidos - carbono, hidrógeno y oxígeno, pero además contienen nitrógeno que es el elemento que los caracteriza. En la Naturaleza se encuentran una variedad muy grande de proteínas.

Están constituidas por aminoácidos. Existen muchos aminoácidos pero la mayor parte de las proteínas está constituida por 25 aminoácidos que se combinan en diferentes formas y producen la variedad de proteínas. Los aminoácidos se combinan en compuestos más complejos que se denominan péptidos y polipéptidos. Los aminoácidos se dividen en : aminoácidos esenciales y aminoácidos no esenciales. Los esenciales son aquellos que los animales no tienen la capacidad de sintetizar y deben recibirlos en la ración. Su falta en el organismo impide un

desarrollo normal del animal. Los no esenciales son los que los animales tienen la capacidad de sintetizar, a partir de los esenciales, de manera que a pesar de que no formen parte de la ración son sintetizados por el animal y forman parte del cuerpo y de los productos que el animal produce.

### Propiedades de los Proteínas

Son de alto peso molecular. Tienen propiedades coloidales. Difieren en el grado de solubilidad en agua. Desde totalmente insolubles como la queratina hasta las muy solubles como la albúmina. Tienen capacidad de actuar como tampón (buffer) por contener radical o radicales ácido y básico en la molécula.

### Compuestos Nitrogenados Simples

Una considerable variedad de compuestos que contienen nitrógeno y no clasificados como proteínas se encuentran en plantas y animales. En las plantas se clasifican estos compuestos como nitrógeno no proteico (NPN) para distinguirlos de la proteína real o verdadera.

En un sentido amplio se incluyen aquí: Aminoácidos, amidas, alcaloides, aminas, amoníaco y nitratos. Las aminas son compuestos que en forma natural se encuentran en pequeñas cantidades en las plantas. Algunas, como las histaminas, se producen en el proceso de descomposición de la materia orgánica, en ensilajes mal preparados. Son productos tóxicos. Las histaminas deprimen el consumo voluntario de la ración. Los nitratos pueden encontrarse en proporciones altas en las plantas forrajeras, cuando éstas crecen en suelos fertilizados con altas cantidades de fertilizantes nitrogenados. Los nitratos no son tóxicos para los animales, pero son reducidos a nitritos en el cuerpo los cuales son tóxicos. En el ryegrass a menudo se encuentran concentraciones altas de nitratos. Las concentraciones altas de nitratos ocurren cuando la oferta de nitrógeno a las raíces de las plantas es mayor

que las posibilidades de la planta de metabolizar ese nitrógeno y transformarlo en proteína. La planta absorbe entonces, los nitratos sin transformarlos en su totalidad en proteína y en consecuencia aumenta su concentración en la planta.

Es de señalar que cantidades pequeñas de nitratos se encuentran siempre en los forrajes verdes.

Segun reportes, cuando la cantidad de nitratos en la planta excede de 0.07 % en base a materia seca se producen síntomas de toxicidad en los animales que ingieren ese forraje. En cantidades por encima de 0.22 % puede ser letal.

Amoníaco. Se encuentra en las plantas en pequeñas cantidades. En los ensilajes, se encuentra en cantidades mayores, y se produce como consecuencia de la descomposición de las proteínas en el proceso de fermentación. Su concentración depende de las condiciones de preparación del ensilaje y de la humedad del material verde a ensilar. En algunos casos se agrega amoníaco al ensilaje para mejorar su estabilidad y reducir pérdidas. En esos casos la cantidad de amoníaco puede ser mayor. El término "nitrógeno no proteico" (NNP) en alimentación de rumiantes comprende los compuestos nitrogenados simples que los rumiantes pueden aprovechar. Entre los alimentos que se incluyen en la ración como fuente de NNP, el principal es la urea. En la mayor parte de los alimentos hay cantidades variables de NNP. El caso de los ensilajes fué mencionado más arriba. En los forrajes verdes también se encuentran cantidades relativamente altas de NNP.

La proteína que reciben los rumiantes está compuesta por proporciones variables de proteína real y NNP, según los alimentos que componen la ración.

A pesar de que los rumiantes tiene la capacidad de aprovechar NNP como fuente de proteína, ésta capacidad es limitada. Por encima de cierta cantidad los NNP pueden ser tóxicos para el animal. Por otro lado el amoníaco es esencial para parte de la flora ruminal.

## VITAMINAS

La existencia e importancia de las Vitaminas en el organismo fué descubierta a principio del siglo XX. Los mamíferos, al igual que animales de especies varias no tienen la capacidad de sintetizar vitaminas a partir de compuestos simples, por ser heterotróficos en su forma de alimentación.

Esta propiedad es característica de las plantas y los microorganismos, que son autotróficos. Tienen la capacidad de sintetizar compuestos orgánicos a partir de compuestos simples, inorgánicos. Entre estos compuestos también sintetizan la mayor parte de las Vitaminas.

### Grupo Vitaminico A

Segun los conocimientos existentes hoy día, los microorganismos no sintetizan vitamina A y los rumiantes dependen del abastecimiento de alguna fuente externa de ésta vitamina.

#### Las Vitaminas del Grupo A

Este grupo comprende la Vitamina A -retinol y también sus ésteres y los carotenoides. Se conocen alrededor de 80 carotenoides. Sólo algunos de los carotenoides tienen actividad vitamínica A. El  $\beta$ -caroteno es la forma más interesante para la alimentación. La actividad del  $\beta$ -caroteno en unidades de vitamina A figura en la tabla 1.1 .

En la Naturaleza, los rumiantes comen cantidades variables de forraje verde, que contiene beta Caroteno. En algunas zonas hay forraje verde todo el año. En otras la oferta de forraje verde está limitada a parte del año. En otras la oferta del forraje verde está limitada a parte del año.

La vitamina A participa en la integridad de los epitelios en el organismo. Debido a la diversidad de epitelios, la variedad de lugares en los que los epitelios se encuentran y las diferentes funciones de los epitelios en el organismo, los síntomas de carencia de vitamina A son muy variados. Cumple función en la resistencia contra las infecciones especialmente en los animales jóvenes, en la fertilidad de la hembra por intermedio de su papel en la síntesis de las hormonas esteroideas que participan en los procesos reproductivos. Participa en los fenómenos de desintoxicación siendo en ésta función el  $\beta$ -caroteno el compuesto activo.

La vitamina A se denomina también la vitamina antistress. En los casos en que el animal se encuentra en stress la vitamina alivia el stress, amortiguando la merma en la producción que el stress produce. De acuerdo a esto, los requerimientos de Vitamina A varían según las condiciones en el hato.

La vitamina A influye en la síntesis de anticuerpos en conjunto con otras vitaminas.

#### Requerimientos de Vitamina A

El N.R.C. americano estipula los requerimientos de Vitamina A para los diferentes grupos de ganado de acuerdo a las edades, tipo de producción, estado fisiológico, etc. Las cantidades se expresan allí en Unidades Internacionales por Kg de Materia Seca. (Ver Normas del N.R.C. para ganado lechero en capítulo 7.

Las cantidades que se recomiendan a nivel de campo son más altas.

Los becerros y corderos recién nacidos nacen desprovistos de reservas de vitamina A. Según análisis, el hígado de ellos no contiene vitamina A al nacer. Es importante formar en ellos muy rápidamente una reserva hepática de la vitamina A. En esa época la única fuente de vitamina es el calostro que debe contener cantidades considerables de vitamina A.

En la práctica, es difícil estimar el aporte de vitamina A por el calostro. Las vacas primíparas producen siempre un calostro de menor contenido en vitamina A.

La práctica de suplementar a las vacas secas con Vitamina A probablemente eleva la concentración de Vitamina A en el calostro. La importancia de formar

reservas de vitamina A en el recién nacido es tal, que se debe asegurar las reservas suplementando a los mamantes con vitamina A además de la que reciben en el calostro. Esta práctica también soluciona el problema de aquellos hatos en los que la práctica de administración de calostro no es regular (mal manejo) y parte de los mamantes no reciben suficiente calostro.

El suplemento de vitamina A puede ser oral o parenteral. El suplemento parenteral de 1/2 millón de U.I. de vitamina A en compuesto A-D-E el primer día de nacidos a los becerros o corderos da muy buen resultado en merma de mortandad y reducción de morbilidad. Es de mencionar que la vitamina E aquí aporta también a la mejora de los resultados. (Ver vitamina E)

#### β-Caroteno-

Es la provitamina A que se transforma en el cuerpo en vitamina A. A pesar de que en el cuerpo se encuentra β-caroteno en diferentes lugares-especialmente en la grasa corporal-no se conocía otra función de este compuesto más que la transformarse en la vitamina A -como es la función de las provitaminas.

A fines de la década del setenta, investigadores alemanes-en base a trabajos hechos y publicados en ese país- llegaron a la conclusión de que el β-caroteno era necesario para obtener buena fertilidad en vacas lecheras. A continuación se hicieron muchos trabajos en ese tema. Los resultados hasta hoy día fueron erráticos, y el tema todavía no está elucidado. Con respecto al β-Caroteno -por su alta precio-es más difícil poner en práctica el principio de consumo de lujo, es decir dar cierta cantidad, tal vez por encima de las necesidades, para asegurar que no exista carencia. Si es que el β-Caroteno tiene una función en la fertilidad del ganado, el problema se incrementa por el hecho ya antes mencionado de la merma en el uso de forraje verde fresco, y el incremento consiguiente de los forrajes conservados que contienen mucho menos β-Caroteno porque éste se destruye en la henificación y en el ensilado. Paralelamente al incremento en el uso de forrajes conservados y a la merma del uso de forrajes verdes ha habido-con el incremento de producción- una merma en la fertilidad del ganado lechero, pero es posible señalar varias razones que pueden

estar involucradas en este fenómeno, aparte de la merma en la ingestión de  $\beta$ -Caroteno. Este tema no será tratado aquí.

El  $\beta$ -Caroteno es un compuesto caro. A los precios de hoy día, los 300 mg por cabeza por día que es la dosis que recomiendan algunos investigadores cuesta alrededor del valor de 2 lts. de leche o más dependiendo de la relación de precios. Por esta razón no se ha difundido el uso de  $\beta$ -Caroteno en vacas lecheras.

Cuadro 2.1 Denominaciones, Formas de Utilización, y Equivalencias más Corrientes de las Vitaminas A, D y E

Grupo Vitamínico	Denominaciones	Formas de utilización Más corrientes	Equivalencias Peso/Unidades
A	Retinol-axerol	Palmitato de retinol	0.3 $\mu$ g 1 U.I.
		Acetato de retinol	
		Aceite de Hígado de Pescado	Alrededor del 80 del poder del acetato de retin
		Beta-Caroteno	1mg=333 a 476 U. (bovitaminanos) 1mg.=400 a 578 U (ovitaminanos)
		Carotenos tot.del Maíz y los forrajes	1mg=250 U.I.
D	D2 ergocalciferol	Vitamina D2	1 $\mu$ g=40 U.I.
	D3 colecalciferol 1 $\alpha$ -hidroxi calciferol	Vitamina D3 No generalizado	1 $\mu$ g=80 a 200 U.I
E	$\alpha$ -tocoferol	En alimentos natur. Leche y calostro	1mg=1.36 U.I.
	d.l. $\alpha$ -tocoferol	Acetato de dl. $\alpha$ -tocoferol	1mg=1.00 U.I.

## Vitamina E

La fuente principal de Vitamina E en la Naturaleza es el forraje verde fresco. Se encuentra también en los granos de cereales. Asegura la integridad de las membranas en el organismo. cumple la función de un antioxidante biológico, y en esa forma detoxifica el organismo, disminuyendo la incidencia de enfermedades clínicas y subclínicas. En su deficiencia se producen una serie de enfermedades como la Degeneración Muscular, Sincopía fatal en becerros y cerdos, Degeneración Embriónica en ovinos, aves.

La vitamina E es un antioxidante y como tal participa -junto con el Selenio,  $\beta$ -Caroteno, Zinc, Cobre, y Manganeseo en los sistemas de defensa del organismo contra factores patógenos como infecciones producidas por microorganismos o factores polutantes ambientales que cada vez cobran mayor importancia como factores exógenos nocivos al animal. La vitamina E como antioxidante, detoxifica al organismo de los radicales libres que son producto del metabolismo celular normal pero que el organismo debe eliminar, o son inhalados por contaminación ambiental. Pueden ser también generados por el metabolismo de ciertas drogas o medicamentos. La capacidad de destruir estos radicales libres sirve para proteger la integridad estructural de las células. Los neutrófilos de vacas deficientes en vitamina E y Selenio tienen menor capacidad para destruir o ingerir bacterias. Las deficiencias de estos nutrientes disminuyen marcadamente la respuesta inmune a los antígenos en becerras y otros animales.

La suplementación de vitamina E a vacas antes del parto parece aminorar la incidencia de Mastitis y aliviar los síntomas de la enfermedad, en vacas que reciben forrajes conservados (heno y ensilaje). En ganado de carne, en California, la inyección de Vitamina E con Selenio a la cría al nacer produjo mejor desarrollo de los mamantes inyectados, comparados con un grupo testigo (California Agriculture marzo-abril 1987). En Israel, en un trabajo hecho en machos de engorde, suplementación de 100 mg de vitamina E con 0.5 mg de Selenio (inyectado) a becerros de 2-3 días de edad que recibieron previamente 500000 U.I. de vitamina A y 25 mg de Vitamina E en compuesto A-D-E (inyectado también)

redujo la incidencia de pneumonías y problemas podales de tal modo que el número de machos que salieron del hato antes de la finalización de la ceba por morbilidad (Selección forzada o involuntaria) fué de 40% en el grupo testigo comparado con 11% en el grupo experimental. (Edelman 1989 no publicado)

Estos resultados son muy extremos y el autor considera que se deben a las condiciones específicas que reinaban en el hato al tiempo de realizarse el trabajo. Los resultados mencionados realzan la importancia de la suplementación de la vitamina E y Selenio en condiciones precarias de cría.

Vacas que reciben pasto verde fresco no necesitan suplemento de vitamina E. La vitamina E se destruye en el proceso de conservación de los forrajes. Por el hecho de que la alimentación en base a forrajes conservados está cada vez más difundida, la suplementación con vitamina E cobra mayor importancia. El N.R.C. 1989 recomienda 15 U.I. de Vitamina E por kg. de Materia Seca en vacas. Hasta esa fecha no se habían recomendado cantidades de Vitamina E en la ración suponiendo -al parecer- que las raciones contienen forrajes con suficiente vitamina E. Los investigadores del estado de Ohio donde se hicieron muchos trabajos sobre el tema, recomiendan - en base a sus trabajos - la cantidad de 1000 U.I./día de vitamina E a las vacas secas, y 500 U.I./día -cantidad total en la ración a las vacas en producción.

#### Vitaminas del grupo D

Existen dos formas principales de vitamina D : - La vitamina D<sup>2</sup> llamada ergocalciferol obtenida por radiación del ergosterol, presente en las levaduras y los vegetales superiores. El contenido en vitamina D de los forrajes aumenta así gracias a la síntesis que se lleva a cabo en el curso de la henificación. - La vitamina D<sup>3</sup> o colecalciferol, muy abundante en el aceite de hígado de pescados marinos, se sintetiza igualmente en la epidermis de los mamíferos, bajo la influencia de los rayos ultravioletas. Una gran parte pasa al organismo por vía sanguínea. Una fracción menos importante se encuentra en las excreciones sebáceas, donde, en parte, puede ser reutilizada por el ganado vacuno en la acción del lamido. Igualmente se encuentra colecalciferol en algunos vegetales.

En todos los mamíferos, las vitaminas D<sup>2</sup> o D<sup>3</sup> tienen la misma actividad antirraquítica. La unidad estandar es la Unidad Internacional (U.I.) que corresponde a la actividad antirraquítica medida en la rata y contenida en 0.025 µg de vitamina D<sup>2</sup> o D<sup>3</sup> cristalizada.

1 mg. de Vitamina D<sup>2</sup> o D<sup>3</sup> = 40000 U.I.

#### Síntomas de Carencia de vitamina D

- Evitan raquitismo en animales jóvenes .
- Protegen la integridad ósea de los adultos.
- El recién nacido posee algunas reservas de vitamina D, lo que hace que en caso de animales jóvenes en condiciones en que pueden aparecer síntomas de deficiencia estos aparecen después de transcurrido cierto tiempo.
- En los rumiantes adultos la carencia de vitamina D se manifiesta en distrofias óseas (osteoporosis o osteomalacia) debido a una inadecuada fijación de calcio y fósforo, en particular cuando las raciones presentan desequilibrios en estos dos elementos .

#### Satisfacción de las necesidades

La satisfacción de las necesidades de los rumiantes en vitamina D está asegurada en gran parte por la síntesis de vitamina D<sup>3</sup> a nivel de la piel, bajo la influencia de los rayos ultravioletas, y por el aporte de vitamina D<sup>2</sup> contenida en los alimentos, particularmente en los forrajes. Las necesidades de los animales jóvenes se cubren con las vitaminas contenidas en el calostro y en la leche materna que aportan de 15 a 30 U.I./lt. de leche de vaca. El calostro es más rico en vitamina D que la leche. La riqueza del calostro y de la leche aumentan en proporción a la exposición de los animales a los rayos solares. En el rumiante adulto, el aporte de los forrajes secados al sol contribuye a asegurar un aprovisionamiento suficiente.

## PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE ALGUNAS VITAMINAS

Los requerimientos vitamínicos de los rumiantes son los mismos que los de los monogástricos. Los medios y las vías para cubrir estas necesidades son diferentes, ya que las síntesis llevadas a cabo por los microorganismos del rumen hacen a los rumiantes independientes con respecto al aporte exógeno de las vitaminas del complejo B. Un mejor balanceo de la ración aporta más autonomía a los rumiantes en lo que se refiere a su status en complejo vitamínico B. Cuando la ración está mejor balanceada la proliferación de los microorganismos es mayor y como consecuencia, también es mayor la producción de las vitaminas mencionadas.

La situación inversa en lo referente a balanceo de ración puede traer consecuencias inversas en lo que se refiere a esas vitaminas: habiendo carencia de Cobalto se reduce la producción de vitamina B 12 .

En lo referente a las vitaminas liposolubles , los rumiantes dependen -al igual que los monogástricos -del abastecimiento de las vitaminas en los alimentos . Las vitaminas A y E son las más importantes y en menor grado, la vitamina D .

Es esencial en la alimentación, asegurar que se cubran las necesidades de estas vitaminas que regulan en primer lugar la permeabilidad de las membranas celulares, la integridad de los epitelios, el buen funcionamiento reproductivo, la capacidad de resistencia del organismo contra agentes tóxicos -en los procesos de desintoxicación- y otros.

En lo referente a la cría, en especial los mamantes, la presencia de estas vitaminas en el calostro en cantidades apreciables y el consumo de calostro en cantidad apropiada eleva la capacidad de resistencia a los diversos factores patológicos infectivos a que está sujeto el recién nacido. Todo esto aparte de las inmunoglobulinas que son las preponderantes en asegurar la supervivencia del neonato.

Aún antes del parto estas vitaminas aseguran el buen desarrollo del feto asegurando su desarrollo total, es decir disminuyendo la incidencia de partos prematuros, y fetos defectuosos, lo que en total asegura menos mortandad periparto.

## DOSIFICACION DE VITAMINAS

Las investigaciones en su tiempo determinaron los síntomas característicos de la carencia de cada vitamina específica y determinaron las cantidades mínimas a dar para evitar la aparición de esos síntomas de carencia de cada vitamina específica.

Los trabajos se hicieron en las condiciones que eran típicas en la época, tanto en lo que se refiere a la alimentación como a la producción.

Las condiciones han variado mucho desde entonces. La alimentación ha cambiado mucho y las producciones han aumentado considerablemente.

La investigación clásica sobre vitaminas, que se desarrolló después de la comprobación de su vitalidad para el organismo fué dirigida a definir las dosis necesarias para evitar aparición de síntomas de enfermedades características en cada caso.

Parte de la investigación en la suplementación de las vitaminas (y de microelementos, que están relacionados con las vitaminas en la composición de las determinadas enzimas) está orientada a investigar la influencia de dosis más altas que las existentes, por dos motivos:

- 1- el mencionado más arriba, que indica que el abastecimiento de las vitaminas al ganado disminuyó por el cambio de raciones y alimentos.
- 2- Las dosis dirigidas a evitar los síntomas de carencia no son las dosis óptimas para evitar problemas zootécnicos-veterinarios, que afectan hoy día al ganado. En otros términos, las investigaciones en este aspecto son una revisión de los requerimientos en base a los niveles de producción actuales y a las condiciones zootécnicas existentes.

### Balace de Vitaminas

Es necesario tomar en cuenta ciertas características de las Vitaminas cuando se considera el balance de estas.

- 1-Se encuentran en cantidades muy pequeñas en los alimentos.
- 2-El organismo las requiere en cantidades muy pequeñas, del orden de miligramos por kilogramo de alimento.

- 3-Son muy lábiles .Se destruyen fácilmente en procesos de oxidación ,que son muy comunes a nivel de finca, en los depósitos, y en los procesos de conservación de los forrajes.

La fuente principal de vitaminas en la Naturaleza es proveniente de las plantas verdes que las sintetizan a partir de los compuestos inorgánicos que absorben del suelo.

Factores varios influyen en el contenido de vitaminas de los forrajes.

- 1-La especie botánica de la planta. Leguminosas contienen más vitaminas (en especial caroteno) que las Gramíneas.
- 2-La concentración de Vitaminas decrece con el desarrollo de la planta.
- 3-A mayor temperatura ambiente, menor es la concentración de vitaminas. Las plantas tropicales tienen menos vitaminas que las plantas de las zonas templadas. En la misma zona , las plantas que crecen en la estación de temperaturas más bajas contienen más Vitaminas que las plantas que crecen en la estación más cálida.
- 4-Las hojas contienen más Vitaminas que el tallo de las plantas. El grano (o semillas) es rico en vitaminas B pero no contiene vitamina A, o su pro vitamina, excepto en el maíz amarillo.

#### Factores que influyen en la ingestión de vitaminas por el ganado a nivel de finca.

La variación del contenido de Vitaminas en el forraje es muy amplia , influyendo en ella factores diversos, como los detallados anteriormente. El manejo de las pasturas es el factor principal que influye en la ingestión de vitaminas del ganado, cuando la explotación de éste es extensiva y el forraje es el único o el principal alimento que come el ganado. El manejo de las pasturas determina el estado fisiológico de las plantas que el ganado come en las parcelas. De ese modo determina el contenido de vitaminas del forraje (así como su contenido de energía y proteína).

Aún en manejo excelente de las pasturas la variación en ingestión de vitaminas por el ganado a través del año es muy grande.

Por el cambio del tiempo a través del año y la inevitable variación en la calidad de las pasturas, es posible decir que la regla general es que la ingestión de vitaminas es siempre variable.

El caso de la vitamina A es un ejemplo de la adaptación de los animales a las condiciones de la Naturaleza.

En la mayor parte del mundo existen épocas secas en las que el alimento que come el ganado contiene cantidades ínfimas de vitamina A o su provitamina, y por otro lado en época de lluvia el forraje contiene abundancia de caroteno que se transforma en vitamina A y el status del ganado en lo referente a vitamina A es excelente.

La vitamina A se acumula en el hígado (y una pequeña parte en la grasa corporal en forma de beta Caroteno) cuando la ingestión de ésta es por encima de los requerimientos. Por lo tanto, al final de la época de lluvia, después de una temporada de haber ingerido altas cantidades de  $\beta$ -Caroteno, el status de Vitamina A de los animales es bueno, reflejándose esto en el nivel de vitamina A en el hígado.

Durante la época en que el ganado come pasto seco, en la cual la ingestión de beta Caroteno decrece a un mínimo, el hígado libera a la sangre la vitamina A y así asegura el cumplimiento de las funciones vitales de la vitamina A a pesar de la alimentación deficiente en esa época.

En la Naturaleza, en condiciones de ganadería muy extensiva o en casos de emergencia, en la época de escasez de forraje se trata de la supervivencia de los animales. En el caso descrito anteriormente, por su acumulación en cierta época y su liberación a la sangre en otra, la vitamina A permite la supervivencia.

En la ganadería intensiva no existen animales en estado de supervivencia, vale decir condiciones de mantenimiento únicamente. Los animales se encuentran permanentemente en estado de producción (crecimiento, producción de leche, gestación, ceba).

Aparte de esto, el nivel de producción por animal aumenta permanentemente en los hatos lecheros. El aumento de nivel de producción se ha conseguido por medios varios, entre ellos el mejoramiento genético y el cambio de la alimentación que fué: transición a forrajes conservados, uso de subproductos varios y aumento de la

cantidad de alimentos concentrados en la ración del ganado.

La alimentación con forrajes conservados-que hoy día es practicada ampliamente-aminora el abastecimiento de vitaminas debido a que en los procesos de conservación se destruyen parte de las vitaminas, tal como fué mencionado anteriormente.

Estos dos hechos :menos forraje y forraje conservado -con menos vitaminas-producen una merma considerable en el abastecimiento de éstas. Paralelamente al aumento de la producción han habido cambios en los parámetros veterinarios de los hatos : merma en la fertilidad, incremento en la incidencia de enfermedades metabólicas, aumento en mortandad de la cría y otros problemas.

Es de señalar que dentro de este cuadro general hay muchas excepciones, pero éstas no alteran lo señalado en el párrafo anterior. Hay quienes relacionan la alta producción con los problemas veterinarios en relación de causa-efecto. El tema es muy amplio y no será tratado en este Capítulo.

El avance que se produjo en los conocimientos de alimentación, en mejoras en forrajes, en uso de alimentos varios, en balanceo de energía, proteína, fuentes de fibra, no fué acompañado de avance similar en estudio de requerimiento y dosificación de las vitaminas.

La carencia de los niveles de vitaminas apropiados se manifiesta- en los casos en que existe una influencia- en primer lugar, en los parámetros veterinarios tal como fué mencionado anteriormente, o en parámetros zootécnicos-veterinarios y a través de éstos, posteriormente en la producción.

El problema de los hatos de alta producción es- hoy día- como reducir la incidencia de enfermedades como mastitis, enfermedades metabólicas de los animales adultos, enfermedades de los mamantes, aumentar la fertilidad en el hato. Estos aspectos veterinarios-zootécnicos son influenciados por el manejo del hato y también son consecuencia de deficiencias nutritivas tal como se lo señaló antes. Es difícil separar las influencias netas de cada factor. Pero los resultados de trabajos hechos al respecto indican claramente influencia del factor nutritivo, independientemente del nivel de manejo.

Todos estos problemas mencionados son causantes de un aumento de la tasa de deshecho involuntario, por el

que se pierden animales de alto valor genético, con las pérdidas económicas consiguientes.

En las últimas décadas se ha incrementado la investigación sobre la suplementación de vitaminas en raciones características de la ganadería intensiva y los resultados obtenidos muestran en algunos casos una reducción de incidencia de problemas relacionados con la carencia de esas vitaminas con el consiguiente aumento en producción, por la relación directa entre ambos. Ya hace muchos años, se llegó a la conclusión de que no es posible confiar en las cantidades de vitamina A ingerida por el ganado en los forrajes. Ya hace años que se acostumbra suplementar el alimento concentrado con vitamina A para evitar deficiencia en su abastecimiento.

Se acostumbra a incluir entre 8000 y 12000 U.I. (Unidades Internacionales) de vitamina por kg. de concentrado. Esta cantidad evita deficiencia en la mayor parte de los casos, pero no en todos.

La tendencia es de aumentar aún más la suplementación de vitamina A en la ración. En una encuesta- hecha hace algunos años- a nutriólogos que asesoran a hatos de alta producción por la revista Hoard's Dairyman de U.S.A. hace algunos años la mayor parte indicó que recomendaban suplementar la ración diaria con 200000 a 300000 U.I. de Vitamina A en compuesto A-D-E. Suponiendo que la ración es de 20 Kg de Materia Seca/día esto significa una concentración de 10000 a 15000 U.I. por Kg de M. Seca.

Esto es más del doble y hasta el triple de concentración de lo recomendado por el N.R.C. 1989. Estas recomendaciones reflejan la importancia que se da -en base a la experiencia de los profesionales- de asegurar una buena cantidad de la vitamina A a las vacas de los hatos altos productores.

La relación costo/beneficio justifica según los nutriólogos mencionados el abastecimiento de la vitamina A en esas cantidades. Estas son recomendaciones con base empírica.

La investigación- a diferencia de la rutina con base empírica-, procura definir los requerimientos para diferentes funciones o en períodos determinados. Ciertos trabajos investigaron la suplementación de vitamina A en la última etapa de la gestación en ganado bovino y ovino (séptimo mes de gestación y hasta el parto) en ésta etapa de la gestación el feto tiene una tasa de

crecimiento alta. En los dos últimos meses de la gestación en vacas de razas grandes, el feto (con los integumentos) crece a razón de 500 gramos por día y se encuentra en etapa de generación muy activa de todos los tejidos del cuerpo. En trabajo realizado en Israel la suplementación con Vitamina A inyectada intramuscular -1000000 de U.I. a vacas al momento de secarse y a novillas gestantes dos meses antes del parto aminoró la mortandad de neonatos (hasta 24 horas de nacidos) y aminoró la mortandad hasta los dos meses de edad de los mamantes, comparado con el grupo de vacas testigo que no recibieron inyección de vitaminas. Todas las vacas recibían concentrado fortificado con vitaminas A, D, y E. Sin embargo la suplementación adicional inyectada produjo beneficio adicional. La diferencia fué altamente significativa. (Edelman 1974). En Estados Unidos. en trabajo similar, no se encontró influencia alguna de la suplementación de vitamina A inyectada al final de la gestación. Es de señalar la diferencia en los alimentos ingredientes de la ración, usados en ambos países.

Ejemplo adicional es el de un micromineral como el Selenio.

A pesar de que el Selenio no es una vitamina sino un microelemento, éste está relacionado con la vitamina E en sus funciones en el organismo y en cierta medida se reemplazan uno al otro.

En lo que se refiere al problema de dosificación apropiada, existe escasez de trabajos suficientes a los niveles de producción actual.

En el estado de Ohio en Estados Unidos en estudios de contenido de minerales en alimentos de la zona, se determinó que la mayor parte de los alimentos eran deficientes en Selenio. Paralelamente se hicieron estudios de suplementación de Selenio a raciones típicas de la región y se encontró que la suplementación de Selenio (50 miligramos intramuscular inyectado 3 semanas antes del parto) redujo notablemente la incidencia de retención de placenta, que en la zona era muy alta. La práctica de inyectar Selenio (con vitamina E) a las vacas antes del parto está muy difundida hoy día.

### Recomendaciones de Dosificación

Las normas prácticas de alimentación ya han incorporado a las recomendaciones algunos resultados de trabajos. Así por ejemplo en las recomendaciones del NRC Americano del año 1989 se incluyen requerimientos específicos de vitamina E. En la edición anterior (1978) no se especificaban requerimientos de ésta vitamina, suponiéndose que las raciones comunes siempre contienen la cantidad necesaria de vitamina E. Se distingue hoy día dos conceptos en lo referente a dosificación de vitamina E.

- 1- La dosis básica. Esta es la dosis que evita la aparición de los síntomas característicos de la falta de la Vitamina tal como fué mencionado antes.
- 2- La dosis farmacológica. Esta es la dosis-más alta que la anterior -que asegura un funcionamiento mejor de sistemas varios en el cuerpo del animal.

En un primer término es necesario-en la alimentación práctica- asegurar el abastecimiento de las vitaminas en las cantidades estipuladas por las normas de alimentación. Para conseguir ésta meta es necesario tomar en cuenta varios factores:

- 1 - El contenido de vitaminas en los alimentos es variable, especialmente en los forrajes.
- 2 - No se analiza el contenido de vitaminas en los alimentos en forma rutinaria.
- 3 - La información en las tablas de Composición de Alimentos es a menudo insuficiente. Por lo señalado en 1 la estimación del contenido de vitaminas es problemática. Otro factor importante a tomar en cuenta cuando se trata de cuantificar las vitaminas disponibles para el ganado-a diferencia de las vitaminas ingeridas-es el hecho de que existe destrucción de vitaminas en el rumen por las condiciones anaeróbicas existentes allí, produciéndose procesos químicos de reducción que destruyen compuestos varios, entre ellos las vitaminas.

Cuando la alimentación está constituida en su mayor parte de forraje verde fresco -en pastoreo o en pasto de corte-el excedente de vitaminas disponibles es alto, aún

tomando en cuenta la destrucción de vitaminas que se lleva a cabo en el rumen, debido a que la ingestión de vitaminas es muy alta.

Resumen de Recomendaciones en abastecimiento de Vitaminas

Vitamina A y E.

- Cría- I) Administrar a los recién nacidos, preferible el primer día de nacidos, 500000 U.I. de vitamina A en compuesto A-D-E, parenteral.
- II) Si existen problemas respiratorios, inyectar compuesto de Vitamina E y Selenio (100 mg de vitamina E y 0.5 a 3 mg de Selenio) -generalmente ambos se encuentran en compuestos comerciales, el primer día de nacidos.
- III) Opcional-inyectar 500000 U.I. de vitamina A en compuesto A-D-E al desmamar o destetar.

Vacas

- Lecheras- I) Si no reciben pasto verde fresco, en lactancia incluir vitamina A en la ración en cantidad de 200000 U.I. por vaca por día. (en concentrado u otra forma) en compuesto A-D-E.
- II) Incluir 500 mg. de vitamina E por cabeza por día.

Vacas

secas

- gestantes 60 días antes del Parto I) Inyectar 1000000 (un millón) de U.I. de vitamina A en compuesto A-D-E.
- II) Incluir en la ración 1 gr. de Vitamina E vaca por día durante los últimos 60 días de gestación.

Vacas secas

- gestantes 20 días antes del parto I) En caso de problemas de Retención de Placenta, inyectar 50 mg. de Selenio (en compuesto con Vitamina E)

### FISIOLOGIA DEL RUMEN

La dieta de los rumiantes -en comparación con la de los monogástricos- es una dieta de bajo valor nutritivo. Los rumiantes transforman los alimentos de bajo valor nutritivo en productos de alto valor alimenticio como la carne y especialmente la leche.

Los forrajes son alimentos de baja calidad nutritiva debido a la cantidad de fibra que poseen. Los nutrientes de mayor valor nutritivo se encuentran dentro de la vacuola, encapsulados en la pared celular. En su evolución, el desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes les permitió aprovechar los alimentos fibrosos.

El aparato digestivo de los mamíferos no produce enzimas que sean capaces de digerir la celulosa. Las bacterias poseen la enzima celulasa que es la que degrada la celulosa.

En el proceso de digestión de la celulosa se libera la energía acumulada en ella. Parte es usada directamente por el rumiante y parte es usada por las bacterias para su proliferación las que a continuación pasan a las partes siguientes del aparato digestivo, y sus componentes son absorbidos como nutrientes de alto valor para el rumiante.

Es obvio pues que para que cierto tipo de animal pueda sobrevivir con una alimentación a base de forrajes debe tener en su tubo digestivo un órgano como el rumen que permita a los microorganismos celulolíticos proliferar, y que el alimento se encuentre allí suficiente tiempo porque el proceso de digestión de fibra es lento.

Para que los microorganismos tengan condiciones apropiadas necesitan: sustrato-que lo aporta el alimento que llega al rumen, temperatura óptima, pH apropiado por

intermedio de un sistema que asegure la neutralización de los ácidos que se producen en la fermentación. Esto lo hace el flujo constante de saliva que contiene los bicarbonatos que actúan como sustancias tampón (buffers). Otra condición necesaria es el flujo de los productos de la fermentación para evitar su acumulación ya que ésta deprime la actividad de los ellos.

Por el hecho de que el material vegetal es fibroso, para que el animal lo pueda aprovechar, debe el aparato digestivo destruir físicamente la pared vegetal triturándola a fin de ofrecer mayor superficie específica para el ataque de los microorganismos.

La función del masticado como acción preparatoria para la digestión química es más importante en los rumiantes que en los monogástricos por las características de los forrajes, que son fibrosos y requieren de una desmenuzación amplia para que las enzimas digestivas puedan actuar eficientemente.

La rumia asegura esa acción. Las diferencias en densidad entre los forrajes y los concentrados molidos asegura la rumia de los forrajes. Estos flotan en el contenido del rumen. Se encuentran en la parte superior de líquido ruminal, mientras no han sido rumiados, mientras que los concentrados sedimentan en el rumen y no son rumiados.

La absorción de los productos de la fermentación-los ácidos grasos volátiles- por la pared ruminal evita su acumulación en el rumen, y así se asegura la continuación de la proliferación de las bacterias. Otros productos de la fermentación son los gases como el Metano, Acido Sulfhídrico, Anhídrido Carbónico. Estos son eructados por el animal lo que evita su acumulación en el rumen. Sucede que el mecanismo de eructación es afectado, y entonces aparecen los síntomas de timpanismo, que puede ser fatal para el animal si no es tratado a tiempo.

Generalmente, cuanto más alimento consume el ganado mayor fermentación se produce en el rumen y más ácidos se liberan a él. Por lo tanto más alcalinidad se necesita en el rumen para evitar el descenso del pH que aminoraría la actividad bacteriana, es decir la digestión del forraje. Y en efecto, cuanto más forraje consume el ganado más rumia. La producción de saliva depende del tiempo de rumia del alimento, del tipo de alimento (heno es rumiado más que pasto verde o ensilaje, forraje molido es rumiado menos que forraje de fibra larga, etc.)

En la tabla 3.1 aparece la producción de saliva por unidad de alimento y la tasa de producción de saliva. Asimismo la velocidad de consumo de alimentos varios. La producción de saliva depende de su "grado de forraje". Los heno, especialmente los de gramíneas tienen mayor grado de forraje: su consumo produce más saliva por unidad de alimento que los otros. Son rumiados en mayor grado por ser más toscos.

tabla 3.1 Producción de Saliva en Rumiantes y velocidad de Consumo en alimentos varios

Alimento	Saliva gr./ gr.alimento	Saliva ml./ minuto	Velocidad de consumo gr.alim/minuto
Ración peletizada	0.68	243	357
Pasto fresco	0.94	266	283
Ensilaje	1.13	280	248
Pasto seco	3.25	270	83
Heno	3.63	254	70

El tiempo de rumia es el parámetro más confiable para definir el "Valor de Forraje" de un alimento. Este es un problema que cada vez se hace más importante por el hecho de que con el aumento de producción la cantidad de forraje en las raciones de vacas altas productoras decrece y es necesario asegurar una mínima cantidad de forraje en la ración. Los ensilajes se pican en trozos cortos y en el proceso de picado pierden la calidad de forraje de fibra larga que es la que cumple la función

específica.

Ciertos alimentos de alta concentración de energía llamados no convencionales, como pulpa de remolacha, semilla de algodón y otros, que por su textura y en parte por su composición tienen propiedades de forraje y en raciones con poco forraje tienen alto valor específico por permitir el funcionamiento normal del rumen en esas condiciones. Es importante saber cuál es el aporte de éstos

como forraje a la ración. Cuanto forraje nos permiten ahorrar, cuando -por razones varias- estamos interesados en ello.

La inclusión del forraje en la cantidad adecuada asegura el funcionamiento normal del aparato digestivo. La rumia es la manifestación exterior del funcionamiento normal de este.

El proceso de destrucción mecánica de los alimentos se produce por intermedio del masticado que desmenuza los alimentos y los embebe en saliva. La regurgitación del bolo alimenticio es un mecanismo reflejo impuesto sobre las contracciones cíclicas del rumen. Generalmente los alimentos se consumen sin mayor grado de masticación y posteriormente son regurgitados y masticados. Se ha comprobado que en dietas basadas en pastos la materia seca es reciclada a través de la rumia casi dos veces más de lo que se consumió inicialmente.

#### El Ecosistema Microbial del Rumen

El ecosistema microbial del rumen es complejo y depende mucho de la dieta. Esta influye en la composición y relación de los diferentes clases de microorganismos ruminales, la cantidad de ellos, el grado de fermentación, la relación de los productos producidos por los microorganismos. La dieta de los rumiantes incluye en su mayoría carbohidratos de los cuales la celulosa y la hemicelulosa son los principales. En ocasiones por razones económicas la dieta puede contener cantidades apreciables de carbohidratos solubles: azúcares, y almidones. (Melaza, Caña de Azúcar, Granos). Los principales agentes que degradan los carbohidratos en el rumen son las bacterias anaeróbicas, los protozoarios y hongos.

Las bacterias anaeróbicas son los principales agentes que actúan en la fermentación de los

carbohidratos de la pared celular de las plantas, pero los hongos ficomicetos anaeróbicos pueden en ocasiones ser sumamente importantes.

Parece ser que existe una relación estrecha entre hongos y otros microorganismos, los hongos son los primeros organismos en atacar la pared celular. Esto permite que la fermentación bacteriana se inicie y continúe.

Segun T.R.Preston y R.A.Leng parece lógico asumir que los hongos degradan los complejos de lignocelulosa y así solubilizan la lignina sin degradarla. Esto puede permitir que la fibra que está "protegida" físicamente por la lignina, se fermente por la acción de las bacterias ruminales .

#### El pH en el Rumen y Actividad de las Bacterias

El pH en el rumen puede variar en un rango de 5.0 a cerca de 7.0 .El pH es siempre ácido por la fermentación que existe allí, en la cual se producen ácidos, pero en diferente grado según la alimentación. En alimentación exclusivamente a base de forrajes el pH es de 6.5-6.8. En raciones con alta cantidad de concentrados el pH puede bajar a 5.5 .

El pH en el rumen es la consecuencia del balance entre la producción de ácidos a consecuencia de la fermentación, la entrada de los buffers -especialmente el bicarbonato de sodio - que llega al rumen en la saliva y la absorción de los AGV que elimina ácidos del sistema.

Cuando la alimentación es de forrajes únicamente los buffers de la saliva que llega al rumen contrarrestan los ácidos que se producen allí y el pH es casi neutro.

En ración mixta -con forrajes y concentrado- la producción de saliva es menor, mientras que la producción de ácidos es alta relativamente. En esas condiciones el pH del rumen es más bajo, En los casos en que la fermentación es láctica -con producción de ácido láctico- el pH es más ácido aún. (El grado de disociación de este ácido es muy alto) y se produce acidosis láctica. Esto puede suceder cuando la ración contiene cantidades muy altas de granos.

Cada especie de bacterias tiene un rango de pH óptimo para su actividad.

Las bacterias celulolíticas (BCE) -tienen un rango óptimo de pH que está alrededor de 6.5 a 7 .Por

debajo de pH 5.5 estas bacterias no pueden desarrollarse y cesan toda actividad. El pH del rumen nos indica cuales son las bacterias que predominan en él.

En la tabla 3.2 se indican los diferentes tipos de microorganismos en el rumen, sus sustratos y sus requerimientos

Tabla 3.2 Principales tipos de bacterias en el rumen

Clase de Organismos	requerimientos				
	sustrato principal	nutrientes principales	productos principales	optimo pH	reproduccion tiempo hrs.
Celulolíticas	celulosa	amoníaco	acético	6.2-6.8	18
	hemicelulosa	isoácidos	propiónico		
Secundarias	ácidos	aminoácidos	metano	6.2-6.8	18
	grasos		propiónico		
	volátiles		isoácidos amoníaco		
Amilolíticas	almidón	aminoácidos	lactico	6.5-6.6	0.25-4
	pectinas	amoníaco	propiónico		
	azúcares				
Protozoa	azúcares		acético	6.2-6.8	24
	almidón	aminoácidos	propiónico		
	bacterias		hidrogeno amoníaco		

C.J. Sniffen 1987 en Biotechnology in the Feed Industry. Ed. Alltech.-Kentucky. U.S.A.

Las raciones en la ganadería intensiva contienen cantidades relativamente altas de concentrado, por lo tanto en estas condiciones el ganado corre riesgo de acidosis ruminal en la mayor parte de la lactancia. Para evitar o aminorar este problema es conveniente crear en el rumen un estado uniforme de fermentación (steady state). Ello se consigue aumentando el número de veces en que se reparte la ración. Mejor aún es preparar y dar raciones integrales en las cuales todos los ingredientes de la ración se mezclan y la ración se da ad libitum al grupo de vacas que en esa forma come muchas veces durante el día. Esto evita condiciones extremas de pH y otras en el rumen.

#### Protozoarios

Los protozoarios constituyen más de la mitad de la masa microbiana en el rumen, a pesar de que son mucho menos numerosos que las bacterias.

Se encuentran en cantidades alrededor de  $10^6$  por ml.

de líquido ruminal. Son muy sensibles al pH del rumen y su número decrece rápidamente si baja el pH.

Se ha reportado en base a ciertos trabajos que los protozoa no pueden sobrevivir fuera del rango de pH 5.5 a 8.0. El rango de pH óptimo para ellos es de 6.3 a 6.7.

La tasa de pasaje de los protozoarios es mucho más baja que la de las bacterias, por lo tanto su eficiencia es más baja. Menos biomasa pasa al duodeno, de una determinada cantidad en el rumen. Solo el 20-30% de la masa de protozoos pasa al duodeno. Esto se debe al parecer a su baja densidad y su asociación con partículas de alimento o a la parte que se encuentra en la pared retículo-ruminal.

El tiempo necesario para reproducirse es el doble del tiempo de retención ruminal del alimento. Lo que significa que su reproducción es mucho más lenta que la de las bacterias.

Los protozoarios ruminales son anaeróbicos, pueden fermentar material vegetal para obtener energía, ingieren bacterias y crecen en presencia de billones de bacterias que siempre se encuentran en su vecindad en el rumen. Los protozoa que se encuentran en el rumen son activos, mientras que los que se encontraron en el omaso y el abomaso estaban inmóviles y en estado de desintegración.

Una de las especies de protozoa más especializadas son los ciliados que han evolucionado en un grupo capaz de vivir sólo en el rumen.

Algunas especies de protozoa ingieren activamente el almidón. Esta función se describe como "secuestro" del almidón y es benéfica para el animal cuando la ración contiene cantidades apreciables de grano o concentrado. Mientras el almidón se encuentra en los protozoarios las bacterias no lo pueden atacar y así se evitan tasas de fermentación muy altas que en raciones con energía de alta degradación puede ser detrimento. Como consecuencia de esto amortiguan el pH ruminal.

La liberación de los nutrientes ingeridos por los protozoarios es lenta y favorece las condiciones requeridas por las bacterias para maximizar su proliferación, por lo tanto los protozoos aportan al establecimiento de un estado uniforme (steady state) en el rumen.

Se ha demostrado que ciertas especies de

protozoarios digieren celulosa.

Los protozoarios son activamente proteolíticos. Ya hace mucho tiempo que se supuso que utilizan las bacterias como fuente de nitrógeno. Posteriormente se obtuvieron evidencias conclusivas de esto. Pueden obtener energía fermentando la proteína puesto que liberan amoníaco cuando se les suministra alimento concentrado en vitro.

### Defaunación

Es el proceso de investigación por el cual se eliminan los protozoarios en el reticulo-rumen. Es un método usado para estudiar la función de la flora ruminal.

La defaunación aumenta considerablemente la eficiencia de las bacterias. En corderos defaunados y alimentados con ración de bajo contenido de proteína cruda, la tasa de crecimiento de los mismos aumento considerablemente. Esto se debe aparte del crecimiento ineficiente de los protozoa-aparentemente al hecho de que los protozoas están asociados con bacterias metanógenicas y proteolíticas, por lo que en los animales defaunados se desperdicia menos proteína y menos energía en gases de metano.

Estos dos procesos alteran el crecimiento de las bacterias y de los animales tratados.

En resumen, la presencia de los protozoarios y su actividad en el rumen es ambivalente: negativa para animales que consumen forraje como único alimento, es decir en ganadería extensiva, pero positiva por las razones mencionadas anteriormente, para los animales que reciben raciones mixtas y especialmente para las vacas altas productoras.

### Bacterias

Las bacterias conforman la mayor parte de los microorganismos ruminales. Parte de ellas se encuentran libres en el medio líquido (30 % del total) y parte de ellas adheridas a las partículas alimenticias (70% del total).

Hay bacterias adheridas al tejido epitelial de la pared ruminal y bacterias adheridas a los protozoarios (principalmente Metanógenas).

La composición de aminoácidos en la proteína de las bacterias (y también de los protozoarios) es bastante constante, independientemente de la composición de la ración.

#### Numero de bacterias y proliferación

El numero de bacterias por ml. de contenido ruminal es de  $10^9$  a  $10^{10}$ .

El número de especies de bacterias es alto. El número total de bacterias y la distribución de las distintas especies depende del tipo y la cantidad de ración que recibe el animal. El número de bacterias disminuye cuando se produce un cambio brusco de la ración.

La proliferación promedio de las diferentes cepas de bacterias ruminales es de 6-7 % por hora.

La proliferación de las bacterias es lenta al principio y después tiene una fase acelerada. Por éste motivo y por el hecho de que sobre cada alimento proliferan bacterias específicas que fermentan los nutrientes que contiene, cambios bruscos en la ración producen lisis de las bacterias que eran las preponderantes en la dieta anterior y comienza una proliferación de las bacterias específicas para la nueva dieta. En el lapso de tiempo que transcurre hasta que las "nuevas" cepas de bacterias alcanzan su climax, la digestibilidad de la dieta merma considerablemente con la consiguiente depresión de la producción.

La conclusión práctica de lo mencionado es de que nunca deben hacerse cambios bruscos y radicales en la ración, ya que la proliferación continua de las bacterias ruminales es uno de los dos medios que aseguran la alta eficiencia de la ración.

El número de bacterias aumenta con el aumento de la cantidad de ración consumida y con aumento de la cantidad de concentrado en la ración. Raciones con muy alta cantidad de concentrados producen la proliferación de las bacterias productoras de ácido láctico. Estas son especies de Streptococcus de las cuales la más difundida es la de Streptococcus Bovis. En casos extremos se puede producir acidosis láctica. Esto puede conducir a la infección del epitelio ruminal (Rumenitis).

Cuando la ración contiene mucha fibra las especies de bacterias más abundantes son la Ruminicola, Bacteroides Succinogenes, Butirivibrio Fibrisolvens, Clostridium y Selenomonas.

La actividad de los microorganismos ruminales trae como consecuencia que 65 % a 75% de los alimentos sean fermentados allí. Por intermedio de la fermentación las bacterias liberan la energía y la proteína de los alimentos.

Cada especie de microorganismo tiene un sustrato específico. Algunos microorganismos secretan enzimas que descomponen las estructuras vegetales más complejas. Otros actúan sobre almidones, etc.

Algunas bacterias en el rumen asumen una asociación simbiótica con otras: un organismo utiliza los productos de fermentación del otro.

#### Clasificación de los Compuestos de Acuerdo a su Fermentación en el Rumen

Las características químicas de los nutrientes determinan los tipos de bacterias que proliferan. Los tipos de bacterias determinan las características de la fermentación de los nutrientes en el rumen.

Es posible usar diferentes clasificaciones en base a los sustratos que usan las bacterias. Existen diferencias considerables en las características de fermentación de los diferentes nutrientes. La diferencia notable en las características de requerimientos hace que se clasifique los carbohidratos en:

1- Carbohidratos Estructurales (CE) este grupo incluye la lignina, celulosa, hemicelulosa. Son compuestos complejos en su estructura pero su nombre proviene de su función en la planta, donde forman el "esqueleto" de estas dándole rigidez al tallo, y también en menor grado en las hojas.

Como fué mencionado anteriormente, sirven de sustrato a bacterias específicas que los fermentan y estas se denominan:

Bacterias de Carbohidratos Estructurales- (BCE)

#### Características de las Bacterias que Fermentan CE

a- Fermentan sólo carbohidratos de la pared celular de la planta. Los CE se encuentran exclusivamente en la pared celular.

- b- Usan sólo amoníaco como fuente de Nitrógeno para sintetizar las proteínas. Este proviene de la descomposición de proteínas en el rumen, y de nitrógeno no protéico como amoníaco que contienen alimentos.  
No fermentan péptidos o aminoácidos.
- c- La eficiencia de la actividad de los BCE aumenta en presencia de péptidos(o proteína verdadera que libera péptidos en el proceso de fermentación.
- d- Requieren de la presencia de ácidos grasos de cadena ramificada (isovalerato, isobutirato, etc). Estos se forman como consecuencia de la fermentación de aminoácidos de cadena ramificada. En raciones con mucho forraje de bajo contenido de Proteína Cruda real puede haber deficiencia de estos ácidos por deficiencia de los aminoácidos precursores.
- f- Tienen una tasa de fermentación más baja que la de las que fermentan nutrientes concentrados. La complejidad de la estructura de los CE hace que la descomposición sea lenta.
- g- La fermentación de los Carbohidratos Estructurales produce una relación alta de acetato a propionato en la mezcla de AGV que se produce.
- h- Requieren de pH relativamente alto. Por debajo de pH 6.0 su actividad decrece considerablemente.
- i - Se puede mejorar la digestibilidad (la tasa de fermentación) de las dietas de forraje de baja calidad agregando pequeñas cantidades de forraje de alta calidad. Sobre éste aumenta la proliferación de las BCE que a continuación descomponen mayor cantidad de CE.

## 2- Carbohidratos No Estructurales

El resto de los carbohidratos en los alimentos se denominan: Carbohidratos No Estructurales (CNE) y comprenden compuestos más simples que los carbohidratos estructurales: comprenden almidón, sacarosa, lactosa, maltosa, glucosa.

Estos compuestos sirven de sustrato a bacterias que se denominan: Bacterias de Carbohidratos no Estructurales (BCNE)

### Características de las BCNE

- a- Tienen tasa alta de fermentación (proliferación rápida de las bacterias).
- b- Pueden usar como fuente de Nitrógeno tanto amoníaco como péptidos (que provienen de la descomposición de la proteína cruda ingerida. La presencia de péptidos-hasta cierto porcentaje-aumenta la eficiencia de las bacterias y el rendimiento de masa bacterial es mayor por unidad de tiempo.
- c- Tienen mayor tolerancia a pH bajo (ácido) que las BCE.

### ACIDOS GRASOS VOLATILES

Como consecuencia de la fermentación ruminal se produce:

- I) Proliferación de los microorganismos-a los que denominaremos en su totalidad -masa microbial, que posteriormente pasarán a los otros estómagos y luego al duodeno donde los nutrientes que los componen serán absorbidos a la sangre para ser metabolizados por el organismo.
- II) Acidos Grasos Volátiles (AGV) que son el producto de la fermentación y la mayoría son absorbidos en el epitelio ruminal y pasan a la corriente sanguínea para ser utilizados en los diferentes órganos del cuerpo.

Los AGV principales producidos son :

- 1-Acido acético. se lo simboliza como C2.
- 2-Acido propiónico " " C3.
- 3-Acido butírico. " " C4.

La energía absorbida por el organismo en forma de AGV representa el 55 a 65 % de la energía total absorbida por el rumiante. Para raciones mixtas puede representar el 55 a 60 % . Para raciones de forrajes sin concentrados - 65%.

En la tabla 3.3 figuran las proporciones de los diversos AGV en raciones varias.

Tabla 3.3 Producción de Acidos Grasos Volátiles en Forrajes Varios y Ración

Ración	Acido Acético	Acido Propiónico	Acido Butírico	Otros Acidos
Pradera natural	62.5	21.5	13.4	2.6
Rye grass Ital.	66.2	20.4	10.9	2.5
Paja de cebada	74.8	16.3	7.5	1.4
Ensil.Maiz rico en grano	61.8	20.6	12.9	4.7
Heno+concentrado ad lib	57.6	19.7	15.0	7.2

Como se ve de la tabla la variación en proporciones del ácido acético es más alta que la del propiónico. Este varía entre 57.6 % del total de los AGV a 74.8 % ,mientras que el ácido propiónico varía entre 19.7 y 21.5 %.

Es importante la relación entre las proporciones de ácido acético y ácido propiónico. La relación se expresa en forma:  $C^2/C^3$ . Esta relación influye en la partición de la energía en el cuerpo.

El metabolismo de estos ácidos es distinto: el ácido acético aporta a la producción de la grasa en la leche. Mas energía es dirigida a la producción de leche y menos al incremento de peso del animal. El ácido propiónico aporta más al incremento de grasa en el cuerpo y menos energía es dirigida a la producción de leche.

En raciones con concentrado hay relativamente más ácido propiónico que en raciones a base de forraje.

La fermentación de la fibra produce más ácido acético. La fermentación de forraje de buena calidad produce relativamente más ácido propiónico que la de forraje de baja calidad. La razón de esto es que cuanto mejor es la calidad de los forrajes, más carbohidratos solubles contienen.

Como consecuencia de la fermentación ruminal se produce gas metano y anhídrido carbónico. Este último no tiene ningún valor energético ya que está en estado de oxidación total, pero el metano contiene energía que proviene de la descomposición parcial que ocurre en la fermentación y que no es aprovechada por el organismo del rumiante. El metano es eructado.

La pérdida de energía por la producción de Metano oscila entre 8 y 20 % de la energía bruta del alimento. En promedio se considera una pérdida de 10% .

En la fermentación acética (en la que se produce relativamente más ácido acético) se produce más Metano que en la fermentación propiónica. Por lo tanto la fermentación propiónica es más eficiente, en ella se pierde menos energía.

La producción de Acido Butírico es más eficiente todavía (menos producción de metano) pero la cantidad total de este ácido es reducida.

#### Produccion de ATP

En el proceso de fermentación la energía liberada por las bacterias se almacena en el compuesto de alta energía-La Adenosina Trifosfato(ATP). En etapa posterior la energía almacenada en el ATP es usada por las bacterias para su proliferación. (Convirtiendo el ATP en ADP).

La proliferación de las bacterias es proporcional a la cantidad de ATP a su disposición, (suponiendo que el resto de los factores son iguales) y a la eficiencia en su uso, de modo que la cantidad de ATP liberada por los alimentos es otro parámetro de eficiencia.

En la tabla 3.4 figura la producción de ATP de nutrientes varios.

Tabla 3.4 Producción de ATP de nutrientes varios

Compuesto	Valor energético Kcal/gr.Mol	Mol ATP/Mol de Compuesto
Acido Acetico	209.4	10
Acido Propión.	367.2	18
Acido Butírico	524.3	27
Glucosa	673.0	38
Caseína	512.4	22.6

Abreviado de A.Bondi-Nutricion Animal Ed.Acribia

De la tabla vemos la diferencia en el valor energético de los diferentes AGV .La cantidad de ATP liberada refleja el valor energético. Los datos de la tabla indican que el patrón de fermentación es uno de los factores que influyen en la cantidad de energía disponible para el organismo y para las bacterias.La influencia del patrón de fermentación en la proliferación de las bacterias es menor que la de otros factores.

El ATP y la energía acumulada en los AGV son el comun denominador de la fermentación de la materia orgánica ingerida.

El ATP liberado es usado por las bacterias para su proliferación con eficiencia variada.

La eficiencia del uso de ATP para proliferación de la masa microbial se expresa como "y ATP" y se define como la cantidad de Materia seca microbial (grs.)producida por mol de ATP proveniente de la fermentación del alimento. Segun Russell el " y ATP" en promedio es de 22 a 26.

Se producen 22 a 26 grs. de M.Seca de masa microbial por cada mol de ATP.

El rango es bastante amplio por depender el y ATP de factores varios que se detallarán a continuación. Cuando el y ATP es alto, hay proliferación mayor de bacterias y menor producción de AGV y calor. El y ATP indica la relación entre la producción de AGV y la de masa microbial producida de una cantidad determinada de ATP liberado por la fermentación de materia orgánica en el rumen.

Producción de masa bacterial y eficiencia  
Cálculos de producción de masa microbial

La producción de AGV y la producción de masa bacterial son los dos factores importantes que componen el "rendimiento" del rumen. A igual cantidad de alimento ingerido o materia orgánica ingerida o materia orgánica fermentable ingerida, cuanto mayor es la producción de masa microbial, mayor es la eficiencia ruminal. Los tres parámetros mencionados :

- \* Materia Seca Ingerida
- \* Materia Orgánica Ingerida
- \* Materia Orgánica Fermentable Ingerida

son términos que describen el alimento ingerido.

Se acostumbra usar el término de materia orgánica fermentable. Este término es más exacto porque define la parte del alimento (fermentable) que es específicamente usada por las bacterias, es decir que participa activamente en la proliferación de bacterias. La diferencia entre materia seca y materia orgánica lo constituye la materia inorgánica o cenizas que no aportan a la fermentación.

Eficiencia del rumen

Como consecuencia de la fermentación ruminal se sucede en el rumen:

1-Producción de Acidos Grasos Volátiles .

2-Proliferación de los microorganismos- que en otros términos se denomina producción de masa microbial. Esta pasa luego a los siguientes estómagos y después al duodeno, y forma-junto con los AGV y los nutrientes de sobrepaso (que no fermentan en el rumen), las tres

fuentes de nutrientes disponibles.

3-Producción de calor. El calor de fermentación es parte de la energía que se desperdicia en el proceso. A igual fermentabilidad, si se desperdicia menos calor, más energía estará a disposición de las bacterias para su proliferación. La cantidad de calor de fermentación producida depende de la calidad del alimento o en otros términos de su fermentabilidad y del balanceo de los nutrientes en la ración. La producción de calor es un parámetro que está en relación inversa a la eficiencia de la fermentación.

El calor de fermentación constituye el 8.3 % del calor total que produce una vaca de 600 kgs. con producción de 40 kgs. de leche por día, según Coppock. (J.D.S.1985) En la tabla 3.5 aparecen las relaciones entre los AGV, proteína microbial, calor producido y relación proteína:energía en la producción final del rumen (AGV y masa microbial). A mayor eficiencia bacterial, más producción de masa microbial, menos AGV, menos metano, y más proteína a disposición del rumiante como se vé de la relación proteína/energía.

Tabla 3.5 Efecto de distintas eficiencias de crecimiento microbial (Y atp) sobre parámetros ruminales varios, en un novillo alimentado con 4 kgs de material orgánico totalmente fermentable.

	Y atp			
	8	14	19	25
Síntesis de proteína microbial (g/d)	500	800	1010	1212
AGV Producidos MJ/día	41	34	30	26
Metano Producido MJ/día	9.4	8.5	8.0	7.6
Calor (MJ/Día)	6.4	5.1	4.3	3.1
Relacion Prot/energía Grs. prot/MJ	12	25	34	47

T.R. Preston y R.A. Leng .Cali 1990

#### Fermentabilidad o degradabilidad de la Materia Orgánica

El término degradabilidad se refiere a la capacidad o grado de fermentabilidad ruminal que tienen los compuestos que componen el alimento.

La fermentabilidad de la materia orgánica influye en la eficiencia microbial. A mayor fermentabilidad, mayor proliferación microbial. Se expresa en materia orgánica y no materia seca porque los minerales que contiene el alimento (por encima de las cantidades requeridas de los minerales esenciales) no contribuyen en nada a la fermentación. Se usa el término materia orgánica fermentable o materia orgánica degradable. El término "degradable" indica que existe también materia orgánica en los alimentos que es indegradable o no degradable en el rumen. Esta fracción contiene nutrientes que podrían ser fermentados en el rumen pero por

distintas razones pasan sin ser alterados allí. Estos son los nutrientes de sobrepaso.

Contiene también una parte totalmente indigestible y que por ello no es aprovechado en ninguna parte del aparato digestivo y es eliminado en las heces tal como entró.

#### Materia Orgánica Degradable y Producción de Masa Microbial

Se calcula la producción de masa microbial en base a la materia orgánica fermentable o digestible en el rumen. Como fué mencionado antes aproximadamente el 65% de la materia orgánica es digerido en el rumen (digestibilidad aparente).

En base a trabajos varios se calcula que la producción de masa microbial -calculada según rendimiento de nitrógeno microbial- es de 30 grs. de N microbial por Kg. de materia organica aparentemente digestible o sea 188 grs. de proteína microbial Otro factor que influye en el rendimiento de masa microbial, aparte de la fermentabilidad de la materia organica es:

- la composición del substrato de las bacterias

Relación de proteínas y carbohidratos. (CHO ) A falta de CHO las bacterias fermentan proteína como fuente de energía. La fermentación de proteína cruda (PC) sólo genera la mitad de ATP comparado con los CHO por lo cual ésta fermentación produce desperdicio de energía. Por otro lado la fermentación de parte de la proteína cruda es proceso obligatorio porque así se libera el amoníaco que es imprescindible para las bacterias que fermentan CE. La cantidad de amoníaco en el contenido ruminal es un indicio del grado de fermentación de PC en el rumen. Falta de amoníaco reduce la proliferación de las bacterias, por ser el nitrógeno esencial para la síntesis de proteínas microbiales.

Se ha tratado de estimar la concentración óptima de amoníaco del punto de vista de la eficiencia de masa microbial.

Segun ciertos investigadores cuando la concentración de amoníaco es de aproximadamente 5 mg/dl en el contenido ruminal la producción de proteína microbial es máxima.

Segun otros el óptimo es mucho más alto.

Esta discrepancia en los resultados indica que los

trabajos hechos no estandarizaron suficientemente los otros factores que están involucrados en la producción de proteína microbial.

### La degradabilidad de los Nutrientes Sincronización de Nutrientes y Eficiencia Bacterial

El balanceo de nutrientes necesario para la proliferación de las bacterias asegura que se encuentren en el rumen las proporciones apropiadas de los diferentes nutrientes requeridos.

El proceso de absorción de los nutrientes exige que estos se encuentren en estado de solución.

Los diferentes nutrientes que componen los alimentos, al trabar contacto con el líquido ruminal reaccionan en diferente forma.

Parte de ellos se disuelven inmediatamente en el líquido (amoníaco que se encuentra en los ensilajes o otras formas simples de nitrógeno en diversos alimentos). Esta fracción de los alimentos es metabolizada muy rápidamente por las bacterias. Una parte de los ingredientes es totalmente indegradable, y pasa el tracto digestivo sin ser digerido ni absorbido por el animal. Por ejemplo la fracción de proteína en ensilajes recalentados en el proceso de fermentación (reacción de Maillard).

El resto de los nutrientes tienen diferentes velocidades de degradación.

La existencia de diferente tasa de degradabilidad de los diferentes ingredientes de los alimentos indica que no necesariamente los nutrientes contenidos en las raciones están disponibles para las bacterias al mismo tiempo.

La ración puede estar balanceada en los diferentes nutrientes pero puede a su vez estar desbalanceada en la degradabilidad de esos nutrientes.

El balanceo de nutrientes es un concepto bidimensional: Tiene dimensión cuantitativa: Cantidades totales de nutrientes apropiadas a los requerimientos. Tiene también dimensión en tiempo. Es deseable que la degradabilidad esté sincronizada en tal forma que en cada unidad de tiempo del lapso de degradación exista balanceo de nutrientes a disposición de las bacterias.

Un ejemplo de la falta de sincronización de la degradabilidad de los nutrientes sucede a veces en el

uso de urea ,en raciones con forrajes de baja calidad que se suplementan con urea en condiciones extensivas.En este caso no existe el balanceo en el tiempo dado que la urea libera cantidades de nitrógeno-por unidad de tiempo- en el rumen,que son mucho más altas que las cantidades de energía que se liberan-en la misma unidad de tiempo-del forraje mencionado.Es obvio que el forraje de baja calidad tiene una tasa de fermentación baja que libera energía lentamente.

### Fracciones degradables

Se han definido diferentes fracciones en los alimentos de acuerdo con su tasa de degradación.

Cada fracción se la caracteriza por una letra y algunas además con un sufijo numérico:

<u>Fracción</u>	<u>Característica</u>
A -	Solubilidad inmediata
B <sup>1</sup>	B1-B2-B3 Degradabilidad decreciente
B <sup>2</sup>	
B <sup>3</sup>	
C -	Totalmente No Degradable

Se han medido las velocidades de degradación de los diversos componentes en diversos alimentos.

Los datos provienen de trabajos hechos en vivo y otros que se deteminaron en laboratorio midiendo propiedades varias de los nutrientes como su solubilidad en diferentes solventes.

En base a los datos existentes y a la información que se agregará en el futuro es de esperar una mejora en la formulación de raciones .

### Tasa de Dilución

La tasa de dilución (TD) es un índice de la velocidad de pasaje del contenido ruminal.

Se define como la proporción total del volúmen del contenido ruminal que abandona el rumen - por hora. Esta varía de acuerdo a diferentes factores e influye en la eficiencia de producción de ATP segun se puede ver en la tabla 3.6.

tabla 3.6. Influencia de la Tasa de Dilución sobre la eficiencia (y ATP) de producción de masa microbial y sobre gastos de mantenimiento de las bacterias.

Tasa Dilución h <sup>-1</sup>	y ATP gr.MS.de bact. por mol de ATP	Porc.de energía usada para mantenimiento de las bacterias
0.02	7.5	65
0.06	11.6	32
0.12	16.7	?

Isaacson

Cuanto más alta la tasa de dilución ruminal mayor es el flujo de bacterias que abandonan el rumen. Esto permite una proliferación mayor de bacterias, ya que baja la densidad de bacterias. Las bacterias que abandonan el rumen son más "jóvenes". En este proceso se canaliza mayor proporción de la energía disponible a proceso de producción de masa microbial y menor cantidad al mantenimiento de las bacterias. Esta es la razón de que haya una relación directa entre TD y "y ATP". La tercera columna en la tabla lo muestra: La triplicación de la TD de 0.02 a 0.06 baja la proporción de energía necesaria para el mantenimiento de las bacterias a la mitad.

En estudios en vitro se obtuvieron los rendimientos más altos de células (bacterias) cuando las bacterias fluyen del medio apenas completan su desarrollo.

#### Tasa de Dilución en fase Sólida Y Líquida

La TD fué tratada hasta ahora como TD del contenido ruminal. Es necesario distinguir entre TD de la fase sólida y TD de la fase líquida del rumen.

La TD de cada una de estas fases es diferente.

La TD de la fase sólida es más baja. La fase sólida está compuesta de restos de alimentos no digeridos, hay partículas de tamaño demasiado grande que no pueden pasar adelante. La fase líquida tiene una TD de tres o cuatro veces más alta que la fase sólida, y con ella pasan muchos microorganismos y nutrientes sólidos

desmenuzados a tamaño de partículas que permite su paso.

### Tasa de Pasaje

Esta se refiere a la velocidad de pasaje del contenido ruminal. Este parámetro es importante puesto que el aporte de los alimentos se mide por la cantidad de nutrientes que llegan al duodeno por unidad de tiempo y son absorbidos allí.

En vacas altas productoras, que consumen altas cantidades de alimento y cuya capacidad de consumo es limitada relativamente a los requerimientos de nutrientes para su producción diaria, la tasa de pasaje influye mucho en la cantidad de nutrientes que el animal puede aprovechar por unidad de tiempo.

La tasa de pasaje se calcula en porcentaje por hora (%/hr.) Se usa la expresión Kp para referirse a la tasa de pasaje de los alimentos.

La tasa de pasaje ruminal de los nutrientes depende de varios factores:

#### 1-Nivel de consumo del alimento.

A mayor consumo, más alto es el Kp. El mayor consumo está relacionado con la tasa más alta de digestibilidad del alimento y por ello la fermentación es más rápida y la evacuación del rumen más rápida hace que el animal pueda consumir más. Consumo, digestibilidad y tasa de pasaje están relacionados.

#### 2-Tamaño de partículas.

Cuanto menor es el tamaño de las partículas del alimento más alto es el Kp. En alimentación con paja molida (y peletizada, para evitar ciertos problemas) el Kp de la paja aumentó considerablemente. Cuanto más pequeños son los trozos del alimento más superficie específica presenta a la actividad de las enzimas.

La desmenuzación del alimento permite una colonización más rápida de los microorganismos sobre el alimento y esto hace que las enzimas actúen sobre mayor superficie, acelerando el proceso de digestión. Además partículas de largo mayor de 1.18 mm son retenidas en el rumen (en ovinos) y no pueden pasar al tramo siguiente del tubo digestivo. La molienda asegura que no haya partículas que por razones

físicas de tamaño no puedan pasar.

Para su buen funcionamiento el rumen debe contener forraje de fibra larga en cierta cantidad. Esta distiende el rumen y así asegura -entre otros- la peristáltica que es uno de los factores imprescindibles para evitar disturbios digestivos.

### 3-Densidad.

La densidad del contenido ruminal depende de la cantidad de sólidos en éste. Debido a que la fase líquida del contenido pasa más rápido, cuanto menor densidad del contenido ruminal, más alto es el Kp.

### 4-Hidratación.

Esta es una propiedad de los alimentos que se traduce en el grado en que se imbeben de líquido en el rumen. Por ser el medio líquido imprescindible para la actividad enzimática, a mayor grado de hidratación más alto el Kp.

## Tasa de Pasaje y Aporte Nutritivo

Tasa de pasaje (Kp) alta permite la proliferación máxima bacteriana. El número de bacterias en el rumen no es máximo, pero pasan más nutrientes por unidad de tiempo al duodeno.

Ya se mencionó que pasaje máximo de masa microbiana por unidad de tiempo reduce los gastos de energía para mantenimiento de las bacterias como porcentaje de la energía total disponible y así la eficiencia es mayor.

## Funcionamiento ideal del rumen

Russell resume las condiciones para un funcionamiento ideal del rumen.

- 1-Alta tasa de digestibilidad de fibra.
- 2-Ausencia de lactato (ácido láctico).
- 3-Relación óptima de acetato a propionato.
- 4-Alto rendimiento de proteína microbiana.
- 5-Poca producción de metano y amoníaco.

1- La alta tasa de digestibilidad de la fibra es imprescindible por el hecho de que la ración de los rumiantes contiene siempre bastante fibra. Baja digestibilidad de la fibra significa que parte de los nutrientes no se aprovechan.

Cuando la tasa de digestibilidad de la fibra es alta significa que las condiciones en el rumen son apropiadas (pH).

2- Ausencia de lactato significa que la fermentación no está produciendo productos nocivos para el animal como lo es el ácido láctico, y que contiene suficiente forraje efectivo.

3- Relación óptima de acetato a propionato. Cuando el acetato es alto con respecto al propionato la fermentación rinde menos energía, es menos eficiente e indica que falta energía para las altas producciones. Esta relación existe cuando los forrajes son de baja calidad y la cantidad de concentrado es baja.

Cuando el propionato es alto con respecto al acetato las condiciones del rumen no son óptimas por pH bajo y existe cierto grado de acidosis ruminal.

4- Alto rendimiento de proteína microbiana. Este es la consecuencia de los factores antes mencionados.

5- Poca producción de metano y amoníaco.

#### Metano

La producción de metano significa una pérdida de energía, por lo que conviene reducir al máximo su producción. Cuando la proporción de propionato en el rumen es apropiada (punto 3) la producción de metano es baja porque en la fermentación propiónica se produce menos metano que en la fermentación acética y por lo tanto es mayor la eficiencia en el proceso de asimilación de la energía del alimento.

#### Amoníaco

La producción de amoníaco por encima de las necesidades de los microorganismos es perjudicial para el animal. El amoníaco es un producto tóxico y cuando se encuentra en cantidad alta en el rumen pasa a la sangre y produce intoxicación del animal.

La concentración alta de amoníaco en el rumen en raciones convencionales es generalmente por contener la ración alta cantidad de proteína de alta degradabilidad. La fermentación rápida de los compuestos nitrogenados libera amoníaco a una tasa más alta de la que las bacterias son capaces de absorberlo para asimilar y sintetizar las proteínas específicas de ellas. Un ejemplo

de ello es la alimentación con urea que es un compuesto de alta tasa de degradabilidad en el rumen, y los problemas que se producen cuando el manejo de la urea en la alimentación es deficiente.

Otro caso-mucho menos frecuente-sucede cuando la ración contiene porcentaje excesivo de proteína.

### Resumen

El rumen es un órgano muy complejo por la variedad de procesos que se llevan a cabo en él. Los alimentos en la ración son descompuestos en parte en el rumen y transformados por las bacterias en nutrientes que el animal aprovecha.

El funcionamiento correcto del rumen es fundamental para el buen funcionamiento de todo el aparato digestivo.

Este incluye cantidad y proporción apropiada de forraje en la ración, y paralelamente suficiente energía, de acuerdo al nivel de producción de los animales.

En el rumen se producen una parte importante de los nutrientes que serán absorbidos posteriormente en la pared ruminal (los AGV) o en los intestinos (la masa microbiana). Ambos forman de 65 a 70 % del total de los nutrientes en la ración.

La proporción del aporte de nutrientes del rumen depende de la eficiencia de su funcionamiento y del nivel de producción del animal. A mayor producción disminuye el aporte del rumen a la cantidad total de nutrientes absorbidos, pero a mayor eficiencia del rumen, mayor será el aporte de los nutrientes de éste para cada nivel de producción.

La satisfacción de los requerimientos de energía presenta un problema cuando la fuente de energía son los alimentos concentrados (y en la mayor parte de los casos ellos son la fuente de energía adicional cuando el forraje no puede cubrir los requerimientos totales) debido a que los procesos que sufren en el rumen son potencialmente detrimentes para el buen funcionamiento de éste.

El balanceo de la ración y el manejo apropiado de la alimentación son los que permiten sobreponerse a los problemas que pueden presentar las raciones de alta energía.

## ENERGIA

La energía es el nutriente aportado a los animales en la mayor cantidad por los alimentos ingeridos .

Cada acción, proceso, función y reacción bioquímica exigen energía.

Los nutrientes en el alimento desempeñan dos funciones básicas en la nutrición:

1-Se transforman en parte de la sustancia del cuerpo animal y de los productos que el animal produce (leche).

2-Sirven como fuente de energía para los procesos vitales que ocurren en el cuerpo y que están relacionados con la existencia del animal.

Los procesos fisiológicos más importantes que exigen inversión de energía son:

- 1- Actividad muscular
- 2- Mantenimiento de la temperatura corporal,
- 3- Respiración
- 4- Pulso,
- 5- Biosíntesis.

Cuando la energía del alimento no satisface los requerimientos energéticos del cuerpo, el animal usa la sustancia corporal y sus componentes como fuente de energía. La energía química en el alimento se transforma en otras formas de energía como energía, mecánica, eléctrica, etc.

Los procesos de transformación de una forma de energía a otra acarrearán pérdidas en forma de calor que generalmente no tiene utilidad para el animal y se disipa del cuerpo. Lo mismo sucede cuando una forma

química de energía se transforma en el cuerpo en otra forma química, como es el caso de transformación de carbohidratos de origen alimenticio en grasa corporal.

El grado de eficiencia en el uso de la energía de los alimentos depende de:

- 1- La naturaleza del alimento
- 2- El tipo de animal.
- 3- El producto a producir (leche, carne)

El abastecimiento de energía está relacionado con el nivel de consumo voluntario de la ración. Por ser la energía el nutriente de mayor cantidad en la ración, la cantidad de energía que recibe el animal depende de la cantidad de alimento consumido y de la concentración de la energía en éste.

Cuando la ración contiene poca energía por unidad de peso, la vaca de alta producción no puede consumir suficiente energía debido a que tiene una limitante en el consumo máximo de materia seca por día. La ingestión de todos los otros nutrientes no está relacionada con la capacidad de consumo voluntario del animal por ser el requerimiento de estos mucho menor. Es posible satisfacer los requerimientos de estos aún cuando el consumo no sea el máximo.

A diferencia de los otros nutrientes, la energía no es una sustancia química específica. Numerosos compuestos orgánicos son usados como fuente de energía. Los carbohidratos son la fuente principal de energía para el cuerpo, la proteína es fuente de energía, a pesar de que no es esa su función más importante. Las grasas aportan más energía que los otros nutrientes por unidad de peso, pero su consumo es limitado.

#### Causas y Efectos de Deficiencia de Energía

Las normas de energía sugeridas en las recomendaciones (NRC 1989) (tabla 6.3) son consideradas como suficientes para obtener óptima performance bajo condiciones apropiadas de manejo. No existe un límite bien definido entre cantidad adecuada de energía y cantidad insuficiente de la misma. Esto es cierto para todos los nutrientes requeridos en la ración.

En ganado sano la deficiencia de energía es generalmente causada por una ración con baja concentración de ésta o poca cantidad de alimento o

ración.

Cuando se da al ganado forraje a voluntad como único alimento-como es en la generalidad de los casos en manejo extensivo-, los animales que poseen buen potencial de producción tienen deficiencia de energía. Esta se debe a un contenido de baja energía en la dieta, es decir en el forraje. A nivel de finca la razón más probable de deficiencia de energía es una combinación de forraje de baja calidad y/o cantidad inadecuada de forraje. Puede deberse a falta de concentrado en la ración. En la vaca en producción el primer efecto de falta de energía es la merma en producción de leche, acompañada por una merma en la condición física del animal. Cuando la subalimentación comienza desde el principio de la lactancia la producción mermará durante toda esa lactancia. La producción de leche mermará notablemente antes de que la falta de energía tenga influencia en la reproducción del animal. Asimismo por falta de energía se reduce el contenido de sólidos no grasos y la proteína de la leche.

En la cría, falta de energía disminuye el incremento de peso y pospone la pubertad. El incremento reducido de peso va acompañado de cambios en la composición del cuerpo, incluyendo una reducción mayor del contenido de grasa en el cuerpo comparada con la de proteína y minerales. El efecto de la desnutrición sobre el desarrollo del esqueleto es mínimo, excepto en casos extremos.

Sólo en esos casos extremos puede producirse daño a la salud del animal.

Períodos de desnutrición moderada seguidos por alimentación liberal, no influyen en el desarrollo del animal joven, en crecimiento.

El incremento de peso mayor que sigue a un período de desnutrición moderada es denominado "crecimiento compensatorio".

Desnutrición por largos períodos hace que se postergue la concepción de la cría y por consecuencia aumenta la edad al primer parto.

#### Causas y Efectos de Exceso de Energía

Las normas de energía recomendadas son las que producirán óptimos resultados. Exceso de energía ingerida puede producir un pequeño incremento en leche o en ganancia de peso. Sin embargo, el aumento de la producción

generalmente no será suficiente para cubrir los gastos incrementales de alimentación. Aparte de ello el exceso de energía puede causar serios problemas.

Cuando se dan niveles excesivos de energía, gran parte de la energía adicional se deposita en forma de grasa. Sólo una pequeña cantidad de ésta es encaminada hacia la producción de leche o crecimiento de tejidos no adiposos. Cuando el ganado se pone excesivamente obeso, merma la capacidad de consumo voluntario de materia seca.

Excesiva ceba de las novillas puede causar daño permanente al desarrollo de la glándulas mamarias y afectar la reproducción y de ese modo disminuyendo su capacidad de producción total de por vida.

La grasa depuesta en la glándula mamaria de la cría joven y alimentada en exceso reduce la cantidad de tejido secretorio y la subsiguiente capacidad de producción.

En vacas en producción la grasa excesiva afecta la reproducción y causa otros problemas de salud.

#### Liberación de energía de los alimentos

La energía que aportan los alimentos se encuentra en ellos en forma de energía química almacenada en los enlaces químicos en ellos.

La energía liberada se convierte en energía cinética o se almacena en enlaces químicos en compuestos formados en las reacciones que se llevan a cabo en el cuerpo.

La liberación de energía se hace en el proceso de oxidación. Compuestos que aportan energía son compuestos que pueden ser oxidados, que aceptan oxígeno. Compuestos que se encuentran en estado de oxidación máximo como el  $\text{CO}_2$  no pueden aceptar más oxígeno y por lo tanto no son fuente de energía.

En el organismo la oxidación es llevada a cabo por las enzimas y acumulada en compuestos que a su vez la liberan para las distintas funciones que requieren energía en el animal.

La energía liberada en la oxidación de un compuesto depende de la cantidad de oxígeno que es usada en la reacción. Esta depende del grado de oxidación en que se encuentra el compuesto. Cuanto mayor es el grado de oxidación del compuesto, menor es la cantidad de oxígeno que puede recibir y menor la cantidad de energía

almacenada en él.

Unidades de energía - La energía se mide en calorías (o kilocalorías o megacalorías) o en julios. 1000 calorías son una kilocaloría, 1000 kilocalorías son una megacaloría que se abrevia generalmente como "Mcal".

En nutrición de rumiantes se usa generalmente la megacaloría como unidad de energía por ser ésta del orden de consumo o requerimiento de los rumiantes.

En Europa se usa generalmente el Julio o Megajulio como unidad de energía.

El megajulio equivale a 1/4.184 megacalorías, es decir que 4.184 megajulios equivalen a 1 megacaloría.

#### Energía y Valor Nutritivo de los Alimentos

La cantidad de energía por unidad de peso que aportan los diferentes alimentos varía mucho, por lo cual la estimación o medición de la energía aportada por cada alimento es un aspecto clave de la nutrición.

El término "evaluación de los alimentos" se refiere al aporte de energía de éstos. En forma más específica: aporte de energía para la producción.

Para conocer el aporte efectivo de energía del alimento es necesario determinar las pérdidas de energía en el proceso que sufre el alimento en el tracto digestivo del animal y las pérdidas de energía en los procesos metabólicos después de ser absorbido.

Los cambios que acontecen en los alimentos y la determinación de las pérdidas de energía en ellos desde que son ingeridos y hasta llegar a los diferentes tejidos corporales para ser aprovechados son denominados "Metabolismo de la Energía"

La determinación cuantitativa del metabolismo de la energía de cada alimento es la que permite definir su valor energético.

El valor energético puede ser expresado en diferentes parámetros de energía como energía digestible, NDT, energía metabolizable, o energía neta. Cada uno de estos parámetros tiene sus ventajas y desventajas para la formulación de raciones, y son o fueron usados en diferentes países en diferentes épocas.

## METABOLISMO DE LA ENERGIA

Los nutrientes que contienen los alimentos se encuentran en ellos en compuestos que no pueden ser absorbidos y usados por los órganos del animal tal como se encuentran. El alimento debe ser transformado por el animal a compuestos químicos más simples para poder ser absorbido. Estos compuestos se absorben y pasan a la sangre en el rumen o intestinos y posteriormente ejercen su función en los tejidos. Estas transformaciones ocurren en el aparato digestivo en el proceso de digestión de los alimentos, y a nivel de los órganos relevantes después de ser absorbidos los compuestos que se producen en la digestión.

Como se mencionó anteriormente parte de la energía del alimento se pierde para el animal en el proceso de digestión y en las posteriores transformaciones que sufren los compuestos del alimento hasta ser liberada la energía almacenada en él y usada por el animal.

El conocimiento del contenido energético de los alimentos y su disponibilidad es parte básica de la ciencia de la nutrición.

Este conocimiento se basa en la determinación de las pérdidas de energía de los alimentos en los procesos de transformación hasta convertirse en compuestos aprovechables por el cuerpo.

Los diferentes cambios y pérdidas en el transcurso de la digestión del alimento y después de su absorción en el intestino figuran esquemáticamente en la figura 4.1

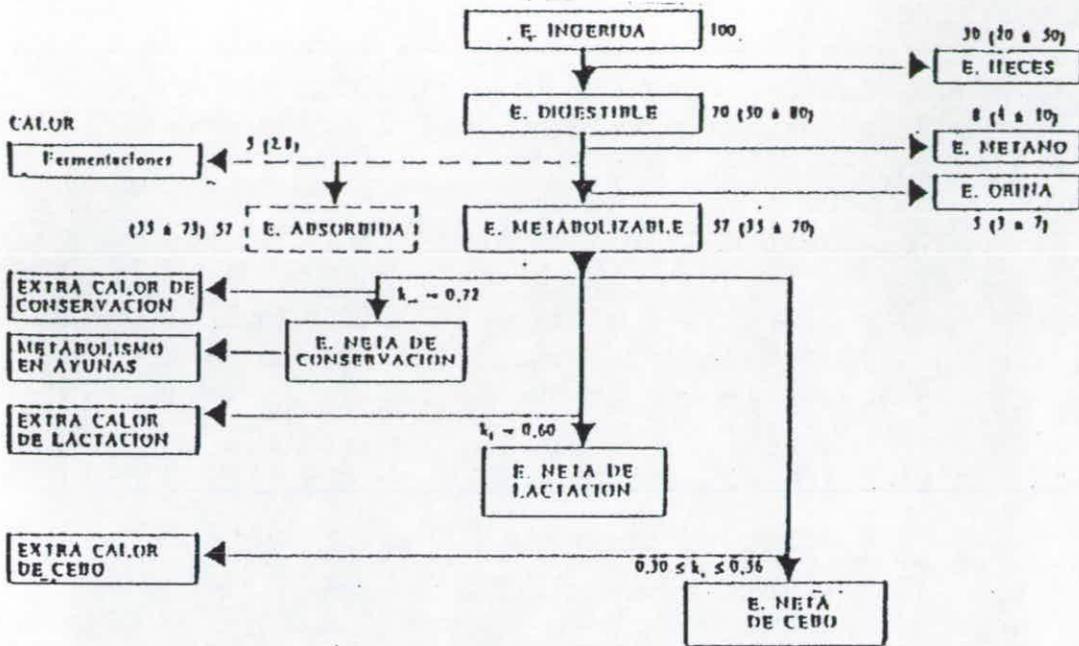


Figura 5.1 Esquema general de utilización de energía por los rumiantes

$k_m$  - eficiencia de uso de la energía para mantenimiento.

$k_l$  - eficiencia de uso de la energía para lactancia.

M. Vermorel en Alimentación de Rumiantes INRA 1981

En la figura se considera que la energía bruta en el alimento (energía ingerida) es de valor relativo 100. La energía bruta es el "calor de combustión" del alimento: la energía total que éste contiene y que se libera oxidándolo totalmente en un calorímetro.

El rango de los valores que aparecen entre paréntesis al lado de cada valor, da una pauta de la variabilidad y distribución de las pérdidas de energía y como consecuencia de la variabilidad de contenido energético de los alimentos.

### Perdidas de Energía en el Organismo

#### a) Perdidas en las heces

Se asume que la energía digestible promedio del alimento en este ejemplo es de 70. Este valor proviene de la sustracción al valor de la energía bruta (100) del valor de pérdida en las heces (30).

De este valor de energía digestible de 70 (energía ingerida-energía en las heces) tres cuartas partes son compuestos procedentes de la degradación microbial y son

absorbidas a nivel del rumen.

La pérdida fecal de energía en el proceso de digestión es el factor singular más importante que determina el valor nutritivo relativo de los diferentes alimentos como fuente de energía.

b) Pérdidas en los gases de fermentación.

Parte de la energía se pierde en los gases de fermentación (8 % de la energía bruta del alimento) el principal de los cuales es el metano,

c) Pérdidas en el calor de fermentación.

Otra parte de la energía se pierde en forma de calor producido en la fermentación microbiana (5 % de la energía bruta).

d) Pérdidas en la orina.

En el proceso de asimilación de la proteína después de ser absorbida en el duodeno y pasar a la sangre, ésta no es aprovechada totalmente y parte de ella se elimina en el metabolismo de la proteína como productos nitrogenados que contienen energía. El metabolismo de la proteína es tal, que el organismo no puede aprovechar totalmente este nutriente. Los productos del metabolismo de la proteína (urea, ácido úrico) que el cuerpo elimina contienen de promedio 5% de la energía bruta del alimento

e) Incremento de calor.

Restando a la energía bruta, las fuentes de pérdida detalladas más arriba, se obtiene el valor de 57 de energía metabolizable que figura en el esquema. De promedio en los ruminantes 57 % de la energía bruta de los alimentos es energía metabolizable. Esta es la energía disponible para el cuerpo. No toda ella es usada en los productos de valor económico para lo cual se crían los animales. Parte de ella se pierde en forma de calor, debido a que los procesos de producción no tienen una eficiencia absoluta de 100 %.

La eficiencia de la utilización de la EM en el animal es definida como la proporción de ella retenida en el animal, o expresada en forma matemática:

$$\frac{\text{cambio en la retención de energía}}{\text{cambio en la ingestión de EM}} \times 100$$

La eficiencia se determina agregando a una ración basal un alimento de conocido contenido de energía metabolizable y midiendo posteriormente el cambio en la retención de la energía en el animal. La producción de leche es considerada como retención de energía. La parte que se pierde en calor es el complemento de la energía que no aparece en el producto final. (La energía no se pierde, se transforma).

El calor total producido en una vaca lechera en producción (incluyendo el calor de mantenimiento) alcanza a un tercio de la energía bruta ingerida. Es decir que la eficiencia energética de la producción de leche es de dos tercios aproximadamente. En una vaca que produce 40 kgs. de leche por día el calor de formación de la leche constituye aproximadamente la mitad del calor total producido por ella.

Resumiendo, la energía metabolizable es la energía que el cuerpo usa para sus funciones vitales: para mantenimiento y para la producción, sea lactancia, crecimiento, o cebo.

La energía neta del alimento es la parte de la energía metabolizable que se invierte en los productos que produce el animal, sean retenidos en el cuerpo como la adición de tejidos en animal en crecimiento, la adición de grasa al cuerpo, en el caso de ceba de animales maduros o la producción de leche. Se la calcula restando a la energía metabolizable en el alimento, la energía (el calor) que se produce en los procesos de producción o mantenimiento, después de haber sido absorbido el alimento.

Esta energía es denominada "incremento de calor". Es el calor adicional que se produce en el cuerpo cuando el animal ingiere alimento.

### Determinación de "Incremento de Calor".

El animal en ayunas produce una cantidad de calor determinada. Si se mide la cantidad de calor producida por el animal después de haber ingerido cierta cantidad de alimento, se constata que la cantidad de calor es mayor que en el caso anterior. La diferencia entre la cantidad de calor que el animal produce en ayunas y la cantidad de calor que produjo después de ingerir el alimento es denominada el incremento de calor de ese alimento.

Ese calor se produce como consecuencia de la actividad del aparato digestivo, el masticado, la rumia, la secreción de jugos digestivos, la actividad de las enzimas, todos estos relacionados con el alimento que el animal consume. Este fenómeno se denomina también "Acción Dinámica Específica" de los alimentos. La magnitud de este calor depende de:

1-El tipo de animal.

2-El tipo de alimento.

3-La función del organismo (leche, ceba, mantenimiento)

El valor de ésta energía o calor, -como se mencionó más arriba- es la expresión inversa de la eficiencia del proceso. A mayor energía o calor liberados por unidad de energía ingerida, menos eficiente es el proceso.

La eficiencia del uso de la energía metabolizable (EM) para los diferentes procesos se expresa con la letra  $k$  y el sufijo con la letra inicial correspondiente al proceso en cuestión:

$k_m$ para eficiencia de uso de EM para mantenimiento
$k_l$ para eficiencia de uso de EM para lactancia
$k_c$ para eficiencia de uso de EM para ceba

Tabla 4.1 Eficiencias promedio de uso de la energía metabolizable para los diferentes fines en rumiantes

$k_m$	=	0.72
$k_l$	=	0.62
$k_c$	=	0.45 (0.30-0.56)

Como se puede ver de los valores expuestos, la eficiencia del uso de la EM por el ganado lechero no es idéntica para las diversas funciones detalladas. Las eficiencias para mantenimiento y lactancia son relativamente altas y de valores parecidos comparadas con la eficiencia para la ceba.

Estas diferencias se deben al total de cambios químicos necesarios para producir el producto determinado.

En la producción de leche los precursores de los compuestos de la leche absorbidos en el intestino pasan transformaciones químicas de menor magnitud comparadas con las transformaciones que pasan los precursores en el proceso de ceba para ser transformados a grasa.

#### Eficiencia de EM y Características de la Ración

Los valores de eficiencia de uso de la EM que figuran más arriba son valores promedios. La eficiencia varía según el tipo de alimento o ración. La relativa eficiencia de diferentes tipos de alimentos varía de acuerdo a la función involucrada (lactancia, cebo).

Una parte sustancial de este efecto está relacionado con los diferentes patrones de fermentación que ocurren en el rumen : alimentos que producen una relación más alta de ácido acético a propiónico o alimentos que producen una relación más baja. Raciones con más concentrado que contienen más almidón producen una relación más baja de acetato a propionato como resultado de la fermentación por las bacterias ruminales. Raciones de este tipo favorecen la deposición de grasa en el cuerpo relativamente a la síntesis de leche.

Es posible simplificar expresando la relación de tipo de alimento o ración con el tipo de fermentación. La cantidad de fibra en el alimento determina en gran parte el patrón de fermentación. De allí que los forrajes

producen mas ácido acético-relativamente al propiónico-que los concentrados.Por haber diferencias considerables entre los forrajes y los concentrados en la concentración de EM ,el valor de EM de la ración o el alimento es un parámetro indirecto del patrón de fermentación.

En la tabla 4.2 figuran los resultados de trabajos varios en que se investigó la relación entre la concentración de EM en los alimentos o raciones y la eficiencia de ellas en las diferentes funciones-de mantenimiento y productivas.

Tabla 4.2

Eficiencia de Uso de Energía Metabolizable por Rumiantes Segun Concentración de Energía Metabolizable para Funciones de Mantenimiento Ceba y Producción.

M/D Mcal/kg.M.S.	Eficiencia Porcentaje		
	Mantenimiento	Ceba	Producción De Leche
1.6	66	33	62
1.8	67	36	64
2.0	68	40	66
2.2	70	44	68
2.4	71	47	69
2.6	72	51	70
2.8	74	55	70
3.0	75	58	68
3.2	76	62	64
3.4	78	66	61

Blaxter K.L.(1964)Metabolismo energético de los Rumiantes  
Ed.Acribia.

La alta eficiencia en el uso de la EM para mantenimiento se debe a los modestos requerimientos del punto de vista químico para esa función.El mantenimiento exige principalmente abastecimiento de energía en forma

de calor para mantener la temperatura corporal. Los cambios químicos son reducidos y parte del calor que se produce en la asimilación de los nutrientes es usado por el cuerpo para mantener la temperatura corporal y en esa forma aporta a la eficiencia en clima templado en el cual la temperatura ambiente es considerablemente más baja que la temperatura corporal

La función de mantenimiento, a pesar de ser imprescindible no es una función productiva en el reducido sentido de la palabra, comparada con las otras funciones mencionadas más arriba.

El rango reducido de eficiencia (66 a 78 %) de uso de EM para mantenimiento, en el amplio rango de concentraciones de EM es un indicio del relativamente modesto requerimiento de nutrientes que es consecuencia de la constancia de requerimientos a cualquier nivel de energía.

Lo contrario sucede con la eficiencia de la EM para ceba: La concentración de EM influye mucho en la eficiencia de su uso, siendo la eficiencia muy baja cuando la ración es de forrajes únicamente. Esto corrobora el conocimiento de la práctica: es sabido que el forraje como único alimento, no es alimento apropiado para ceba intensiva: no sólo que produce incrementos de peso reducidos sino que la cantidad de energía procedente de forraje necesaria para cada unidad de incremento es alta.

En el caso de uso de la EM para lactancia la relación con la concentración de EM no es lineal sino curvilínea. La eficiencia aumenta con el aumento de EM en la ración hasta cierto punto, (2.6-2.8 Mcal EM/kg M.S.) después del cual la eficiencia decrece en cierto grado a medida que la concentración de EM aumenta por encima de esos valores. Las raciones con concentraciones altas de EM son raciones que contienen considerable cantidad de concentrado y contienen por consecuencia altas cantidades de almidón y poca fibra, por lo que producen patrón de fermentación propiónica (relativamente alta proporción de ácido propiónico con respecto al ácido acético), con la consiguiente depresión del contenido de grasa en la leche lo que disminuye su valor calórico. El aumento de la cantidad de leche no compensa la disminución del valor calórico por ello para la producción de leche la relación mencionada entre concentración de energía y eficiencia de EM es

curvilínea. Este es el motivo por el cual las recomendaciones de energía en las normas de alimentación para ganado lechero no son de máxima concentración de energía. La concentración óptima de energía es menor que la concentración máxima posible.

También las raciones con concentraciones de EM de 2.5 a 2.8 Mcal./kg. contienen concentrado que en gran parte proviene de granos de cereales y por consiguiente contienen almidón. Sin incluir concentrados en la ración no es posible llegar a las concentraciones de energía que permitan al animal expresar su potencial genético.

Existen una serie de alimentos que son de alto valor energético pero su energía no proviene de almidón sino de compuestos como grasa, pectinas y fibra altamente digestible. Son los llamados alimentos alternativos como la pulpa de cítricos, la pulpa de remolacha, la semilla de algodón, y otros. Con la inclusión de estos alimentos es posible llegar a los niveles de energía necesarios sin reducir demasiado la relación de ácido acético a propiónico.

Los resultados que figuran en la tabla 4.2 fueron obtenidos por Blaxter y colegas en numerosos experimentos en los años cincuenta.

La conclusión lógica de los resultados de la tabla 4.2 es que existen diferencias en la eficiencia de uso de la EM de diferentes relaciones de ácidos grasos volátiles, especialmente los que se producen en mayor proporción en el rumen-acético y propiónico.

Orskov y col. trataron de corroborar ésta teoría practicando infusión ruminal de los AGV en relaciones molares varias: desde 0.64:1 a 17:1 de ácido propiónico a acético en el rumen de ovinos y observaron que el rango de eficiencia del uso de la EM para incremento de peso fué solo de 60 a 65 %.

El rango de relaciones de los AGV usados fué muy amplio mientras que el rango de eficiencia fué muy reducido. Los investigadores llegaron a la conclusión de que por el hecho de que las proporciones de los AGV que se producen en el rumen en las raciones prácticas está dentro del rango con el que ellos trabajaron, las diferencias en la utilización o eficiencia de la EM no pueden ser explicadas por las diferentes eficiencias con que se usan los diferentes AGV.

Es un hecho aceptado que la eficiencia del uso de la

EM depende, entre otros, de la concentración de la EM en la ración, especialmente en lactación y ceba. La explicación de este fenómeno todavía no está clara.

#### Partición de la Energía en la Ración de Vacas Lecheras en Producción

Las eficiencias de uso de la EM que figuran en la tabla 4.2 se determinaron exclusivamente para cada función de las que figuran en la tabla. En la práctica en el caso de las vacas lecheras, la EM en la ración puede ser dirigida a más de una función: leche e incremento de peso. La proporción de la EM dirigida en el organismo a una función u otra puede ser variada.

En vacas de alta producción en el primer período de la lactancia, la EM es dirigida exclusivamente a la producción de leche. Después de ese período y dependiendo de la capacidad genética de producción de leche del animal, cuando el nivel de alimentación es alto, la EM de la ración es dirigida en parte a la producción de leche y en parte a la reposición de reservas corporales (incremento de peso), que fueron mobilizadas en el primer período de la lactancia. En ciertos casos, más energía es dirigida a incremento de peso y menos a leche, en otros casos sucede lo inverso.

La partición de la EM a esos dos destinos influye por lógica, en la eficiencia del uso de la EM para producción de leche, es decir en el valor de energía neta de lactancia del alimento o ración.

La fuente de la EM, es decir de que alimento proviene-, parece ser que también influye en la eficiencia de su uso.

Tyrrell agregó a una ración básica, que fué dada a dos grupos de vacas, pulpa de remolacha a un grupo y grano de maíz al otro, y midió la eficiencia de uso de la EM en producción de leche de cada uno de los alimentos. En el caso del grano de maíz, la eficiencia fué de 17 % mientras que en el caso de la pulpa de remolacha la eficiencia fué de 70 %.

Esto parece presentar una fuerte evidencia de un efecto específico de alimento o composición de ración en la partición de la energía entre leche y reservas corporales. Probablemente la fracción de carbohidratos es la que afecta la relación de los AGV en el rumen y ésta relación es la que determina la partición de la

energía.

Así por ejemplo en el grano de maíz la energía es aportada por el almidón, el cual produce en el rumen una fermentación propiónica. En cambio en el caso de la pulpa de remolacha la energía es aportada por la fibra y por pectina las cuales producen una fermentación acética. Esta -como ya fué mencionado-encamina mayor proporción de la EM hacia la producción de leche.

Otro conocido trabajo es el de Flatt y col. en el cual se dió a vacas en producción tres raciones con diferentes relaciones de forraje (alfalfa) y concentrado. La partición de la energía fué diferente en las tres raciones según se puede ver en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Partición de Energía y Otros Parámetros en Raciones con Diferentes Proporciones de Forraje.\*

Raciones	1	2	3
1 Porc. de forraje	60	40	20
2 Porc. de Conc.	40	60	80
3 pH del Rumen	6.02	5.87	5.72
4 Ac. Acético %	65.3	59.8	53.6
5 Ac. Propiónico %	20.4	25.9	30.6
6 Prod. Leche/día Kg.	20.4	20.9	18.1
7 Prod Leche Corr. 4% Gr	19.6	17.8	14.1
8 Energía en leche Mcal.	13.94	13.17	10.41
9 Energía en diferencia de peso corporal Mcal*	-2.00	-0.54	1.75
10 Porc. de Grasa en leche	3.5	3.0	2.7

\*- adaptado de tablas varias

Flatt W.P. y col. (1969) Energy utilization by high producing dairy cows .

Proc. 4 th Symp. Energy Metab. EAAP publ. 12:235

Las diferentes raciones produjeron diferentes patrones de fermentación en el rumen y la partición de energía fué tal que en las vacas en las que en el rumen se produjo mayor proporción de ácido acético, mayor proporción de la energía metabolizable fué recuperada en energía en leche y menor proporción en incremento de reservas corporales.

Eficiencia total de uso de la EM para producción de leche

La fuente de energía para las diversas funciones en el organismo proviene del alimento ingerido.

En el caso de la vaca lechera el trayecto de la energía desde el alimento ingerido hasta la producción de leche puede tomar varios cursos:

A-Del alimento directo a la producción de leche.

B-Del alimento a reservas corporales, durante la época seca

de la vaca, (práctica que se usa en muchos hatos para preparar la vaca para la siguiente lactancia) y de reservas corporales que serán usadas en la siguiente lactancia, a producción de leche.

C-Del alimento a reservas corporales, durante la época de

lactancia y de ellas a producción de leche, que generalmente será en la siguiente lactancia pero que del punto de vista del cálculo de la eficiencia de uso de EM el cálculo es relevante.

Cada uno de estos procesos tiene diferente eficiencia como se ve de la tabla 4.4.

tabla 4.4 Eficiencia de uso de la Energía Metabolizable en la Vaca Lechera

- Energía de alimento a producción de leche	= 62 %
- Energía de alimento a reservas corporales durante la lactancia	- Eficiencia = 75 %
- Energía de alimento a reservas corporales durante la época seca de la vaca	- Eficiencia = 60 %
- Energía de reservas corporales a producción de leche.	- Eficiencia = 82 %

En el seguimiento del trayecto de la energía desde el alimento hasta la producción de leche y las eficiencias de utilización correspondientes tendremos que agregar aquí otro aspecto importante.

Para permitir a la vaca lechera realizar su

potencial genético es necesario que la vaca llegue al parto en condición corporal apropiada, con suficientes reservas corporales ya que para obtener la máxima expresión de su potencial no es suficiente la energía del alimento. Es necesario el aporte complementario de la energía de reservas corporales.

La energía contenida en una ración óptima ingerida a voluntad por la vaca puede permitir una producción del 70 a 80 % de la capacidad genética de producción de la vaca. El resto de la energía necesaria para la producción máxima la vaca lo moviliza de sus reservas corporales. Si la vaca no posee esas reservas su producción actual será afectada por esa falta.

Vacas de alto mérito genético se secan muchas veces en estado físico muy bajo, por haber pasado parte de lactancia en balance energético negativo. La energía invertida en producción de leche fué mayor que la energía que recibieron en la ración.

Si se toma en consideración la energía adicional que necesita la vaca para mejorar su condición corporal y permitir la expresión de su potencial genético, surge la pregunta en que período es más conveniente adicionar el alimento para ello. En el período de seca o durante la lactancia ?.

En este caso están involucrados dos procesos. El de energía en alimento a reservas corporales y de reservas corporales a producción de leche. Son de eficiencias diferentes ya que como vimos la eficiencia de uso de la energía en alimento a reservas corporales es distinta en vacas seca y en vacas en producción: Con los datos de eficiencia que figuran más arriba es posible calcular la eficiencia del proceso total.

1-Eficiencia de a) energía en alimento a reservas (en vaca seca) y b) reservas a leche = 49.2 %

$$(60 \% * 82 \%) .$$

2-Eficiencia de a) energía en alimento a reservas (en vaca en producción) y b) reservas a leche = 61.5 %

$$(75 \% * 82 \%)$$

Es más conveniente preparar la vaca para la siguiente lactancia reponiendo sus reservas, durante el actual

período de lactancia y no en el período de seca.

En los altos niveles de producción que se obtienen en la actualidad sucede a menudo que aún recibiendo alimentación ad libitum durante la lactancia, la vaca se seca en condición corporal baja. En ese caso sólo queda la posibilidad de reponer reservas en la vaca durante la época de seca.

Esto sucede con más frecuencia en primerizas que en vacas adultas, por el hecho de que su capacidad de consumo es más limitada que su capacidad de producción de leche, comparadas con vacas de mayor edad en el hato.

En la práctica en muchos casos se ha constatado que elevando el nivel de alimentación por encima de lo que se creía que eran los requerimientos para producción de leche actual, se obtuvieron incrementos significativos de producción, lo que significaba que las vacas estaban siendo subalimentadas.

Resumiendo este punto es posible decir que la adición de energía durante la lactancia para crear en la vaca reservas corporales, con la finalidad de evitar merma de producción en la siguiente lactancia, asegura en muchos casos que no se esté subalimentando la vaca o en otros términos asegura que la energía no sea factor limitante de la producción.

Es hoy día un procedimiento de manejo aceptado la corrección del nivel de alimentación según la condición física de la vaca, aumentando la cantidad de energía diaria por encima de los requerimientos para la producción de leche específica si la vaca o el grupo de vacas se encuentra en condición corporal baja y viceversa.

#### Digestibilidad y Nivel de Alimentación

Tal como se mencionó anteriormente la digestibilidad de los alimentos es el factor preponderante en el valor energético de estos. Sobre la digestibilidad de los alimentos varios existe una vasta cantidad de datos, resultados de pruebas de digestibilidad que se hicieron a lo largo de muchos años.

La gran mayoría de las pruebas de digestibilidad se hicieron en animales a los que se dieron raciones a

nivel de mantenimiento.

El nivel de alimentación afecta la digestibilidad de los alimentos. Cuanto mayor es la ingestión de alimentos mayor es la velocidad de pasaje de éstos. La tasa de pasaje más rápida de los alimentos produce una merma en la digestibilidad de estos. Esto se debe a que disminuye el tiempo de acción de la flora bacteriana y las enzimas sobre el alimento. La depresión de la digestibilidad de los alimentos es un factor a tomar en cuenta en el proceso de evaluación del aporte de energía en la ración.

En la empresa ganadera comercial, prácticamente no se tienen animales que reciban alimentación a nivel de mantenimiento. En el caso de la ganadería de leche moderna con altas producciones de leche, las vacas reciben un nivel de alimentación que es el triple del nivel de mantenimiento o más, expresado en unidades de energía. Surge entonces la pregunta en que medida son válidos los datos de digestibilidad o energía digestible de los alimentos obtenidos a nivel de mantenimiento - que es un nivel de alimentación bajo - para cálculo de valor energético de la ración para animales que consumen esos alimentos a un nivel que es tres o cuatro veces más alto.

El nivel de alimentación se expresa en múltiplos de mantenimiento. La depresión de la digestibilidad está relacionada al nivel de alimentación. La depresión de la digestibilidad es en promedio de 4% por múltiplo de mantenimiento.

Conociendo el nivel de alimentación y usando este valor de descuento es posible corregir la evaluación del aporte de energía de los alimentos, sea en NDT o en energía metabolizable o en energía neta.

El NRC americano, desde la edición de 1978 expresa el valor energético de los alimentos en un nivel de alimentación de 3 múltiplos de mantenimiento, dado que la vaca en los hatos de producción mediana y alta consume de promedio en su período de lactancia un nivel de alimentación de 3 múltiplos de mantenimiento, es decir dos múltiplos por encima del nivel básico de mantenimiento.

Para expresar el valor de los alimentos de acuerdo a ese nivel de alimentación, el valor energético de los alimentos que figuran en las tablas del NRC contiene un descuento del 8% de la digestibilidad de ellos

determinada a nivel de mantenimiento. En base a la digestibilidad corregida se calcula el valor energético en cualquiera de los parámetros de energía existentes. (NDT o EM o EN ).

#### Factores de Descuento de Energía de los alimentos

En realidad el descuento de 4 % por múltiplo de mantenimiento es una generalización. El grado de depresión de la digestibilidad es diferente en los alimentos varios. Este parece ser una característica individual de cada alimento, que depende de su composición y de las características de la fracción de pared celular (FND). Con el aumento del nivel de alimentación, la fibra sufre una depresión de la digestibilidad mayor que otros componentes del alimento.

Por ser el proceso de digestibilidad de la fibra más lento que el de los otros componentes, el pasaje más rápido del alimento (que está relacionado al mayor nivel de alimentación) hace que la digestión de la fibra sea más afectada y su digestibilidad sea menor en ese caso.

La depresión de la digestibilidad de los forrajes es menor que la depresión de las raciones mixtas con forrajes y concentrados.

Asimismo la depresión es menor en forrajes de mayor calidad comparados con forrajes de menor calidad.

Por ésta razón si se quiere precisar con mayor exactitud el valor energético de alimentos a nivel de alimentación promedio que se usa hoy día en ganadería moderna de leche, es decir a 3 o 4 múltiplos de mantenimiento, es necesario considerar la depresión de digestibilidad específica de cada alimento. En la universidad de Cornell en USA se han desarrollado tablas de valores de descuento de los alimentos más difundidos en alimentación de ganado lechero, en base a pruebas de digestibilidad con esos alimentos. En la práctica la diferencia en valor energético entre raciones calculadas según el descuento standard del 4 % tal como figura en las tablas de alimentos del NRC y valores corregidos según Cornell tiene una influencia mínima en la producción ya que las fuentes de error en la práctica de la alimentación, a nivel de finca, son de mayor magnitud que la diferencia en los valores energéticos mencionados que se usan en el cálculo de las raciones. Sin embargo el conocimiento del valor energético real de los alimentos

es un adelanto en la investigación de la nutrición.

#### Efecto asociativo de los alimentos.

Aparte de los diferentes factores que influyen en la digestibilidad de los alimentos, como su composición, el nivel de alimentación y la preparación de los alimentos, existe un efecto asociativo entre los alimentos en la ración.

El efecto asociativo entre alimentos existe cuando el aporte total de la energía de los alimentos en cuestión es diferente a la suma de la energía de esos alimentos.

El efecto asociativo influye en la digestibilidad de los componentes de la ración y en la eficiencia del uso de la energía metabolizable.

Un ejemplo del efecto asociativo es el de la influencia de la cantidad de concentrado en la ración en la digestibilidad de la fibra de los forrajes incluidos en esa ración.

Cuanto mayor es la proporción de concentrado -pasado cierto límite - mayor será la merma de la digestibilidad del forraje debido a que las bacterias ruminales digieren en menor grado la fibra de los forrajes en ese caso. Este fenómeno no es más que un aspecto particular de la regla general que indica que raciones no balanceadas en sus nutrientes son digeridas en menor proporción que raciones balanceadas. En el capítulo sobre la proteína se menciona que cuando la ración es deficiente en proteína, la digestibilidad total de la ración se reduce.

En un experimento se encontró que la EM de la harina de maíz fue utilizada para ceba con una eficiencia aparente que varió de 58 a 74 % de acuerdo con la naturaleza de la ración basal a la cual fue agregada.

Este trabajo complementa el trabajo mencionado de Tyrrell en el cual cantidades iguales de EM de diferentes alimentos agregados a una ración basal tuvieron eficiencias distintas para producción de leche, por tener partición diferente de la EM.

Todos estos hechos indican que el valor de un alimento depende de la ración en la cual se le incluye y esto dificulta la asignación de valores energéticos universales a los diferentes alimentos. Además de ello es

necesario tomar en cuenta que en rumiantes los alimentos varían en la forma de preparación, de tratamiento, de variedad de planta de la cual se origina el alimento, de su forma de conservación. Estos factores influyen en el grado de digestión, en el patrón de fermentación ruminal, y como consecuencia en el valor energético, y en la eficiencia de uso de la EM.

A pesar de todas estas dificultades para conocer los valores de energía de los alimentos, las tablas contienen datos confiables para su uso en cálculo de raciones. Es de tomar en cuenta que la gama de alimentos más difundidos en su uso no es tan numerosa y los alimentos más comunes han sido estudiados vastamente.

Los valores de energía que aparecen en las tablas de composición y valor de alimentos son los valores de los respectivos alimentos en raciones que se usan comunmente, en raciones balanceadas, y por lo tanto son valores válidos para cálculo de raciones.

#### Cálculo de las Diferentes Formas de Expresión de la Energía en los Alimentos

La relación entre las diferentes expresiones de energía en el proceso de aprovechamiento del alimento en el cuerpo del animal incluyendo todas las pérdidas en el proceso, puede calcularse de los valores promedio que figuran en la figura 4.1

Como se mencionó ya, estos datos son promedios, por lo que no dan sino una evaluación general de la relación entre las diferentes formas de energía en el alimento. En los trabajos diversos que se hicieron para determinar las pérdidas de energía en alimentos y en trabajos de resumen de resultados, se calcularon ecuaciones de regresión en base a datos de diversos trabajos y con diversos alimentos. Las ecuaciones de regresión expresan en forma matemática la relación entre parámetros varios, obtenidos en experimentos varios. En este caso, la relación entre parámetros diversos de energía.

Para calcular el valor de NDT de los alimentos la fórmula a usar es la suma de los nutrientes digestibles en el alimento, corregida para las grasas contenidas en él, dado que las grasas tienen un valor de 2.25 veces mayor por unidad de peso que el de los carbohidratos o proteínas.

1) Cálculo de NDT (Nutrientes Digestibles Totales)

$$\text{NDT} = \text{Proteína digestible(\%)} + \text{Fibra Cruda Digestible(\%)} + \text{Extracto Libre de Nitrógeno(\%)} + 2.25 * \text{Extracto Etereo Digestible}$$

2) Cálculo de Energía Digestible A Partir del NDT del Alimento

$$\text{ED} = 0.04409 * \text{NDT(\%)} \\ (\text{Mcal/kg. de M.Seca})$$

3) Cálculo de Energía Metabolizable a partir de la Energía Digestible

$$\text{EM} = -0.45 + 1.01 \text{ ED} \\ (\text{Mcal/kg. de M.Seca})$$

4) Cálculo de Energía Neta de Lactancia  $EN_1$  corregido a 3 múltiplos de mantenimiento a partir del valor de NDT del alimento (obtenido a nivel de mantenimiento)

$$\text{EN}_1 = 0.0245 * \text{NDT(\% de M.seca)} - 0.12 \\ (\text{Mcal/kg. de M.Seca})$$

En el capítulo 6 se presentan fórmulas de cálculo de energía (NDT) en forrajes en base a su composición.

## PROTEINA

Muchos de los productos para la obtención de los cuales se crían y manejan animales, contienen cantidades apreciables de proteína.

La leche contiene 30 a 35 % de proteína, el cuerpo de un novillo joven contiene 82 % de proteína, y en monogástricos o aves los productos que se obtienen de ellos (huevos, carne, etc.) contienen cantidades apreciables de proteína.

A nivel mundial la energía es considerada el nutriente de mayor importancia y el que se encuentra en mayor deficiencia en alimentación de los rumiantes. Esto es una realidad, pero es de recordar que la falta de proteína en las condiciones extensivas, y no sólo en ellas, es la que no permite aprovechar la energía en el forraje y en la ración en general.

### Composición Química

Del punto de vista químico ya se mencionó su composición de elementos, en el capítulo 1.

El análisis bromatológico determina la proteína por intermedio de la determinación de la cantidad de nitrógeno.

La proteína de diferentes fuentes contiene de promedio 16 % de nitrógeno, es decir que aproximadamente un poco más de la sexta parte de la proteína (más exactamente 6.25) es nitrógeno. (100 dividido 16). De ahí que si determinamos la cantidad de nitrógeno y la multiplicamos por 6.25 obtendremos la cantidad de proteína.

Es importante recordar este dato ya que no toda la proteína cruda es proteína real. Parte de ella son compuestos simples de nitrógeno.

Otra razón es que en la literatura se menciona a veces la cantidad de nitrógeno y otras la cantidad de proteína.

El nitrógeno es el elemento característico de la proteína ya que los otros macronutrientes no lo contienen.

Es importante mencionar que ciertas proteínas contienen también azufre. Existen aminoácidos azufrados. Cuando se alimenta al ganado con urea como fuente proteica es necesario agregar azufre a la ración para permitir a las bacterias sintetizar los aminoácidos azufrados.

La capacidad de síntesis de la microflora ruminal hace que los rumiantes puedan utilizar como fuente de proteína tanto la proteína verdadera como los NNP -fuentes de nitrógeno no proteico- como la urea, el biuret, el ácido úrico, etc.

La proteína verdadera o real está compuesta por polipéptidos, péptidos y aminoácidos.

Por el hecho antes mencionado de que en los laboratorios no se determina la proteína en sí sino el nitrógeno contenido en los alimentos, el porcentaje declarado de proteína no indica qué cantidad de ella es proteína real y cuanto es NNP.

#### Proteína ,Digestibilidad y Consumo de la Ración

Los diferentes nutrientes están relacionados entre sí. Unos influyen sobre los otros.

Así sucede que el porcentaje de proteína en la ración influye en la digestibilidad de la misma. La digestibilidad está relacionada con el aporte de energía.

La relación entre estos parámetros existe a diferentes niveles. A nivel del rumen son los microorganismos los que determinan esa relación. La proliferación y la eficiencia de las bacterias del rumen dependen de la proteína que se encuentra a su disposición.

Cuando vacas recibieron dietas de nutrientes puros con NNP como fuente única de nitrógeno la producción de proteína microbiana fue tal que las vacas produjeron el 65 % de la producción que produjeron vacas en el grupo testigo alimentadas con dietas compuestas de alimentos convencionales que contenían nitrógeno en forma de

proteínas varias (Oltjen 1969).

El abastecimiento de nitrógeno en forma de proteína verdadera- en comparación con cantidad equivalente de proteína proveniente de NNP, permite a las bacterias ser más eficientes y producir más biomasa de la misma cantidad de nitrógeno.

A igual composición de proteínas reales en la dieta, cuanto mayor sea la cantidad de proteína, mayor será la proliferación de las bacterias y como consecuencia hay :

- incremento de la digestibilidad de la ración.
- incremento de la tasa de pasaje de la ración, como consecuencia de lo anterior.
- incremento del consumo voluntario de ración.
- incremento de proteína absorbible de origen bacterial. (Dependiendo también de otros factores).

En muchos forrajes el contenido de proteína es muy bajo.

La energía potencial presente acumulada en la fibra de los forrajes sólo puede ser liberada por intermedio de la fermentación bacterial. La fermentación ruminal depende del número de bacterias específicas que usan la fibra como sustrato. La proliferación de las bacterias, y por consecuencia el grado de fermentación, depende en gran parte de la concentración de proteína en el fluido ruminal. En el ganado en pastoreo sobre gramíneas tropicales como único alimento, la proteína es un factor limitante para la proliferación de las bacterias ruminales.

Como consecuencia de la suplementación con proteína se incrementa la tasa de proliferación de las bacterias, y como consecuencia de ello, aumenta la digestibilidad de la ración. Esto trae como consecuencia el aumento de consumo voluntario de la ración, y finalmente todos los factores mencionados influyen en el aumento de la productividad.

El caso de los forrajes de baja calidad es un caso extremo. En condiciones menos extremas el aumento del porcentaje de proteína en la ración también conduce a aumento de digestibilidad de la ración, pero en menor grado.

Aumentando el porcentaje de proteína cruda en la ración de 8 a 17 % en dietas convencionales la digestibilidad de la materia seca se incrementó en 1.1 % por cada 1% de aumento de la proteína en la ración

(Oldham 1984).

En otro trabajo, aumentando el porcentaje de proteína cruda en la ración de 8 a 13 % se incrementó la digestibilidad de una dieta compuesta por ensilaje de maíz y grano de maíz, de 56 a 69 %.

Muchos trabajos corroboran estos resultados. El límite inferior de porcentaje de proteína cruda en la ración en alimentación práctica-tal como es mencionado en normas de alimentación- es de 10% de la materia seca.

Por debajo de este porcentaje la actividad de los microorganismos decrece en grado tal que la digestibilidad de la ración es afectada en forma considerable y entonces se desperdicia energía.

#### Mobilización de proteína

La proteína no se acumula en el cuerpo sino en pequeñas cantidades en los músculos, a diferencia de las grasas que el animal puede acumular en grandes cantidades cuando la alimentación rebasa las necesidades de mantenimiento y producción. Este hecho es importante en la alimentación de los animales en la etapa postparto cuando la producción es alta.

Las vacas poseen, en diferente grado, capacidad genética de movilizar reservas corporales para la producción de leche, especialmente en el período postparto. Las reservas corporales están compuestas en su gran mayoría por grasas, y contienen muy poca proteína. Las vacas descomponen en el proceso de movilización de reservas-pequeña cantidad de músculo también. En total, las reservas corporales a disposición para la producción de leche contienen mucha energía y muy poca proteína. La leche que es el producto que el animal produce, contiene mucha proteína (33% como se señaló antes). Es así que el reservorio de nutrientes que tiene el animal para producir leche (aparte de los nutrientes que recibe en el alimento) no está balanceado para la producción del producto que la vaca produce. De ahí que la cantidad de proteína en la ración de las vacas en el período postparto es muy importante para permitirles la manifestación de su potencial genético en producción de leche.

## Urea

Por la capacidad que tienen los rumiantes de aprovechar las fuentes de nitrógeno no protéico para sintetizar las proteínas de su biomasa y por su precio mas bajo relativamente a las fuentes de proteína verdadera se acostumbra a usar en alimentación de rumiantes productos que contienen NNP , como fuente de proteína. La urea es el producto más difundido.

### Cálculo del valor de la urea como Proteína Cruda

- 1-La urea contiene 46 % de Nitrógeno por lo tanto cada kg. de urea contiene 460 grs. de Nitrógeno
  - 2-Cada unidad de nitrógeno equivale a 6.25 unidades de proteína (por el hecho de que cada unidad de proteína contiene 16 % de nitrógeno)
- Por lo tanto multiplicando 460 grs. por 6.25 que equivale a 2875 grs. obtenemos el valor protéico de la urea. En forma práctica, tomando en cuenta la humedad de la urea se redondea la cantidad y se toma en cuenta que el valor protéico de la unidad de urea es de 2.8 .

### Inclusión de NNP (urea) en la ración

Las bacterias requieren de amoníaco para su proliferación. Este se libera de la fermentación de la proteínas reales que llegan al rumen.

Cuando la cantidad de proteína que llega al rumen es reducida como sucede en raciones pobres en proteína, o la cantidad de nitrógeno liberada en el rumen es baja a pesar de que la ración no es baja en su contenido de proteína- como sucede cuando la proteína de la ración es de baja degradabilidad ruminal, es conveniente usar alguna fuente de NNP que corrige la deficiencia de nitrógeno disponible para las bacterias y así se produce mayor proliferación de las bacterias, que significa mayor aporte de nitrógeno microbial a nivel de intestino. Si se agrega NNP a una ración con suficiente proteína degradable, es decir a una ración que aporta suficiente nitrógeno disponible a las bacterias ruminales, éste nitrógeno adicional (NNP) no tendrá ningún efecto en promoción de proliferación adicional de las bacterias ruminales, ya que este factor no es limitante para las

bacterias en este caso.

La asimilación de NNP y su transformación en masa microbiana requiere -además del Nitrógeno- de una fuente de energía de alta tasa de disponibilidad, es decir de energía que es liberada a un ritmo similar al de la liberación del nitrógeno (en forma de amoníaco) de la fuente de NNP. Las fuentes de NNP son degradadas muy rápidamente por las bacterias, y por lo tanto exigen de fuente de energía de la cual ésta se libera a ritmo parecido al de la liberación del nitrógeno. Ambos -amoníaco y energía -son las materias primas para la proliferación de las bacterias.

En el proceso de balanceo de raciones - además de la inclusión de la cantidad necesaria de proteína cruda en la ración - es necesario el balanceo de las cantidades de proteína degradable y proteína sobrepasante dentro del parámetro de proteína cruda. Las cantidades de estos dos tipos de proteína depende - como se mencionó antes - de la energía disponible en la ración, además de la degradabilidad de la proteína.

Para calcular estos parámetros, es necesario:

- \* Cálculo de los requerimientos de proteína degradable y proteína indegradable del animal.
- \* Cálculo de los aportes de proteína degradable e indegradable de la ración.
- \* Comparación entre los anteriores.

Un ejemplo de estos cálculos figura más adelante, pero para simplificar la respuesta a la pregunta de si es conveniente incluir urea en la ración se presenta a continuación en la tabla 2.1 los umbrales de porcentaje de proteína en la ración, por encima de los cuales, la inclusión de urea en la ración no es efectiva.

La concentración de NDT en la ración indica la disponibilidad de la energía que - como se mencionó anteriormente - determina el aprovechamiento del NNP adicional.

Cuanto mayor es la cantidad de NDT por kg. de ración, mayor será la posible proliferación de las bacterias (supeditado a la cantidad de NNP en la ración)

La cantidad total de NDT indica el grado de proliferación bacteriana que la energía existente en el rumen puede permitir.

Cuanto menor sea la cantidad total de NDT, menor será la cantidad de NNP que se puede agregar a la ración.

tabla 5.1. Umbrales de porcentaje de proteína por encima de los cuales la inclusión de urea es inefectiva

Tabla 5.1 Porcentaje de proteína en la dieta por encima de la cual la urea no es efectiva

NDT *	Porcentaje de proteína indegradable en la dieta											
	20	20	20	30	30	30	40	40	40	50	50	50
	Consumo de NDT kgs. por día											
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
	porcentaje de proteína por encima de la cual la urea no es efectiva											
55	7.94	9.22	9.85	8.87	10.36	10.78	10.08	11.68	12.22	11.8	13.48	14.1
60	8.86	10.08	10.52	9.68	11.24	11.76	10.97	12.74	13.33	12.66	14.70	15.38
65	9.38	10.90	11.40	10.49	12.18	12.74	11.89	13.80	14.44	13.71	15.93	16.66
70	10.10	11.74	12.28	11.29	13.12	13.72	12.80	14.86	15.55	14.77	17.15	17.95
75	10.83	12.57	13.16	12.10	14.05	14.70	13.71	15.93	16.66	15.82	18.38	19.23
80	11.55	13.41	14.03	12.91	14.99	15.68	14.63	18.89	17.77	16.88	19.60	20.51

N.R.C. 1985 Ruminant Nitrogen Usage

#### Uso de la tabla

- 1-Calcular la concentración de NDT en la ración.
- 2-Calcular la cantidad de NDT en la ración.
- 3-Calcular la degradabilidad de la proteína de la dieta usando las tablas de degradabilidad de los alimentos. Ver más adelante la tabla abreviada del NRC.

4-Buscar en la tabla la celda correspondiente.

Cuanto más alto es el número que aparece en las celdas, más urea se puede usar. Por ejemplo, si tomamos la celda superior izquierda el número 7.94 indica que por encima de 7.94 % de proteína en la ración la adición de urea no es efectiva.

Esto se debe a que la ración no contiene energía suficiente para que las bacterias puedan sintetizar proteína a partir de urea. Poco NDT (5 kgs) y una

concentración de energía muy baja de 55 kgs de NDT por 100 kgs de alimento).

Este es el caso de animales alimentados con pastos de gramíneas muy pobres. Suplemento de urea sin suplemento de energía no es efectivo. A mayor cantidad de NDT o a mayor concentración de NDT, más alto es el umbral. Más posibilidades hay de usar urea. Lo mismo a mayor tasa de sobrepaso o indegradabilidad de la proteína de la ración. En este caso de una determinada cantidad de proteína en la ración menos proteína es fermentada en el rumen y por lo tanto-habiendo suficiente energía - las bacterias podrán aprovechar una fuente de nitrógeno fermentable para sintetizar la proteína.

La mezcla de melaza con urea que se acostumbra dar al ganado en muchas zonas tropicales donde se consigue melaza, es apropiada como complemento del pasto ya que la melaza aporta la energía y la urea el nitrógeno y los dos elementos para sintetizar proteína se encuentran a disposición de las bacterias.

La tabla contiene un rango amplio de valores de indegradabilidad de la proteína de la ración. El extremo inferior de la indegradabilidad de la ración-20 %- es posible encontrar en ganadería extensiva cuando el alimento es únicamente pasto. El extremo superior de indegradabilidad -50 %-no es común. Raciones convencionales contienen entre 30 y 35 % de proteína de sobrepaso.

#### Calidad de Proteína

Por el hecho de que la flora ruminal sintetiza los aminoácidos esenciales, no es necesario balancear los aminoácidos en la ración de los rumiantes y por lo tanto el concepto de calidad de proteína no es relevante en la nutrición de estos.

Los requerimientos de aminoácidos esenciales de los rumiante son iguales a los de los monogástricos, y no existen evidencias de que la suplementación de las raciones de los rumiantes con aminoácidos tenga algún beneficio en la producción.

Este es el estado de los conocimientos hasta hoy día a pesar de los numerosos trabajos que se han hecho al respecto.

### Composición de la proteína cruda

Parte de la proteína expresada en el término proteína cruda, no es proteína propiamente sino compuestos denominados Nitrogeno No Proteico- NNP .

Otra parte es proteína denominada real. Tiene las características químicas de la proteína . Los alimentos contienen proteína real y NNP en cantidades variables según el alimento. Generalmente la cantidad de NNP en los alimentos convencionales es reducida.

Los granos contienen cantidades ínfimas de NNP.

Los forrajes secos como los henos y pajas contienen cantidades pequeñas de NNP.

Los pastos verdes contienen mayor cantidad de NNP dependiendo ésta cantidad de las condiciones de crecimiento y en especial de la cantidad de nitrógeno en el suelo.

Los ensilajes tiene mayor contenido de NNP que los pastos verdes, ya que la materia prima para ellos es el forraje verde y en el proceso de fermentación las bacterias descomponen parte de la proteína y la transforman entre otros en amoníaco.

La pollinaza contiene bastante NNP proveniente del estiercol (ácido úrico creatinina y otros). Y aparte de ello si se la ensila -como es recomendado -parte de la proteína real se fermenta y descompone.

La urea es una fuente de nitrógeno en el que este se encuentra unicamente como NNP.

### Metabolismo de la proteína

Las bacterias ruminales no pueden utilizar la proteína del alimento tal como llega al rumen. El proceso de asimilación de la proteína incluye una primera etapa en la que la proteína -como la mayoría de los alimentos -debe ser descompuesta o degradada por intermedio de la fermentación.

La fermentación descompone la proteína en peptidos, aminoácidos y amoníaco. Las cantidades relativas generadas de estos productos depende del alimento.

Las bacterias que degradan los carbohidratos estructurales tienen requerimiento absoluto de amoníaco como materia prima para la síntesis de su biomasa.

Como éstas están presentes siempre en el rumen es

posible decir que el requerimiento de amoníaco en el rumen es imprescindible.

La proteína de todos los alimentos es descompuesta en uno u otro grado en el rumen y como consecuencia de ello en el rumen siempre hay abastecimiento de amoníaco.

#### Degradabilidad ruminal

La importancia de conocer la degradabilidad ruminal de los alimentos radica -tal como se mencionó anteriormente-en que la degradabilidad es el proceso por el cual se libera el amoníaco para la proliferación de las bacterias-aparte de la producción de los AGV-.

Conociendo el grado de degradabilidad ruminal de los alimentos permite conocer el grado de sobrepaso del mismo alimento, cuantificar la indegradabilidad de la proteína.

Ambos componentes :proteína degradable y proteína de sobrepaso son los componentes de la proteína disponible para el animal.

La proteína degradable que se convierte en proteína microbiana y la proteína de sobrepaso que llega al intestino y en su mayoría es absorbida allí.

En condiciones de bajo nivel de alimentación generalmente el nivel de proteína en la ración es bajo y la cantidad de amoníaco que está a disposición de las bacterias ruminales es baja también por lo que la producción de proteína bacteriana es baja. Asimismo la proteína de sobrepaso es muy reducida. En total la proteína disponible es poca.

En explotación intensiva, con alto nivel de alimentación, los requerimientos de nutrientes disponibles en general y de proteína disponible en particular son altos. El animal requiere -a nivel del intestino- de la máxima cantidad de proteína disponible. Para ello se requiere que llegue allí la máxima cantidad de proteína microbiana y alta cantidad de proteína de sobrepaso.

Ello significa :

- 1- Para las bacterias- suficiente fuente de producción de amoníaco, es decir de proteína degradable, (aparte de energía suficiente, péptidos y cofactores varios.

## 2- Proteína de sobrepaso suficiente.

La proteína microbial por sí sola no es suficiente para obtener altas producciones de leche.

Las cantidades y la relación apropiada entre proteína degradable y proteína de sobrepaso son importantes para la eficiencia máxima de una cantidad determinada de proteína en la ración.

Esta eficiencia se traduce en ahorro de proteína (para la obtención del mismo efecto se requiere una cantidad menor de proteína), o en mayor productividad (la misma cantidad de proteína -comparada con raciones en las que la relación de proteína degradable y proteína sobrepasante es menos apropiada- se manifiesta en mayor cantidad de proteína absorbible a nivel de intestino, lo cual se traduce en mayor productividad en el animal.

El conocimiento de la composición de la fracción de proteína en la ración en las dos categorías de proteína mencionadas y el cálculo de la producción prevista de masa bacterial en base a ello y otros factores mencionados más adelante, permite saber si falta NNP en la ración, en cuyo caso la inclusión de una fuente como urea será beneficiosa para la producción. O en caso opuesto, si hay exceso de proteína degradable y falta proteína sobrepasante permite corregir la composición de la fracción de proteína.

## Factores que Influyen en la Degradabilidad de los Alimentos

El grado de degradabilidad de los alimentos es variado y depende de características específicas de cada alimento.

Se usa el término tasa de degradabilidad para expresar el grado de degradabilidad de éstos.

El valor de degradabilidad depende de la composición química de los compuestos, de su solubilidad, de cambios que puedan haber sufrido como la caramelización o reacción de Maillard.

La degradabilidad de un mismo alimento puede variar dependiendo del resto de los ingredientes de la ración. Como casi siempre se dan raciones mixtas -en uno u otro grado- la variabilidad de la degradabilidad de los alimentos puede ser alta.

La tasa de pasaje (Kp) de la ración o del alimento es un factor importante que afecta la degradabilidad. Esta está en relación directa con el nivel de alimentación. De ahí que la proteína en las raciones de animales de alta producción tiene una degradabilidad más baja, por tener estos animales un nivel de alimentación más alto. Al pasar la proteína más rápido por el rumen, se reduce el tiempo en que actúan las bacterias sobre ella y su descomposición.

La influencia del nivel de alimentación sobre la aceleración de la tasa de pasaje del alimento, se reduce mucho cuando el consumo es mayor de 2 múltiplos del mantenimiento.

En la tabla 5.2 se presentan valores de degradabilidad en relación a nivel de alimentación.

tabla 5.2 Efecto del nivel de alimentación sobre la degradabilidad de la proteína de dos concentrados en novillos.

Concentrado	Nivel de Alim.	Degradabilidad
		Actual
Alta energía	M	0.79
	2M	0.75
Baja energía	M	0.88
	2M	0.76

Garnsworthy 1990. Feeds Evaluation Ed. Butterworths

M-Mantenimiento

De la tabla 5.2 se ve que la degradabilidad de los concentrados usados en ese trabajo varía entre 76 y 88 % es decir que la tasa de sobrepaso de ellos varía entre 24 y 12 %.

La merma en degradabilidad en este trabajo es tanto a nivel alto de energía como a bajo nivel.

### Degradabilidad y Digestibilidad

La degradabilidad del alimento es el primer paso conducente a la digestibilidad del mismo en el rumen.

Se consideran nutrientes de sobrepaso los que pasan el rumen sin ser degradados en él.

No todo nutriente que sobrepasa el rumen es decir que pasa por el rumen sin ser fermentado, es digerido en las partes siguientes del tracto digestivo.

El caso de proteínas recalentadas que sufrieron caramelización es típico: Son totalmente indigestibles, por ello no son fermentadas en el rumen y tampoco son digeridas en el abomaso o duodeno.

En los alimentos hay fracciones indigestibles de proteína que -al igual que en el ejemplo anterior- el organismo no puede aprovechar.

Esta proteína indigestible está ligada a la fracción de pared celular y se puede determinar en el sistema de análisis de Van Soest de Fibra Neutrodetergente y Acidodetergente. Esta fracción se la denomina Nitrógeno Insoluble Acido Detergente (NIAD). Como el nombre lo indica ésta fracción se encuentra como parte de la fibra acidodetergente que es la parte que no se disuelve en detergente ácido. La separación de esta fracción permite luego la determinación del nitrógeno contenido en ella.

### Tratamientos que Afectan la Degradabilidad de la Proteína

Gran parte de los alimentos que se usan en rumiantes son subproductos de industrias varias. En el proceso de obtención de estos subproductos se aplica calor, presión, tratamientos químicos, etc. Estos procesos afectan el grado de degradabilidad del alimento.

El tratamiento térmico disminuye la degradabilidad de la proteína. El grado de calor a aplicar es generalmente no muy alto.

En ciertos alimentos como la Soya, el calor destruye el factor antitripsico, aparte de disminuir la degradabilidad de la proteína de la Soya.

Aplicación excesiva de calor aminora la cantidad de proteína disponible por producir cambios en la estructura de la molécula.

Tratamientos de los alimentos concentrados como peletización, extrusión, rolado por vapor, son procesos que

usan calor suficiente para alterar la degradabilidad de la proteína de los alimentos tratados.

La merma de la degradabilidad de la proteína en los alimentos es vista como una forma de protección a la proteína. Este concepto se basa en que la mayor parte de las raciones contienen proteína degradable en demasía. Esto significa que las bacterias fermentan más proteína de la que requieren sin aumento de la eficiencia bacteriana es decir sin aumento de la biomasa microbiana. Por otro lado es probable que la proteína fermentada en exceso (y convertida a amoníaco que el animal no aprovecha) hace falta a nivel de duodeno para producciones más altas.

Segun el N.R.C. (1985), para la protección óptima de las proteínas probablemente se requiere más calor que el que se aplica en los procesos que se mencionaron anteriormente.

En el proceso de ensilaje se produce la descomposición de proteínas a amoníaco por las bacterias que producen la fermentación del forraje. El grado de fermentación (y el tiempo de fermentación) depende de la humedad del forraje a ensilar. Cuanta más humedad, mayor será el grado de fermentación, y mayor cantidad de NNP. Como consecuencia, la degradabilidad de la fracción de proteína es más alta en ensilajes, comparada con la de los henos.

En la tabla 5.3 aparecen los valores de degradabilidad de diferentes alimentos en base a la determinación en diferentes experimentos.

El número de experimentos en que se basan los datos es todavía reducido, pero estos números sirven como una base para cálculos más refinados del aporte de proteína de alimentos y raciones variadas. Este tema será tratado más adelante.

En la tabla podemos ver que la indegradabilidad de los alimentos varios varía entre 0.23 en ensilaje de alfalfa y 0.82 en harina de sangre. Esta y la harina de plumas son alimentos protéicos de origen animal y tienen una degradabilidad ruminal muy baja.

tabla 5.3 Proteína Indegradable Ruminal de  
Algunos Alimentos

Alimento	Número de Determinaciones	Indegradabilidad
1 Alfalfa deshidratada	8	0.59
2 Alfalfa heno	12	0.28
3 Alfalfa ensilaje	6	0.23
4 Cebada	16	0.27
5 Cebada ensilaje	1	0.27
6 Pulpa de Remolacha	4	0.45
7 Harina de Sangre	2	0.82
8 Trebol Rojo	3	0.31
9 Trebol Blanco	1	0.33
10 Torta de Coco	5	0.63
11 Torta de rapeseed	10	0.28
12 Afrecho de Cebada (de Cerveceria.Seco)	9	0.49
13 Avena	4	0.17
14 Torta de Palma	6	0.66
15 Torta de Mani(Cacahuate)	8	0.25
16 Granos de Destileria Secos	1	0.54
17 Ryegrass fresco	1	0.48
18 Pasto	4	0.40
19 Pasto Ensilaje	20	0.29
20 Torta de Lino	5	0.35
21 Harina de Yuca	1	0.36
22 Maiz Grano	11	0.52
23 Maiz Gr.Rolado Seco	6	0.60
24 Maiz Rolado a Vapor	1	0.68
25 Maíz rolado + 0% forraje	1	0.54
26 Maíz rolado + 21 % forraje	1	0.49
27 Maíz ensilaje	3	0.31
28 Maiz Gluten Seco	2	0.22
29 Maiz Gluten Humedo	1	0.26
30 Harina Gluten Maiz	3	0.55

Tabla 5.3 Proteína Indegradable Ruminal de Algunos Alimentos (Continuación)

Alimento	Número de Determinaciones	Indegradabilidad
29 Maiz Gluten Humedo	1	0.26
30 Harina Gluten Maiz	3	0.55
31 Sorgo Grano	2	0.54
32 Harina de Algodón	21	0.43
33 Harina de Algodon, solvente	6	0.41
34 Harina de Algodon, Extr.mecanica	2	0.50
35 Harina de Plumas Hidrolizada	1	0.71
36 Harina de Carne	1	0.76
37 Harina de Pescado	26	0.60
38 Torta de Soya	39	0.35
39 Torta de Soya Secada 120°C	1	0.59
40 Torta de Soya Secada 130°C	1	0.71
41 Torta de Soya Secada 140°C	1	0.82
42 Torta de Girasol	9	0.26
43 Trigo Afrecho Salvado	4	0.29

Abreviado de NRC 1989 Requerimientos de Nutrientes de Ganado Lechero

La cantidad de proteína en la ración y la degradabilidad de la proteína son los dos factores principales que influyen en la cantidad de amoníaco presente en el rumen para las bacterias.

Si la mayor parte de la proteína en la ración es de baja degradabilidad la cantidad de amoníaco en el rumen puede ser demasiado baja para la proliferación óptima de las bacterias (suponiendo que el resto de los factores no sea limitante).

Sin embargo la razón principal de falta de amoníaco

en el rumen se debe a raciones con baja cantidad de proteína. Esto sucede a menudo en la ganadería extensiva a base de pastos en la época seca.

### Evaluación de la Proteína Cruda

La evaluación de proteína debe permitir cuantificar su aporte real al rumiante y en esa forma ajustar la proteína en la ración de tal modo que no falte ni sobre proteína, y que haya la relación correcta entre proteína degradable y proteína de sobrepaso.

### Proteína Digestible y Proteína Cruda.

El concepto de digestibilidad, basado en las pruebas de digestibilidad que son relativamente sencillas, fué de los primeros conceptos de evaluación de nutrientes y entre ellos la proteína.

Durante muchos años, se evaluaron los requerimientos de los rumiantes y el aporte de los alimentos en cantidad de proteína digestible.

En las tablas de alimentos figuraban el contenido de estos en proteína digestible.

En la edición de los Requerimientos de Vacas Lecheras publicada en el año 1978 del N.R.C. americano, se abandonó el sistema de proteína digestible y se expresaron los requerimientos en cantidades de proteína cruda.

La razón de ello es que la digestibilidad de la proteína depende de la digestibilidad de la ración en que esa proteína se encuentra. A su vez, la digestibilidad de la ración depende -entre otros- del porcentaje de proteína que contiene.

Por lo tanto, -por ejemplo- una torta de soya cuya digestibilidad podría ser de 80 %, incluida en una ración que contiene 8% de proteína cruda, su digestibilidad será mucho menor por la influencia de la digestibilidad total de la ración en la digestibilidad de cada uno de sus componentes.

No pasó despercebido de los autores del N.R.C. que la expresión del valor de la proteína en forma de proteína cruda deja bastante que desear por el hecho de que ésta pasa muchas transformaciones en el tracto digestivo: cambia de composición química, aumenta o disminuye en cantidad, dependiendo del balanceo de la

ración, etc. Pero, por las razones mencionadas en el párrafo anterior el uso de parámetro de Proteína Cruda Total no es menos exacto que el de Proteína Cruda Digestible y mas fácil de determinar.

#### Parámetros de Evaluación del aporte de la Proteína

El aporte de la proteína se mide en la cantidad de proteína absorbida a nivel del duodeno de una cantidad determinada ingerida en el alimento.

Esta proteína es la proteína disponible, que fué denominada proteína metabolizable (Borroughs 1975) por el hecho de que la proteína absorbida es la que participa en el metabolismo del organismo, al igual que la energía metabolizable es la parte de la energía absorbida a nivel del duodeno que participa también en el metabolismo.

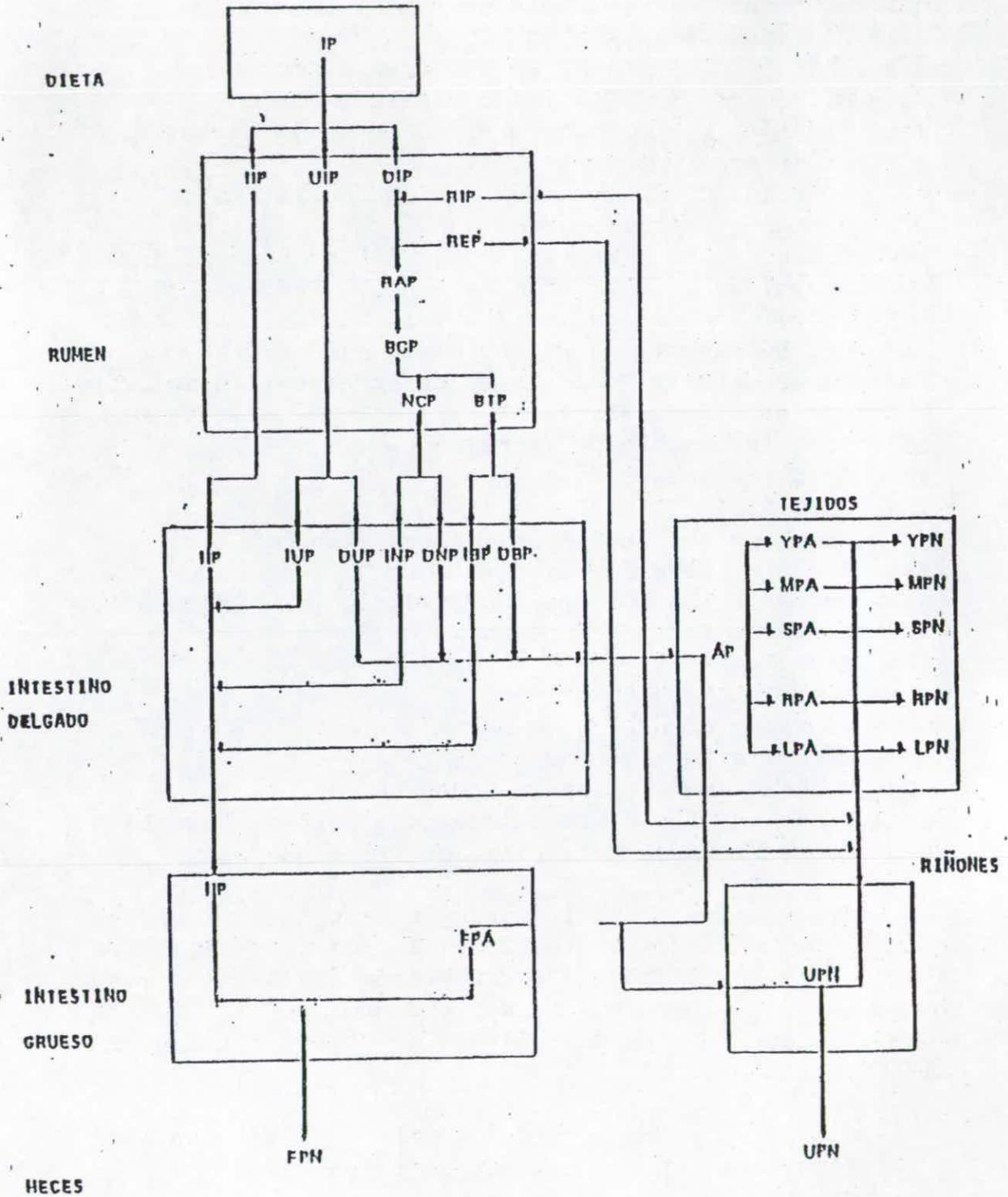
#### Sistemas Actuales de Evaluación de Proteína

Los sistemas modernos de evaluación de proteína toman en cuenta la calidad de la proteína en los alimentos y todos los procesos de metabolismo de la proteína en el aparato digestivo hasta su absorción. Esto por un lado permite determinar el aporte de la ración en proteína absorbible a nivel del intestino delgado, y la cantidad de proteína de sobrepaso que se requiere.

Por otro lado, están los requerimientos del animal según su edad, peso, estado productivo, etc.

En la figura 5.4 figura un esquema del flujo de Nitrógeno en el tracto digestivo del rumiante y cada uno de los cambios que sufre la proteína hasta ser aprovechada. Asimismo se expresa a continuación las eficiencias de cada uno de esos cambios. El conocimiento de esas eficiencias es necesario para calcular la proteína disponible al organismo a partir de la proteína ingerida.

Figura 5.4 Esquema del flujo de nitrógeno en el rumiante. Ver explicación de las abreviaturas a continuación.



Abreviaturas usadas en la figura 5.4

- IP- Proteína Ingerida en alimento.
- IIP- Proteína Ingerida Indigestible(ligada a lignina).
- UIP- Proteína No Degradable(en rumen).
- DIP- Proteína Ingerida Degradable.
- RIP- Influjo de Proteína Cruda (Urea o Amoníaco).
- REP- Eflujo de Proteína Cruda(Urea O Amoníaco).
- RAP- Proteína Disponible en el Rumen (para bacterias).
- BCP- Proteína Cruda Bacterial.
- NCP- Proteína Cruda Nucleica (ácidos Nucleicos).
- BTP- Proteína Bacterial Real.
- IUP- Proteína Indegradable Indigestible(en Intestino).
- DUP- Proteína Indegradable Digestible(en Intestino).
- INP- Proteína Nucleica Indigestible.
- DNP- Proteína Nucleica Digestible.
- IBP- Proteína Real Bacterial(y de Protozoa) Indigestible.
- DBP- Proteína Real Bacterial " " Digestible.
- AP- Proteína Absorbida (a tejidos).
- YPA- Proteína absorbida a feto.
- YPN- Proteína Neta de Feto.
- MPA- Proteína absorbida para Mantenimiento.
- MPN- Proteína Neta de Mantenimiento.
- SPA- Proteína absorbida a Superficie(pelo y esacamas).
- SPN- Proteína Neta de Superficie
- RPA- Proteína Absorbida Y Retenida.
- RPN- Proteína Neta Retenida
- LPA- Proteína absorbida de Lactancia.
- LPN- Proteína Neta de Lactancia
- UPN- Proteína Neta Urinaria Endogena
- FPA- Proteína Fecal Metabólica en Proteína absorbida
- FPN- Proteína Fecal Metabólica en Proteína Neta

La finalidad es que la ración aporte la cantidad de proteína necesaria para los determinados requerimientos de acuerdo al peso del animal, su estado fisiológico y su producción por lo que en el proceso de cálculo de proteína -como en el de cálculo de otros nutrientes- existen 2 etapas :

- 1-cálculo de los requerimientos del animal.
- 2-cálculo del aporte real de proteína del alimento.

Tal como se mencionó anteriormente la medida del aporte real de proteína en alimento es en la cantidad

de proteína absorbible que el alimento produce. Por lo tanto se presentan a continuación los datos necesarios para calcular la proteína absorbible .

Factores que influyen en el aporte de proteína absorbible de los alimentos y coeficientes de los procesos metabólicos involucrados

I) En Alimento -Ración

A-Cantidad de la proteína cruda.

B-Cantidad de proteína indigestible. Es proteína que pasará el tracto digestivo sin ser digerida ni absorbida y aparecerá en las heces tal cual entró. En el sistema de análisis por detergentes (análisis de Van Soest) se expresa ésta fracción como la proteína insoluble en detergente ácido. Se encuentra allí junto con la lignina o lignocelulosa. En el sistema de análisis de Weende o análisis proximal no es posible determinar ésta fracción.

C-Cantidad de proteína indegradable ( proteína de sobrepaso) que no será degradada en el rumen pero que lo será en el abomaso e intestino delgado y será absorbida allí.

La determinación de ésta fracción en el alimento se puede hacer en varias formas.

\* Por prueba de solubilidad en solventes varios. Suponiendo que la proteína soluble es la proteína degradable, por sustracción a la unidad, la restante es proteína indegradable . Usando solventes diferentes se puede determinar las fracciones de la proteína de diferente velocidad de degradación.

\* Por desaparición de la proteína de bolsitas de dacron incubadas en el rumen de animales fistulados. (digestibilidad in situ in sacco ). La fracción desaparecida es la proteína degradable y de allí se calcula la proteína indegradable. Este es el sistema más difundido.

En la tabla 5.3 figuran valores que se pueden usar.

## II) En Rumen

D-Digestibilidad de la materia orgánica (MO).

Se calcula que es del orden de 65 % .

E-Proporción de la materia orgánica fermentable de la materia orgánica digestible.No toda la MO digerida en el rumen es fermentada. Solo la MO fermentada es la que aporta energía (ATP) para la producción de biomasa microbial.Esta es proporcional a la cantidad de energía fermentable en el rumen. Se considera el NDT de la ración como equivalente a la materia orgánica fermentable.

G-Determinación de eficiencia de producción de proteína microbial en base a la materia orgánica fermentable (Cantidad de proteína bacterial por unidad de materia orgánica fermentable.)

En el sistema de proteína del NRC 1985 se calcula la cantidad de proteína microbial en base a los Kgs. de NDT de la ración según una ecuación de regresión.Esta ecuación toma en cuenta la digestibilidad y la fermentabilidad de la ración.Se opta por el NDT por el hecho de que existen muchos datos experimentales del valor del NDT de alimentos y raciones .Para una vaca de 600 kgs. que produce 30 kgs. de leche/día y que consume 13.33. kgs. de NDT el NRC considera una producción de 161 grs. de proteína microbial por kg.de NDT.

La ecuación mencionada permite calcular la proteína microbial para diferentes datos de peso y producción.Ver mas adelante.

H-Amoníaco reciclado al rumen.Este es producido en el hígado y es reciclado al rumen.

Este amoníaco reciclado permite ahorrar proteína en la ración. Depende de la proteína en la ración pero en raciones para ganado lechero se considera que esa fracción aporta 15 % del total de la proteína que requiere el animal. En condiciones extremas de alimentación en animales que comen pasto seco,de bajo contenido protéico el amoníaco reciclado es la fuente más

importante de nitrógeno para las bacterias ruminales.

### III) En Abomaso e Intestino

I-Proporción de la proteína microbial real de la proteína cruda microbial. Se considera 80 %.

Parte de ésta son compuestos nitrogenados como los ácidos nucleicos que no aportan aminoácidos y no son considerados proteína real.

J-Proporción de proteína real digestible microbial de la proteína real microbial. Se considera 90 %.

Parte de la proteína real microbial no es digerida y absorbida en el intestino delgado.

K-Proporción de ácidos nucleicos en la proteína cruda bacterial. Estos cumplen funciones en el organismo pero no son aprovechados en la misma medida que la proteína real. Se considera que contienen 20%.

L-Proporción de proteína nucleica digestible de la proteína cruda nucleica.

M-Proporción de la proteína digestible indegradable de la proteína indegradable consumida en la dieta.

No toda la proteína que no es degradada en el rumen, es digestible. Se considera 80%

N-Proteína fecal metabólica PFM. En los rumiantes ésta fracción está compuesta mayormente de proteína microbial sintetizada en el intestino grueso o la parte producida en el rumen que es indigestible. Se considera que es proporcional a la cantidad de materia orgánica indigestible en la materia seca total ingerida. El NRC considera 90 grs. de PFM por Kg. de materia orgánica indigestible.

#### En Resumen:

Los factores y procesos mencionados en los párrafos A a N son los que influyen en la cantidad de proteína microbial absorbible .

La cuantificación de todos estos permite calcular este párametro.

Conociendo los requerimientos totales de proteína cruda y restando la proteína bacterial absorbible (PBA) calculada se obtienen las necesidades de proteína de sobrepaso PS de la ración.

El factor más importantes obviamente es la dieta. Las características de la dieta: la energía en la dieta y sus

características como digestibilidad y fermentabilidad. La proteína cruda y sus características como la cantidad de proteína degradable e indigestible en ella. Estas influyen en la proliferación de las bacterias y en la producción de masa microbiana.

Los factores siguientes son la composición de la proteína microbiana, que es bastante constante, digestibilidad en el intestino y eficiencias de utilización y conversión de la proteína absorbida a las diferentes funciones del organismo como mantenimiento y producción.

Este es el marco de los factores involucrados en la cantidad de proteína disponible o metabolizable. Esta forma de cálculo del aporte de proteína de las raciones fué desarrollada en diversos países.

Hay discrepancias en algunos de los valores numéricos de los datos pero el marco de todos los sistemas es el mismo, basado en los procesos en el tracto digestivo.

La ventaja de este modelo de evaluación es que está diseñado en un marco que toma en cuenta los diferentes procesos en el tracto digestivo y por lo tanto, sienta las bases o el esqueleto del sistema que es llenado hoy día con la información existente y en el futuro con la acumulación de más datos, se podrán sustituir los datos existentes por los nuevos y así llegar a cálculos más exactos.

### Requerimiento de Proteína

Según la misma lógica del sistema también el cálculo de requerimientos se hace detallando los requerimientos para las diferentes funciones y las eficiencias de uso de la proteína para cada función.

#### Mantenimiento

A-Proteína metabólica fecal. La proteína que aparece en las heces, proviene de 2 fuentes: la fracción de proteína indigestible que atraviesa el tracto digestivo del animal sin ser modificada ni absorbida. Se la denomina Proteína Indigestible Dietaria (PID), y parte de la proteína absorbida en el intestino que en el metabolismo del organismo no es aprovechada en su totalidad y una parte (pequeña) es excretada al intestino grueso y llega a las heces. Se denomina

Proteína Fecal Metabólica (PFM) y se lo calcula como factor que depende de la fracción de proteína indigestible en la materia seca consumida por día. Ambas forman la proteína fecal (PF)

$$PF=PID+PFM$$

Se considera 90 grs. de PFM por kg de materia orgánica indigestible.

B-Proteína urinaria endógena (PEU) .Proviene de la transformación de la proteína absorbida a la proteína de los diferentes productos en el organismo.

En los procesos la proteína no es usada con eficiencia absoluta de 100% y por lo tanto parte de ella se desperdicia.

En el cálculo de los requerimientos se debe tomar en cuenta este desperdicio.

Se lo calcula como un factor que depende del peso vivo de animal elevado a la 0.75 potencia.

C-Proteína de superficie (PS) .El NRC 1985 usa este término para definir la proteína que se pierde (y que la ración debe aportar) en forma de escamas de la piel y en forma de pelo que se pierde. Este depende también del peso vivo del animal.

La suma de A+B+C es el requerimiento de Proteína Neta para mantenimiento. Para calcular la proteína absorbible se especifica:

- un valor de la eficiencia de la proteína absorbida para convertirla a proteína neta.
- usando ese factor se calcula la cantidad de proteína absorbible para el mantenimiento del animal, de acuerdo a su peso.

## Producción

### I) Lactancia

La proteína para producción de leche expresada en proteína absorbible es la cantidad de proteína en la leche que se denomina proteína neta ,dividida por el factor de eficiencia de uso de la proteína absorbible para la producción de leche.

### II) Concepción (feto).

Depende del peso del feto. Aquí al igual que en el cálculo anterior se determina la proteína neta en el feto y se divide por el coeficiente de eficiencia de la

proteína absorbible.

### III) Cambio de Peso Vivo de la Vaca en Lactancia y Animales Jovenes en Crecimiento

El mismo cálculo se usa para cambio de peso de la vaca durante la lactancia, y para crecimiento de los animales jovenes.

#### DATOS Y EJEMPLO DE CALCULO

A continuación figuran los datos concernientes a la vaca para la cual queremos calcular la ración. En éste caso la proteína absorbible.

La proteína absorbible total está compuesta por la proteína microbial y la proteína de sobrepaso.

Debido a que la producción de proteína microbial es influida por la energía en la ración, el primer paso en el calculo de proteína absorbible es calcular:

- 1-materia seca total consumida. (figura en las tablas y es de acuerdo al peso vivo del animal y su producción.
- 2-energía en la ración. (también de las tablas de requerimientos). Se expresan en Nutrientes Digestibles Totales.
- 3-Calculo de digestibilidad real de la ración, en base a la cantidad de materia seca que requiere el animal expresada en múltiplos de mantenimiento. a los efectos de este cálculo, los requerimientos de mantenimiento (expresados en materia seca) forman la unidad. Los requerimientos totales-en materia seca -se expresan-tal como fué mencionado-en múltiplos de mantenimiento.

#### A) Ejemplo

Vaca de peso vivo 600 kgs.

Producción 30 kgs. de leche /dia.

Grasa en la leche 3.5 %

No gestante

Peso Constante.No pierde ni gana peso.

B) Requerimientos:

I) Mantenimiento

(PEU+PS)/0.67 (Proteína endogena Urinaria+  
Proteína Superficial)

$$\begin{aligned} \text{a. SP} &= 0.2 \text{ PV}^{0.6} = (9.3) \text{ grs.} \\ \text{b. PEU} &= 2.75 \text{ PV}^{0.5} = (67.4) \text{ grs.} \\ \text{c. (PEU+PS)/0.67} &= \boxed{115} \text{ grs.} \end{aligned}$$

II) Proteína metabólica fecal (PMF)  
( 9% de mat. org. indigest.)

PMF=90\* mat. org. indigestible (MOI)

a. cálculo de NDT basal total (NDTBT).

este es la suma de NDT para mant.

y NDT para producción leche

NDTBT=NDTM+NDTL

$$\text{NDTM} = 0.0352 \text{ PV}^{0.75} = (4.27) \text{ kgs.}$$

NDTL=los kg.de NDT para kg de leche \*cant.leche

$$\text{NDTL} = 0.302 * 30 = (9.06) \text{ kgs}$$

$$\text{Total NDT basal } 4.27 + 9.06 = (13.33) \text{ kgs}$$

b. NDT corregido por depresión de  
digestibilidad. (Ver el capítulo sobre Energía)  
Segun las tablas de requerimientos  
de materia seca, la vaca requiere 2  
multiplos de mantenimiento.

Se descuenta 4 % del NDT por cada múltiplo de  
mantenimiento. 2 múltiplos=8 % por lo cual la NDTB  
se multiplica por 0.92 para obtener el valor  
energético corregido según nivel de alimentación.

$$\text{NDTB} * 0.92 = 13.33 * 0.92 = (12.26) \text{ kgs}$$

c. Materia seca

NDT basal dividido por la  
concentración de NDT por kg. de  
M. Seca que estipula el NRC para  
ese Peso Vivo y esa producción

NDTB/NRC NDTB MS

$$13.33 / 0.75 = (17.77) \text{ kgs}$$

d. NDT corregido por kg (de acuerdo a la depresión de digestibilidad)  
NDTB/M.S. =  $12.26/17.77 = 0.69$   
vale decir que la digestibilidad real es de 69 %, por lo tanto la parte indigestible es de 31 %.

e. Materia seca indigestible  
 $M.S. (1 - 0.69) = 0.31$   
 $17.77 * 0.31 = 5.5087$  (5.51) kgs.

f.  $PMF = 0.09 * 5.51 =$  496 grs.

### III) Producción de leche

a. Proteína en la leche  $30 * 0.033 = 990$  grs.

b. Proteína neta para producir 30 kgs.  
La eficiencia de la proteína absorbida para producir la proteína leche es de 65 % . Por lo tanto

$990 / 0.65 =$  1523 grs.

Requerimientos totales de proteína absorbible

1523 + 115 + 496 = 2134 grs.

Cálculo de aporte de proteína absorbible de una ración de acuerdo a parámetros nutritivos que influyen en la producción de ésta.

Una vez que están calculados los requerimientos (en proteína absorbible), procedemos a calcular la producción de proteína absorbible de la dieta.

C) Producción de proteína bacteriana PCB

Suponiendo que la dieta contiene más de 40 % de

forraje.

El cálculo basado en la ecuación para bovinos de leche es

$$6.25(-31.86+26.12*13.33) = 1977 \text{ grs Prot. Bacter.}$$

13.33 son los kg de NTD ajustados a nivel basal.  
31.86 y 26.12 son los componentes de la ecuación de regresión elegida por el NRC 85 para calcular la producción de nitrógeno bacterial en base a consumo de NDT.

La multiplicación por 6.25 da la cantidad de proteína.

- D) Proteína real bacterial  
 $PCB*0.80 = 1977*0.8 = 1581 \text{ grs.}$
- E) Proteína ruminal disponible PRD  
 $PRD=1977\div 0.90 = 2196 \text{ grs.}$
- F) Proteína real bacterial digerida PRBD  
 $PCB*0.80=1581*0.80= 1265 \text{ grs.}$
- G) Consumo de Proteína Indegradable Digerida PID  
 $PID=PA-PID=2134-1265= 869 \text{ grs.}$   
PA= proteína absorbible
- H) Consumo de Proteína Cruda Indegradable CPCI  
 $CPCI=PID\div 0.80= 869\div 0.80= 1086 \text{ grs.}$
- I) Flujo de Proteína real a intestino delgado FPRI  
 $FPRI=PCI+PCB=1581+1086= 2667 \text{ grs.}$
- J) Proteína Cruda Consumida PCO  
Usar 15 % de la PC como N reciclado  
 $PCO=(PRD+CPCI)\div 1.15 = (2196+1086)\div 1.15= 2854 \text{ grs.}$
- K) Proteína en Materia Seca de dieta PCOMS  
 $PCOMS=(PCO/MS)*100= 16.12 \%$
- L) Proteína Indegradable requerida en la dieta DPI(en %)de PCO  
 $1086/2854=0.3805 = 38.05 \%$
- M) Proteína degradable requerida en la dieta (en %)  
 $(2854-1086)/2854=0.6195 61.95 \%$

En la edición de 1988 del NRC de los E.E.U.U. sobre requerimientos de nutrientes del ganado lechero, y en base a los nuevos sistemas de cálculo de requerimientos de proteína, publicados en la década de los años 80, aparecen además de los requerimientos de proteína cruda- por primera vez en esa publicación los requerimientos de proteína degradable e indegradable en las raciones de acuerdo a la producción de los animales, el peso y las concentraciones y cantidades de energía recomendadas según cada nivel de producción. Es de mencionar que la suma de los requerimientos de proteína degradable y proteína indegradable- que son los requerimientos totales de proteína expresada en esa forma, da una cantidad menor que los requerimientos en proteína cruda en cada grupo de animales según producción. Esto se debe a que el cálculo de requerimientos expresados en proteína degradable e indegradable, permite ahorrar cierta cantidad de proteína o en otros términos, la expresión de los requerimientos en proteína cruda incluye un cierto margen de seguridad.

## FIBRA Y FORRAJE

En los rumiantes la fibra es esencial en su alimentación a pesar de que la fibra no está incluida entre los nutrientes como la energía, proteína, etc.

Esta característica de esencialidad de la fibra esta relacionada con las características del aparato digestivo de los rumiantes .Más específicamente con la actividad del rumen.

El concepto de fibra es ambivalente: por un lado el contenido de fibra de los alimentos está en relación inversa a su valor energético. Por otro lado la fibra es esencial para el funcionamiento normal del rumen y aporta energía.

La fracción del alimento llamada fibra contiene diferentes compuestos. Consiste en su mayor parte de carbohidratos complejos varios.

La determinación clásica de la fibra-y de los nutrientes en los alimentos en general- es la del análisis de Weende o análisis proximal, en el cual la parte insoluble que queda después de tratado el alimento con ácido y base de alta reactividad es considerada como fibra cruda o bruta.

Este análisis corroboraba en la época en que se introdujo, la experiencia -intuitiva en parte- de que en los alimentos había una parte insoluble que guardaba relación inversa al valor nutritivo del alimento tal como se manifestaba en la producción de los animales que lo ingerían .

Este sistema de análisis tiene varios defectos y es bastante impreciso en la determinación cuantitativa de la fibra

El parámetro de fibra cruda ,determinado por este análisis subestima a la misma, ya que parte de los componentes de la fracción fibra como la hemicelulosa, la celulosa y la lignina se destruye en las digestiones ácida y alcalina. Por ello, parte de ella queda incluida (por

cálculo) en la fracción de Extracto Libre de Nitrogeno En muchos alimentos la fracción de fibra cruda- determinada por el análisis proximal-es más digestible que la fracción de Extracto Libre de Nitrogeno (ELN), lo que no debía ser ya que se supone que ésta contiene carbohidratos de mayor digestibilidad.

El contenido de fibra de los alimentos está en relación inversa al consumo voluntario máximo de ellos, ya que alimentos con más fibra son más voluminosos y por lo tanto ocupan mayor volumen en el rumen . Como consecuencia su consumo es menor.

El parámetro de fibra cruda determinado por el metodo de Weende no predice con mucha exactitud el consumo de los alimentos.

Debido a los defectos del sistema de análisis de Wendee se buscaba un sistema de análisis más exacto. El sistema de análisis por detergentes (neutro y ácido) propuesto por Van Soest es el sistema que está reemplazando al sistema de Weende.

El sistema de Weende tiene un enfoque químico. Determina compuestos químicos definidos en el alimento. El sistema de Van Soest está enfocado a la constitución anatómica de la planta.

Los alimentos de los rumiantes son en su abrumadora mayoría material vegetal, sean forrajes o granos varios.

El material vegetal está compuesto por tejidos que a su vez están formados por celulas vegetales . La característica de la celula vegetal -comparada con la celula animal- es la presencia de una pared celular que es generalmente de espesor considerable y que está compuesta mayormente por celulosa y lignina en diferentes proporciones. La parte complementaria de la célula vegetal es la vacuola que contiene compuestos solubles .

Aparte de la lignina y celulosa en la pared celular se encuentran también otros compuestos como la hemicelulosa que es de mayor digestibilidad que la fibra lignificada.

La pared celular es de digestibilidad variable pero siempre es menos digestible que otras partes de la célula.

En la vacuola se encuentran disueltos compuestos varios: azúcares, almidón, proteínas, compuestos de Nitrógeno No Proteico (NNP) y otros cuya digestibilidad es muy alta y prácticamente total -alrededor de 98 %.

El análisis detergente separa la pared celular del resto de los componentes del alimento por intermedio de compuesto detergente neutro que se aplica al alimento. La

gran mayoría de los componentes de la pared celular-la lignocelulosa y la hemicelulosa- no se disuelven en el detergente neutro. Los compuestos que se encuentran en la vacuola se disuelven, y así se separa la pared celular del resto.

El porcentaje de pared celular del forraje (que se denomina Fibra Neutrodetergente, y abreviado FND) determina el volumen que el forraje ocupará en el tracto digestivo del ganado lechero.

El contenido de pared celular de los alimentos tiene una correlación negativa alta con el consumo voluntario de estos. Esto permite usar el dato de contenido de pared celular para predecir el consumo voluntario de los forrajes.

La fracción de pared celular contiene componentes varios: El análisis detergente permite determinar también la parte menos digestible de la pared celular, separando la hemicelulosa de la lignocelulosa, que es la parte menos digestible de la planta.

Después de separada la pared celular del resto de los componentes se aplica sobre ésta detergente ácido. La parte que se disuelve en detergente ácido es la hemicelulosa. La parte insoluble es la lignocelulosa. Esta fracción insoluble se denomina fibra detergente ácida (FDA).

La fracción FDA guarda la correlación más alta con la digestibilidad del alimento in vivo. La fracción FDN guarda una correlación un poco más baja con la digestibilidad.

En la tabla 6.1 figura una comparación de las diferentes fracciones determinadas en los análisis proximal y de detergente, y su grado de digestibilidad.

tabla 6.1 Características Nutritivas Y Distribución de Componentes de Forraje en Análisis Proximal y Análisis de Van Soest (Análisis Detergente).

Componente de Forraje	Fracción Análisis Proximal	Fracción Análisis Van Soest	Digestibilidad Verdadera
Azúcares, Almidón, Carbohidratos Sol. Pectinas	NFE	Contenido Celular (SDN) *	Completa
Proteína, NNP.	Proteína Cruda (SDN) *	Contenido Celular	Alta
Grasas , Pigmentos.	Extracto Etéreo	Contenido Celular (SDN) *	Alta
Minerales , Impurezas Solubles	Cenizas	Contenido Celular (SDN) *	Variable
Minerales , Impurezas Insolubles (incluyendo (silicio)	Cenizas	Divididas	Variable
Hemicelulosa	NFE	Pared celular FND **	Variable
Celulosa	Fibra Cruda	Pared Celular FND y FAD ***	Variable
Lignina	Fibra Cruda y NFE	Pared Celular FND y FAD	Indigestible
Proteína Dañada Por Calor	Proteína Cruda	FAD	Indigestible

(\*) Solubles en Detergente Neutral

(\*\*) Fibra Neutrodetergente

(\*\*\*) Fibra Acidodetergente

## DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA

La digestibilidad de la pared celular (FND) es muy variable. El rango varía entre 40 y 86 %, dependiendo de la relación de los diferentes componentes de la fracción. La cantidad de lignina en la pared celular es el factor más importante que determina la digestibilidad de esta. La digestibilidad varía considerablemente en la misma planta en etapas de su desarrollo y varía entre diferentes especies.

A mayor cantidad de fibra -en la misma especie- la digestibilidad de la fibra será menor por estar generalmente más lignificada.

Comparando entre diferentes especies de forraje, el valor nutritivo de las leguminosas generalmente es mayor que el de las gramíneas a pesar de que la digestibilidad de la fracción de la fibra de las primeras es menor que el de las segundas, (contienen mayor cantidad de lignina). El mayor valor nutritivo de las leguminosas se debe a que éstas contienen menos pared celular que las gramíneas, (aparte de contener menos silicio).

## FUNCION DE LA FIBRA EN EL RUMEN

### 1- Volumen de la ración.

La fibra está relacionada con el volumen del alimento o ración. El volumen de la ración produce la distensión del rumen que es imprescindible para la peristáltica normal de este.

### 2- Rumia de la ración.

La rumia esá relacionada con las características de la alimentación específica de los rumiantes .Es imprescindible para asegurar el aprovechamiento de los nutrientes en la ración. Asegura la desmenuzación de los alimentos forrajeros para su mejor aprovechamiento. Esta desmenuzación permite aumentar la disponibilidad de los nutrientes.

En los forrajes parte de los nutrientes más digestibles en la fracción de la fibra cruda se encuentran "protegidos" o encapsulados por la lignina. Por intermedio de la rumia se desmenuza la lignocelulosa y así se exponen los nutrientes a la posterior actividad de las enzimas digestivas de la microflora ruminal .

La rumia aumenta la superficie específica de la fibra lo que permitirá mayor colonización de bacterias sobre la fibra y como consecuencia mayor descomposición de ésta. El grado de rumia depende de las características físicas del forraje y ración. Se encuentra en relación directa con la producción de saliva. La salivación aporta al rumen las sustancias buffer -especialmente el Bicarbonato de Sodio- que evita el descenso del pH del rumen con las consecuencias negativas de ello. Cuanto mayor es la proporción de forraje en la ración, mayor será el grado de rumia y mayor la producción de saliva. Como consecuencia, mayor capacidad buffer en el rumen y pH relativamente más elevado, y por ello mayor actividad celulolítica. En raciones con alta cantidad de forraje la producción de ácidos es menor que en raciones mixtas de alta cantidad de concentrados, mientras que la capacidad buffer del líquido ruminal es mayor por la producción mayor de saliva.

### 3- Relación Apropriada de Acidos Grasos Volátiles en el Rumen .

La fermentación de la fibra en el rumen produce ácidos grasos volátiles de los cuales el ácido acético se encuentra en proporción mayor que en la fermentación de los alimentos que no son forrajes.

En raciones de alto contenido de concentrados, y por consecuencia, de baja proporción de forraje, la relación de ácidos grasos es de relativamente menos ácido acético y más ácido propiónico.

La eficiencia de la producción de leche depende de la relación de ácidos grasos producidos en el rumen. La producción de mayor proporción de ácido acético-hasta cierto grado- está relacionada con mayor eficiencia de la producción de leche. Esto significa que una mayor proporción de la energía del alimento es dirigida a la producción de energía en la leche. La parte restante de la energía en el alimento es dirigida a incremento de peso. En raciones con poco forraje y alta proporción de concentrado la producción de leche puede ser alta, pero con baja cantidad de grasa. Como consecuencia la eficiencia de uso de la energía para la producción de leche es menor.

## INFLUENCIA DEL FORRAJE EN LA RACION

A pesar de que el forraje en las raciones de vacas de alta producción constituye menos de la mitad de la materia seca de la ración su influencia sobre la producción es mayor que la del concentrado. Con mayor frecuencia, cambios de forraje en la ración influyen en forma más considerable en la producción que cambios en el concentrado. Esto se debe a una combinación de factores. El forraje tiene una profunda influencia sobre la fisiología del rumen. Esta influencia consiste en :

- 1-La rumia y salivación, que prepara la fibra para su aprovechamiento por la flora ruminal.
- 2-La formación de un "colchón" (mat), es decir una capa flotante de residuos de forraje tosco en el rumen, que funciona como un sistema de filtrado y evita un pasaje demasiado rápido de partículas de tamaño pequeño. Estas partículas-por su tamaño pequeño pueden pasar relativamente rápido por el rumen y llegar al libro sin que la fibra que contienen haya sido digerida. Las bacterias celulolíticas demoran entre 50 y 70 horas en digerir la fibra. El pasaje de las partículas es mucho más rápido. El "mat" atrapa las partículas de forraje tosco y así demora su pasaje por el rumen dando tiempo a las bacterias para digerir la fibra. El resultado final es de que en raciones que producen un "mat" más desarrollado la digestibilidad de la fibra será más alta.

La proporción de forraje en la ración también influye en el desarrollo del "mat". Los forrajes de fibra larga y los forrajes secos, producen un "mat" más desarrollado. Los forrajes húmedos y picados como los ensilajes son menos efectivos en ese sentido. Las pasturas verdes tampoco lo son.

- 3-La proliferación de la flora ruminal. La calidad del forraje influye en la proliferación de ésta. Esta influye en la digestibilidad de la ración y en la cantidad de nutrientes de origen microbial que llegan al duodeno.

- 4-El patrón de fermentación. La influencia del forraje es considerable en el porcentaje de grasa en la leche.

- 5-Abastecimiento de energía en la ración. A pesar de que la función principal del forraje es la de permitir el funcionamiento normal del rumen de los rumiantes, el forraje es también una fuente importante de energía. La fibra aporta energía por intermedio de los AGV que se

producen en su fermentación. Este factor es importante a cualquier nivel de producción pero es fundamental para vacas de alta producción por los altos requerimientos de energía que tienen por un lado, y por otro lado la importancia que tiene para la salud del animal la inclusión de cantidad apreciable de forraje en la ración.

La única forma de satisfacer la combinación de ambos parámetros: alta cantidad relativa de forraje y alta cantidad de energía es incluyendo forraje de alta calidad en la ración.

Citando a Van Soest : "Rumiantes en general y ganado vacuno lechero en particular requieren de fibra insoluble tosca adecuada para el funcionamiento normal del rumen y mantenimiento de porcentaje normal de grasa en la leche."

El funcionamiento normal del rumen influye en diferentes aspectos fisiológicos del animal, y en su salud. Estos en su conjunto tienen influencia profunda en la rentabilidad de la explotación.

#### Calidad y Cantidad de Forraje en la Ración

El problema de calidad de forraje es tal vez la limitante más importante para la producción a nivel mundial.

A nivel mundial la mejora de la calidad del forraje es el reto mayor para elevar la producción de la ganadería. Esto significa que el reto es disminuir la cantidad de fibra en el forraje, lo que mejorará su calidad.

Por otro lado en vacas de alta producción, aumenta el riesgo de problemas digestivos por el hecho de que la ración requiere de la inclusión de más alimentos concentrados y por consecuencia la cantidad de forraje es más reducida. En este caso el reto es asegurar que la cantidad de fibra en la ración no baje del mínimo necesario para asegurar el funcionamiento normal del rumen.

El forraje de alta calidad permite incluirlo en cantidad considerable sin mermar la energía de la ración y así reducir la cantidad de concentrado a incluir en raciones para vacas de alta producción. Esto permite obtener altas producciones de leche, alta eficiencia de la energía ingerida, leche de contenido normal de grasa, funcionamiento normal del aparato digestivo.

La calidad del forraje se encuentra en relación directa a la cantidad máxima posible a incluir del mismo en la ración. Cuanto más baja es la calidad del forraje menor será la cantidad máxima posible a incluir en la ración para determinado nivel de energía en ella, y viceversa.

La influencia de la cantidad y calidad del forraje (heno de alfalfa) y su tasa de cambio con el concentrado sobre la producción de leche fué estudiada en muchos trabajos. En la tabla 6.2 se presenta el resumen de un experimento con calidades varias de forraje que resalta parte de la función de este.

Tabla 6.2 Influencia de Calidad de Forraje en Producción de Leche y Tasa de Sustitución de Concentrado por Forraje (Alfalfa)

Estado De Madurez	Kgs. Leche Corregida Grasa 4 %			
	Porcentaje De Heno			
	29	46	63	80
Prefloración	39.1	39.6	37.8	36.2
Comienzo Floración	35.1	35.1	31.4	30.9
Mitad de Floración	29.4	30.1	28.4	26.0
Floración Completa	31.6	29.4	25.2	23.7

Kawas (1987)

En la tabla figura forraje (heno de alfalfa) de 4 calidades. Las diferentes calidades de los henos se obtuvieron cortando la alfalfa en diferentes etapas de maduración a partir del período de prefloración. Para cada calidad de heno se fijaron 4 tratamientos que consisten en 4 relaciones diferentes de forraje: concentrado, y las raciones fueron dadas a vacas en producción.

De la tabla es posible ver que la máxima producción en leche corregida a 4 % de grasa se obtuvo en el tratamiento de alfalfa en prefloración en el que la cantidad de

forraje fué de 46 % ,pero prácticamente la producción fué muy parecida en todos los tratamientos con calidad alta de forraje.Desde 29 % hasta 80 % de forraje,el rango de la producción fué de 39.6 a 36.2 kgs. de leche. Cuando la calidad del forraje fué baja (floración completa) el aumento de la cantidad de forraje (y la consiguiente merma de la cantidad de concentrado) produjo una merma considerable en la producción de leche. (31.6 kgs. con 29 % de alfalfa en la ración y 23.7 kgs. cuando la alfalfa constituyó el 80 % de la ración). Los resultados de este trabajo resaltan el hecho de que la sustitución de forraje de baja calidad por concentrado no compensa (con su aporte de energía)el aporte del forraje de alta calidad,el cual es posible incluir en alta cantidad en la ración (evitando el uso de altas cantidades de concentrado y el encarecimiento de la ración por ese motivo),sin que merme la producción.La producción obtenida en el tratamiento "prefloración" con 80 % de forraje fué de 36.2 kgs mientras que en el tratamiento "floración completa"- con 29 % de forraje la producción fué de 31.2 kgs.

En alimentación de vacas de alto potencial de producción en las condiciones en que el forraje existente es de baja calidad y por lo tanto no es posible incluirlo en la ración en la proporción recomendable ,se usan cantidades considerables de concentrado.

En ciertas condiciones en ciertas regiones del mundo se alimenta el ganado lechero con forraje de baja calidad por no existir posibilidad de obtener forrajes de alta calidad. Esto exige el uso de mayores cantidades de concentrado para obtener altas producciones ya que el límite máximo de inclusión del forraje es más bajo.Generalmente esto se hace cuando la relación de precios de insumos a producto (leche) es favorable.Las limitantes de ración con esas características ya fué descrita.

#### LA INFLUENCIA DEL FORRAJE SOBRE LA RUMIA

La influencia del forraje en el grado de rumia que produce en el animal que lo consume depende de su condición física.

El término de fibra como parámetro de requerimiento de forraje (de las condiciones requeridas para el funcionamiento normal del rumen) no especifica las características físicas de la fibra. La determinación de

la fibra(cruda o neutrodetergente o ácidodetergente)se hace por intermedio de análisis bromatológico.Esos análisis no definen la condición física del forraje en el que esa fibra se encuentra. El efecto específico del forraje sobre la rumia y producción de saliva depende de varios factores. En la tabla 6.3 figura el grado de rumia de forrajes varios de propiedades físicas varias,medidas en minutos de masticado por kg.de materia seca.

Tabla 6.3 Influencia de Características Varias del Forraje Sobre el Masticado del Mismo

Alimento	Forma Del Alimento	Fibra Neutro Detergente %	Masticado Minutos/Kg De Materia Seca	Fuente
1- Heno Alfalfa	Largo	54	72	Mertens
2- Heno Alfalfa	Picado 3.8Cm.	54	59	
3- Heno Alfalfa	Picado 3.8Cm.	54	44	Sudweeks
4- Heno Bermuda	Largo	72	108	
5- Heno Bermuda	Picado 3.8Cm.	72	85	
6- Avena Paja	Largo	84	163	
7- Maiz Ensilaje	Picado 1.9 Cm.	68	66	25% de Fibra
8- Maiz Ensilaje	Picado 1.3 Cm.	63	60	20% de Fibra var. Americ.
9- Maiz Ensilaje	Picado 0.6 Cm.	60	40	

Mertens -1986-Feedstuffs,Dec.15

De la tabla es posible ver la diferencia en masticado debida a factores varios:

A- La especie botánica(Avena comparada con Alfalfa y con Pasto Bermuda).

La diferencia en el grado de rumia entre las diferentes especies se explica en parte por la diferencia en el

contenido de fibra entre ellas. Si dividimos los minutos de rumia de cada forraje "largo" (Alfalfa, pasto Bermuda y Avena) en su forma natural sin picar entre el porcentaje de fibra de cada uno obtendremos el grado de rumia por unidad (porcentaje) de fibra. Los resultados son:

Alfalfa - 1.33 ,

Bermuda - 1.5

Avena - 1.94

Estos números indican que el grado de rumia no depende sólo del porcentaje de fibra, sino de otros factores como la morfología de la planta, el espesor de los tallos.

B- El largo de los trozos.

Parte de la actividad de masticado es dedicada a cortar y desmenuzar los trozos largos del forraje. Esta actividad es también efectiva en la secreción de saliva y aporta al funcionamiento normal del aparato digestivo.

Si el forraje se ofrece al animal previamente picado disminuye su actividad de masticado y también de rumia. Por otro lado el picado permite el mayor consumo de alimento por unidad de tiempo lo cual es importante cuando se trata de conseguir altos consumos diarios. Además cultivos a ensilar deben ser picados para obtener un buen ensilaje.

En la tabla 6.3 vemos que hay muy poca diferencia en el tiempo de masticado por kg. de materia seca entre picado de 1.9 y 1.6 cms. en el ensilaje de maíz.

En el caso del maíz picado a 0.6 cm. el tiempo de masticado disminuye considerablemente. Se considera -en base a éste y otros trabajos -que el largo de fibra mínimo para que el forraje ejerza su función debe ser de no menos de media pulgada. La condición física del forraje no constituye un problema cuando el forraje se incluye en la ración en su condición natural. El uso de maquinarias como las cosechadoras-picadoras para la preparación de los ensilajes cambia la condición física del forraje (ensilaje).

La difusión del uso de ensilajes como fuente principal de forraje combinada con el aumento de la producción por vaca -que reduce la proporción de forraje en la ración- pueden producir problemas digestivos, característicos de la deficiencia de forraje en la ración.

Es posible evitar el problema que producen los forrajes picados finos en la ración incluyendo en ella 1 a 2 kgs. de forraje "largo" (5% a 10% del total de la materia seca ingerida).

### Fibra Efectiva

Tal como se discutió en el párrafo anterior, la cantidad o el porcentaje de fibra en la ración o el porcentaje de forraje en la ración no siempre permiten preveer el grado de rumia que provocarán en el animal que los consume.

En ciertos casos el porcentaje de fibra en la ración es de acuerdo a las normas pero el funcionamiento del rumen no es óptimo. Ya se mencionó anteriormente el problema que puede surgir de la inclusión en la ración de ensilaje picado muy fino.

Por estos motivos se busca determinar parámetros que permitan preveer el grado de rumia. Se usa el término de fibra efectiva para definir el grado de rumia que pueden promover los distintos forrajes y en general los alimentos varios que se incluyen en la ración.

El NRC (1978 y 1989) estipula que por lo menos un tercio de la materia seca total de la ración debe ser aportada por heno en su forma natural (fibra larga o su equivalente en forraje picado en forma tosca o semitосca). Alternativamente- se menciona en el NRC- se debe incluir fibra en la ración como materia seca en "equivalente de heno" en la cantidad mínima de 1.5 % del peso vivo del animal, a pesar de que -como lo manifiesta el NRC- "es difícil determinar el equivalente de heno de diferentes alimentos y esos equivalentes no dan una apreciación exacta de la cantidad de fibra a dar a las vacas lecheras".

El hecho de que después de tantos años de haber sido propuesto el término de "equivalente de heno" los autores del NRC todavía recurren a él indica que el estado de conocimientos en ese aspecto es todavía bastante reducido.

En trabajos hechos en los años sesenta por Balch y Campling se demostró la importancia de la condición física del forraje y su influencia en la función del rumen. En esos trabajos se alimentaron rumiantes con paja que fué molida y peletizada (para evitar rechazo de la paja molida que es sumamente polvorienta).

Se demostró que la molienda de la paja:

- 1-Disminuyó notablemente el grado de rumia de los animales.
- 2-Aumentó el consumo de paja.
- 3-Cambió el patrón de fermentación de los AGV disminuyendo la proporción de ácido acético y aumentando la de ácido propiónico.
- 4-Aumentó la velocidad de pasaje por el rumen .
- 5-Disminuyó su digestibilidad.

La explicación de estos acontecimientos es :

- 1-La paja molida pierde su calidad de alimento voluminoso por lo que ya no estimula rumia.
- 2-La alimentación de paja molida produce el mismo efecto que la alimentación con poca fibra, en la cual la proporción de ácido acético es menor. Existe poca proliferación de las bacterias celulolíticas que son las principales que producen el ácido acético.
- 3-Disminuye su volumen y aumenta su peso específico al disminuir el tamaño de las partículas por lo que sedimenta más rápido en el rumen y permanece menos tiempo en él.
- 4-Al permanecer menos tiempo en el rumen disminuye la digestibilidad de la fibra que es el componente de mayor cantidad en la paja. La microflora ruminal requiere de muchas horas para digerir la fibra mientras que el tiempo de pasaje de la paja por el rumen es mucho menor.
- 5-La mayor velocidad de pasaje por el rumen es la razón principal del mayor consumo de la paja molida.  
La reducción del tamaño de partículas (y la peletización) son factores coadyuvantes en el mayor consumo.

El parámetro más confiable de la actividad normal del aparato digestivo es el grado de rumia de la vaca por unidad de tiempo. Este es un parámetro difícil de medir a nivel de finca pero en trabajos de investigación se lo ha determinado.

Se considera que si la vaca rumia entre 10 y 12 horas por día, las condiciones de funcionamiento del rumen son apropiadas. La vaca recibe suficiente fibra efectiva.

#### EXPRESION DE REQUERIMIENTO DE FIBRA O FORRAJE

Las normas de alimentación expresan los requerimientos en porcentaje de fibra necesaria en la ración. Se estipula para ganado lechero (N.R.C.1989) que el porcentaje de fibra mínimo en la ración depende del nivel de producción del ganado, fluctuando los requerimientos entre 15 y 17 % del total de la Materia Seca que consumen, de acuerdo al nivel de producción.

La proporción de fibra efectiva y el volumen de la ración que son determinados por el forraje incluido en ella aseguran la actividad normal del aparato digestivo. La variabilidad en la cantidad de fibra en el forraje es muy grande. Desde menos de 20 % de fibra cruda o 40 % de fibra neutrodetergente-en base a materia seca - en forrajes de excelente calidad como los tréboles en estado vegetativo, hasta 40 % de fibra cruda o 85 % de fibra neutrodetergente en las pajas de cereales como el trigo.

Por esta variabilidad de contenido de fibra en los forrajes no es posible expresar los requerimientos en cantidad de forraje. Se expresa en proporción de fibra en la ración, (Sea fibra cruda o fibra neutrodetergente). Tal como fué mencionado más arriba la cantidad de fibra en la ración depende del nivel producción de leche para el cual se calcula esa ración. A mayor producción, menor debe ser el contenido de fibra en la ración. Esto se debe a la relación inversa existente entre cantidad de fibra en el alimento y:

- 1- El consumo voluntario máximo del alimento y/o la ración en la que se incluye el alimento.
- 2- Contenido de energía.

Debido a esa relación inversa entre fibra y energía por un lado, y fibra y consumo voluntario máximo por el otro, existen a veces problemas de abastecimiento de fibra en la alimentación de vacas altas productoras, las cuales requieren de alta cantidad de energía, por lo tanto de raciones con porcentaje menor de fibra.

A pesar de que la función específica de la fibra -como se mencionó anteriormente- es la de asegurar el funcionamiento normal del rumen, la fibra también aporta energía. Cuanto más alta es la calidad del forraje menor es su contenido de fibra, más alta la digestibilidad de

ésta y mayor el aporte de energía del forraje por ambas razones.

Para cada nivel de producción existe una cantidad óptima de fibra en la ración. Por ese motivo cuanto menor es el contenido de fibra en el forraje, mayor debe ser la cantidad de forraje a incluir en la ración. Y viceversa.

La cantidad de fibra a incluir en la ración es un parámetro mucho menos variable que la cantidad de forraje. La fibra es un parámetro de balanceo de la ración mientras que el forraje por su variabilidad en el contenido de fibra no lo puede ser. Por este motivo se estipula en las normas, el porcentaje de fibra y no la cantidad de forraje.

#### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LOS FORRAJES Y SU VALOR NUTRITIVO

1 -La especie ,variedad o cepa de la planta.  
2 -Las partes de la planta como hojas y tallos y las proporciones de éstos en la planta entera. 3 -El estado de maduración al tiempo de cosecha. 4 -La fertilización y características del suelo. 5 -El clima y la estación anual . 6 -Cambios durante la preservación, procesamiento o almacenamiento.

1 - La especie ,variedad, o cepa de la planta

La genética de la planta tiene una influencia decisiva en su composición y valor nutritivo. Existen diferencias en composición entre gramíneas y leguminosas. Estas contienen más proteína (16 a 20% de proteína cruda) dependiendo la cantidad exacta de factores varios. Mientras que las gramíneas contienen entre 8 y 12 % de proteína cruda. La leguminosas contienen más calcio y también potasio, magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre y cobalto, pero menos silicio y manganeso que las gramíneas. En lo referente a valor nutritivo ciertas gramíneas como el ryegrass tienen el mismo valor nutritivo que algunas leguminosas como la alfalfa cuando ambos forrajes se cosechan en el mismo estado fisiológico. En la mayor parte de los forrajes se cosecha la parte vegetativa de la planta ,antes de florecimiento. En algunas plantas forrajeras parte importante en el aporte nutritivo es la parte reproductiva de la planta. En el maíz la mazorca

(tusa) es parte importante e inclusive principal del aporte de energía del total de la planta. El tallo y las hojas son los que aportan la fibra y permiten a la planta ejercer sus funciones de forraje .

## 2 - Anatomía y Estructura de la Planta

Las hojas contienen generalmente más energía que los tallos. Esto se debe a que contienen menos fibra y esta fibra es menos lignificada que la de los tallos. Las hojas también contienen más minerales esenciales. Son más palatables para el ganado de modo que el ganado recibe gran parte de la energía del forraje, de las hojas. Uno de los cambios que ocurren con la maduración de la planta es la merma en la proporción de hojas en la planta y éste es uno de los factores que contribuyen a la merma de valor nutritivo de la planta en ese estado.

## 3 - El estado de maduración de la planta.

A través de las etapas de su desarrollo se producen continuamente cambios en la planta. Una gran parte del desarrollo temprano de la planta lo constituyen las hojas. En la planta joven, inclusive los tallos son altamente digestibles por el hecho de que la pared celular de los tejidos son delgadas y no lignificadas. Durante el desarrollo se lignifican las paredes celulares y disminuye el valor nutritivo de la planta. A su vez, con la maduración disminuye la cantidad de los otros componentes de la fracción de fibra como las pectinas y hemicelulosa. Asimismo disminuye el contenido de proteína, y elementos (minerales) esenciales. Disminuye también el consumo voluntario máximo de forraje.

En la tabla 6.4 figuran los cambios en parámetros varios que ocurren durante la maduración del forraje (alfalfa -brome).

Tabla 6.4 Digestibilidad, Consumo de materia seca, y producción de leche de vacas Holstein y jersey consumiendo forraje verde picado de alfalfa-brome en varias etapas de madurez \*

Etapa de de madurez	Fecha	Materia Seca		Producción leche Kg./dia	Concentrad Requerido Kg./dia(b)
		Digestibilidad %	Consumo(a) Kg./dia		
Prebotones	Mayo 17	67	3.4	19.5	1.8
Formación de Botones	Mayo 24	65	3.3	18.2	2.7
Floración temprana	Mayo 31	63	3.2	15.4	3.6
Media Floración	Junio 7	61	3.1	14.1	5.0
Floración Completa	Junio 14	59	2.9	12.3	6.4
Final de Floración	Junio 21	58	2.8	10.4	7.3
Maduro	Junio 28	56	2.6	9.1	8.2

(a) -consumo por cada 100 kg.de peso vivo

(b) -concentrado requerido para mantener la producción inicial.

\* Adaptado de Hibbs y Conrad(1975)

La merma de la digestibilidad que figura en la tabla se debe a los cambios en composición de la planta especialmente el aumento de fibra. Como consecuencia disminuye el consumo voluntario del forraje tal como figura en la tabla.

Del punto de vista económico, el mayor valor nutritivo del forraje de edad temprana es contrarrestado parcialmente por la menor producción de este y por lo

tanto es mayor el costo por kilogramo.

Se recomienda cosechar los cultivos forrajeros en la etapa de su desarrollo en la que rinden la máxima cantidad de energía digestible por unidad de superficie.

Esta es una etapa de crecimiento suficientemente temprana para obtener un material de buena calidad nutricional, y por otro lado el cultivo ya rinde una biomasa considerable por unidad de superficie. Es el punto óptimo desde el punto de vista de la rentabilidad del cultivo.

En el caso de los pastos, en los cuales la contribución del grano al valor nutritivo de la planta es ínfima, el punto óptimo de cosecha es antes de la floración o en su comienzo.

Generalmente la merma en la digestibilidad de los forrajes que acontece con la maduración es en grado diferente en las diferentes especies. En las gramíneas la merma es mayor que en las leguminosas. Lo cual significa que la demora o postergación del corte de las gramíneas por cualquier razón acarrea un deterioro mayor en la calidad del material cosechado que en el caso de las leguminosas. Esto es cierto en plantas en las que el aporte del grano es ínfimo.

El caso del maíz es diferente al de los pastos. Como se mencionó anteriormente, en el maíz el aporte de energía de la mazorca (tusa) es considerable por la proporción de este en el peso total de la planta: en el período de desarrollo de la mazorca el aporte de energía de ésta compensa con creces la merma en valor energético del tallo y hojas. En éstos en esa etapa de desarrollo - como en todas las plantas - aumenta su contenido de fibra o pared celular. En base a esas características de la planta de maíz el período óptimo de corte, en el cual la cantidad de nutrientes digestibles por unidad de superficie es la máxima, acontece cuando la planta - después de la floración - se encuentra en estado de llenado del grano, en la etapa que se define como "estado ceroso". Es decir el grano ya ha pasado el estado lechoso y ahora tiene consistencia de cera; es blando y ya no suelta líquido blanco cuando se lo presiona. La planta de maíz como forraje es un forraje muy particular. Su tallo y hojas que constituyen el forraje propiamente dicho - al momento óptimo del corte - contienen aproximadamente el 50 % del total de la materia seca de la planta, en las variedades modernas. El tallo y hojas del maíz en esa etapa de desarrollo son

forraje de baja calidad. Contienen alta cantidad de fibra, por estar la planta en estado avanzado de maduración. La mayor parte de la energía de la planta se encuentra en la mazorca que constituye el 50 % de la planta en base a materia seca.

La planta de maíz es un forraje de alto contenido de energía (1.60 Mcal de energía neta de lactancia por kg de materia seca, comparado con el valor de 1.2 Mcal. de energía en pastos verdes) por su alto contenido de grano. Este nivel de energía es casi tan elevado como el de los concentrados de calidad intermedia. Su calidad de forraje es baja, pero por su alta energía su uso se encuentra muy difundido. Es un alimento que posee características de forraje y a su vez de concentrado.

En trabajos que se hicieron para verificar la posibilidad de usar el silo de maíz como único forraje en la ración, las vacas que recibieron esas raciones produjeron leche en cantidades apreciables, pero mostraron algunos indicios de disturbios veterinarios. Por esa razón no conviene usar el ensilaje de maíz como forraje único en la ración para vacas altas productoras.

#### 5- El Clima y la Estación Anual

El clima en el cual la planta se desarrolla influye en su composición y por consecuencia en su valor nutritivo.

En base a trabajos varios en los que se determinaron la digestibilidad de forrajes de diferentes regiones en el mundo, se presenta en la figura 6.1 la distribución de la digestibilidad de los distintos forrajes de acuerdo al clima (templado o tropical) en que crecen. En la figura es posible ver que los forrajes tropicales tienen valores de digestibilidad que son del orden de 15 unidades porcentuales menores que los forrajes que crecen en zonas templadas.

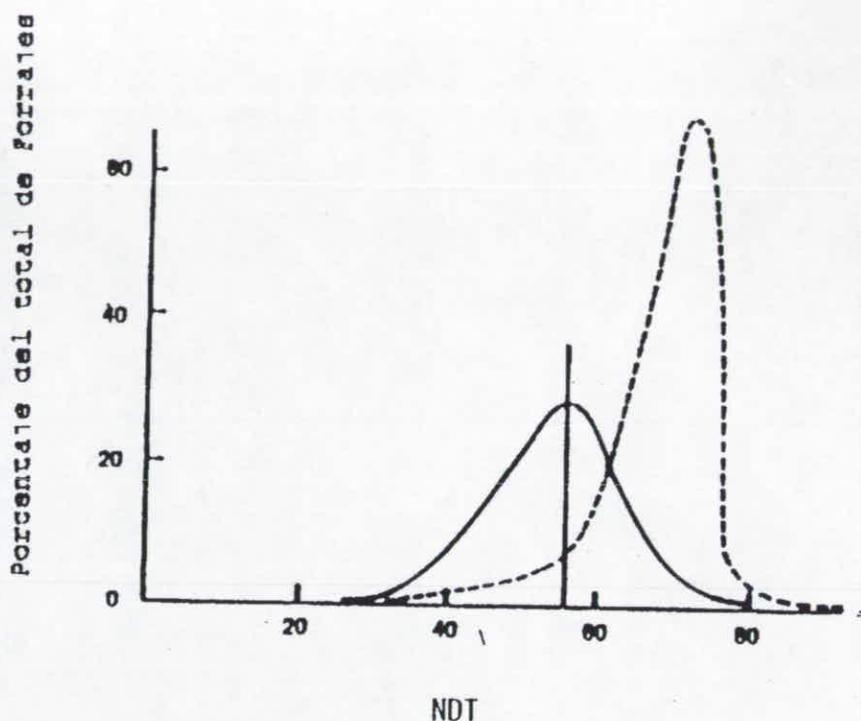


Figura 6.1 Rango de digestibilidad de 312 pastos tropicales y 760 pastos de zona templada (McDowell, 1972)

Los datos de la figura indican que el 52 por ciento de los pastos tropicales contienen menos de 55 % de TDN mientras que solo 4 % de los pastos "templados" está en esa categoría.

En los forrajes tropicales los cambios de composición (y por lo tanto de calidad) acontecen muy rápidamente debido a que el clima cálido acelera el proceso de maduración, de modo que es mucho más difícil cosecharlos en su punto óptimo.

En la tabla 6.5 figuran datos de digestibilidad y composición de forrajes de zonas tropicales y de zonas templadas .

Tabla 6.5 Comparacion de Forrajes Tropicales y de Zonas Templadas

Forraje	En base Materia Seca								
	Digesti- bilidad %	Prot. Cruda %	Fibra Cruda %	Pared Celular %	Celul. %	Hemice- lulosa %	Lignin %	E.L.N. %	Comp. Solub %
Templados									
Alfalfa	60	17	30	40	24	8	7.5	43	33
Maiz' Silo	70	9	24	45	26	16	3.0	61	40
Orchardgra (tierno)	70	15	27	55	26	25	4.3	49	21
Timothy (maduro)	52	7	34	68	31	29	7.3	54	20
Tropicales									
Pangola	54	11	30	70	34	29	7	50	10
Guinea	54	9	34	70	35	26	8	49	9
Bermuda	50	9	30	77	32	38	7	56	8
Elefante	50	9	31	72	36	28	8	50	9

Van Soest P. (1982) Nutritional Ecology of Ruminants

La diferencia en el porcentaje de fibra cruda entre ambos grupos de forraje que figuran en la tabla 6.5 es pequeña relativamente a la diferencia en el porcentaje de fibra neutrodetergente (pared celular).

Dado que el parámetro de la digestibilidad fué obtenido de pruebas en vivo, la diferencia en el contenido de pared celular es más indicativa de la diferencia en el grado de digestibilidad que la diferencia en el contenido de fibra cruda.

Los forrajes tropicales contienen de 25 a 30 unidades porcentuales más de pared celular que los forrajes de zona templada, mientras que la diferencia en el contenido de fibra cruda es de 4 a 7 unidades porcentuales.

Otra diferencia entre ambos grupos de forrajes es el contenido de componentes solubles en la planta. En su mayoría son carbohidratos de muy alta digestibilidad. Estos aportan también al valor energético de los forrajes. La

menor calidad de los forrajes tropicales es uno de los importantes problemas que se presentan a la explotación ganadera en los trópicos.

La ventaja de las zonas tropicales está en la alta producción de biomasa de las plantas en general y de las plantas forrajeras entre ellas, por las apropiadas condiciones ambientales de temperaturas y precipitación pluvial para el crecimiento acelerado de la planta. La alta producción de forraje por unidad de superficie en las zonas tropicales puede permitir mayor población de rumiantes por la mayor oferta de forraje. La agrotécnica y el buen manejo de las pasturas puede aportar mucho a mejorar la calidad del forraje y así aumentar la producción animal.

Como influye la temperatura del medioambiente sobre la composición y la calidad de la misma especie de forraje?

El mismo forraje creciendo en condiciones de temperaturas más altas contiene más fibra. Como consecuencia de ello su digestibilidad y su valor energético son menores. En las zonas de clima continental en la que las diferencias de temperatura de invierno a verano son considerables, esta influencia de la temperatura se nota entre el primero, segundo y siguientes cortes de la alfalfa (principalmente para heno). El heno de alfalfa de primer corte (abril) es de mayor valor nutritivo que el de segundo corte y así sucesivamente. En las tablas de composición de alimentos ya figuran -con respecto al mismo forraje -datos del forraje de zona caliente y de zona fría. Esto permite aumentar la exactitud en el cálculo de raciones, cuando se usan datos de tablas de composición.

#### Consumo voluntario de forrajes

Los factores involucrados en el consumo voluntario de los forrajes son:

- 1-Volumen que ocupa el forraje.
- 2-Contenido de pared celular(FND).
- 3-Digestibilidad.
- 4-Tasa de pasaje ruminal

Todos estos factores están relacionados entre sí. La relación entre digestibilidad de forrajes y grado de consumo voluntario es una relación directa. En esta relación están involucrados el contenido de fibra del

forraje y el volumen de este. Con el aumento del contenido de fibra aumenta el volumen del forraje. La capacidad de consumo de forraje -tal como fué ya discutido -está relacionada con el volumen que este ocupa en el tracto digestivo (rumen) y éste es la limitante física del consumo.

El aporte de energía de los forrajes en la ración, depende de la cantidad consumida y del contenido de energía por kilogramo. Cuando la diferencia en energía digestible entre dos forrajes se debe a diferencias en la etapa de desarrollo de ambos, el ganado consumirá más cantidad del forraje más digestible. De este modo cosechando los forrajes en período más temprano de desarrollo aumenta el consumo voluntario de estos y la cantidad de energía ingerida ya que cada unidad contiene más energía y mayor cantidad es consumida. Con esta doble ventaja los forrajes más digestibles aportan mucho más energía cuando se los suministra en abundancia o ad libitum.

A igual concentración y cantidad de energía (medida en NDT) ofrecida de Alfalfa o pasto Bermuda, los animales consumieron más del primero que del segundo.

El factor responsable de la diferencia mencionada es la tasa de pasaje ruminal o la tasa de digestión que es más alta en la Alfalfa que en el pasto Bermuda. La Alfalfa produce una proliferación mayor de la flora ruminal y como consecuencia una tasa de digestión más alta.

#### Influencia de Calidad de Fibra en la Ración

De acuerdo al sistema de análisis detergente la fracción de fibra está compuesta por compuestos varios como celulosa, hemicelulosa, lignina, pentosanos, silicio. El grado de digestibilidad de los diferentes componentes es variado. Celulosa pura es altamente digestible (más de 85% de digestibilidad). La mota de algodón contiene celulosa pura y en efecto su valor energético es muy alto.

La lignocelulosa que se encuentra en la planta está compuesta por proporciones variables de celulosa y lignina de acuerdo a la etapa de desarrollo de la planta. En plantas jóvenes la proporción de lignina en la fracción de lignocelulosa es reducida. A medida que la planta se desarrolla la proporción de lignina aumenta. La pectina -que forma parte de la pared celular -es altamente digestible. En ciertos alimentos como la pulpa de

remolacha y la pulpa de cítricos el contenido de pectina es alto y por lo tanto la pared celular de estos alimentos es altamente digestible. La digestibilidad de la fibra es muy variada, de acuerdo a su composición, tal como se mencionó más arriba. La inclusión de fibra altamente digestible en la ración, en cantidad apreciables, aporta condiciones apropiadas para el buen funcionamiento del rumen. La fibra es digerida por las bacterias y los hongos anaeróbicos que se encuentran allí. A igual cantidad de forraje en la ración, la calidad de la fibra en ésta y su proporción determinan el grado de proliferación de la flora ruminal celulolítica. La proliferación de la flora celulolítica y su presencia en alta proporción relativa a la flora amilolítica crea condiciones apropiadas varias en el rumen:

- \* - pH no muy bajo por liberación no muy rápida de los AGV productos de la fermentación y abundancia de saliva con las sustancias tampón (buffer) que esta contiene.
- \* - Relación apropiada los diferentes AGV, para el mantenimiento de un porcentaje de grasa no bajo en la leche.
- \* - Tasa alta de fermentación y pasaje de la digesta más rápido.
- \* - Mayor producción de masa microbial y mayor flujo de proteína de origen microbial al duodeno. La proteína de origen microbial constituye una parte substancial (60 a 85 %) del total de la proteína que llega al duodeno. Ver Capitulo 5

#### EVALUACION DE FORRAJES

Por la gran variabilidad en la composición de los forrajes, y su influencia en la producción, para balancear raciones y así obtener óptima producción es necesario conocer su valor nutritivo, en energía y otros nutrientes. La principal evaluación de los forrajes consiste en determinar su valor energético. Otros parámetros de evaluación de los forrajes son su contenido de humedad y otros factores que influyen en el consumo voluntario de ellos. El valor energético de los forrajes puede

determinarse o evaluarse de diferentes formas:

- 1-Composición de nutrientes.
- 2-Prueba de digestibilidad in vitro.
- 3-Evaluación organoléptica.

Los nutrientes en la materia seca a determinar para calcular el valor del forraje son la fibra, (Fibra Cruda o FAD y/o FND) en algunos casos la Proteína Cruda.

Forrajes dañados o caramelizados por efecto de calor excesivo deben ser analizados para determinar pérdidas en proteína disponible para el animal.

El contenido de materia seca es necesario para cálculo de consumo y evaluación de problemas de almacenamiento de forrajes conservados (heno, ensilaje).

#### Evaluación de Energía en los Forrajes

En base a los resultados de trabajos varios con forrajes de distintas especies botánicas y con distinto contenido de fibra se han desarrollado ecuaciones de regresión varias que permiten calcular con grado bastante alto de precisión el valor energético si se conoce el contenido de fibra del forraje.

Por las diferencias considerables entre las diferentes especies botánicas no es posible usar una sola ecuación de predicción de energía para todos los forrajes sin perder parte considerable de la exactitud de predicción.

Se usan diferentes ecuaciones para diferentes especies según lo detallado a continuación:

#### Para leguminosas y gramíneas

$$\begin{aligned} \text{NDT} \quad (\%) &= 88.9 - (\text{FAD}\% * 0.779) \\ \text{NE}_L \quad (\text{Mcal/lb.}) &= 1.070 - (\text{FAD} \quad \% * 0.0138) \\ \text{NE}_L \quad (\text{Mcal/kg.}) &= 1.854 - (\text{FAD} \% * 0.0138) \end{aligned}$$

Para Silo de Maíz

$$\text{NDT}(\%) = 87.84 - (\text{FAD} \% * 0.7)$$

$$\text{NE}_L \text{ (Mcal/lb.)} = 94 - (\text{FAD} \% * 0.8)$$

FAD - Fibra Acido Detergente

Estas ecuaciones son usadas por el laboratorio de la region Norte Central de los EEUU.

En el estado de Pensilvania se usan las fórmulas siguientes :

Porcentaje de Nutrientes Digestibles Totales - NDT

A. Leguminosas	NDT % =	74.43	+	0.35	PC %	-	0.73	FC %
B. Gramineas	NDT % =	50.41	+	1.04	PC %	-	0.07	FC %
C. Heno Mixto	NDT % =	65.14	+	0.45	PC %	-	0.38	FC %
D. Pastos Anuales	NDT % =	90.36	-	0.29	PC %	-	0.86	FC %
E. Silo de Maiz	NDT % =	77.07	-	0.75	PC %	-	0.07	FC %

PC - Proteina Cruda

FC - Fibra Cruda

#### Evaluacion de Forrajes In Vitro

Esta se hace según el sistema de Tilley y Terry en el cual una muestra previamente seca del forraje se incuba a temperatura de 38 grados centígrados durante 48 horas en tubo de ensayo con licor ruminal de animal donante y solucion" buffer ".Posteriormente se aplica enzima para digestión de la proteína durante 24 horas.El licor ruminal y la enzima digieren la fibra y la proteína de la muestra y el filtrado posterior de la muestra tratada retiene la parte indigestible del forraje que no pasa por los poros del filtro,mientras que la parte digerida,que se solubiliza,pasa el filtro.El pesaje de la parte indigestible y su relación al peso total de la muestra permite calcular la digestibilidad del forraje.

Este sistema es el más confiable ya que los resultados obtenidos guardan una correlación de 0.85 con los resultados de digestibilidad en vivo.

El sistema era usado hasta hace poco tiempo sólo en trabajos de investigación.Se lo ha comenzado a usar de rutina en algunos países para evaluación a nivel de finca.

## Evaluación Práctica de Forrajes

El conocimiento de la composición del forraje para calcular su valor energético con mayor exactitud es una acción complementaria a la evaluación organoléptica del forraje.

El valor de la evaluación energética del forraje se limita a la muestra que fué analizada en el laboratorio.

En que medida esa muestra es representativa de la cantidad total de ese forraje existente en la finca en ese tiempo?

El muestreo representativo es sumamente importante para obtener resultados relevantes.

A nivel de finca es imprescindible una evaluación empírica del forraje en base a diferentes parámetros que es posible apreciar : cantidad relativa de hojas, maleza, moho, cuerpos extraños.

La evaluación organoléptica de los forrajes a conservar (secado o ensilado) es de suma importancia ya que en el proceso de conservación el material vegetal se altera.

En muchos casos la estimación del contenido de energía del forraje se hace únicamente en base a la evaluación organoléptica, por falta de laboratorios cercanos, por demora en recibir resultados o por otras razones.

La evaluación de los forrajes de acuerdo a los resultados del laboratorio no reemplaza a la evaluación de campo de estos, sino que es un refinamiento que agrega o permite una mayor exactitud en la composición de raciones.

### ABASTECIMIENTO DE FORRAJE DE CALIDAD

Debido a que la variabilidad de composición de los forrajes es muy amplia, también lo es la variabilidad en valor nutritivo de ellos.

A nivel de finca, el primer paso importante para asegurar el abastecimiento y calidad de forraje al ganado es el de manejar prácticas agrotécnicas apropiadas para obtener buenos rendimientos.

El segundo factor es el de asegurar la calidad del forraje cosechándolo o introduciendo el ganado a pastorear en el período óptimo de desarrollo del forraje recomendado. Esto exige conocimientos y capacidad práctica de ejecución. Por ello la excelencia en la ganadería comienza con la excelencia en la agrotécnica de los

cultivos forrajeros. Esto asegurará abundancia de forraje. El énfasis en el punto óptimo de corte o de introducción del ganado asegurará que el forraje abundante sea de la calidad apropiada. El forraje de buena o excelente calidad permite mayor consumo de éste y menor suplemento de concentrado para obtener la producción deseada. (Ver la tabla 5.2).

Las explotaciones que se basan en forraje comprado requieren de los conocimientos y experiencia en evaluar calidad de forraje, para comprar los forrajes apropiados.

## CALCULO DE RACIONES

### Requerimientos

#### Consumo de Materia Seca

La ración a calcular debe ser formulada en una cantidad tal de alimentos que el animal alcance a consumir, de lo contrario la ración no aportará suficientes nutrientes al animal por no ser consumida en su totalidad.

La limitación en el consumo se debe a diferentes razones : en primer lugar la capacidad del rumen es limitada. En raciones abundantes en forrajes, que son voluminosos, la capacidad del rumen es la limitante principal de ingestión de la ración. Esta es la principal razón por la cual la alimentación con forrajes exclusivamente no permite a las vacas de alto potencial genético expresar ese potencial y es necesario darles raciones mixtas, de forraje con concentrado.

Existe una relación directa entre el consumo máximo voluntario de la vaca y su producción. Por ello es muy importante asegurar el máximo consumo de materia seca especialmente durante la etapa de máxima producción en la lactancia. Por otro lado se deben calcular los nutrientes requeridos en una cantidad de materia seca que la vaca pueda consumir.

A pesar de que la capacidad de consumo está en relación a la producción de leche, las vacas altas productoras no tienen capacidad de consumir la suficiente cantidad de materia seca para satisfacer sus requerimientos de acuerdo a su producción.

Factores determinantes del consumo máximo de materia seca:

1-Peso Vivo del animal Animales de mayor peso consumen más .Tienen una mayor capacidad de su aparato digestivo ,especialmente el rumen.

2 -Estado Fisiológico del Animal A mayor producción mayor consumo de alimento.Es posible considerar la producción como un drenaje de nutrientes que el animal invierte en el producto .En el caso de animales que producen leche el producto se acumula en la ubre y de allí es alejado por el ordeño.En el caso de animales en crecimiento y ceba el producto forma parte del cuerpo del animal como músculo ,tejidos varios,incluyendo grasa. El nivel de producción o drenaje de nutrientes invertidos en producto influye en el consumo. Vacas que producen más comen más .Ovejas que amamantan mellizos o trillizos comen más que las que amamantan un solo cordero.

En la tabla 7.1 se presentan los resultados de un trabajo hecho en California (Smith y col. 1982).Figuran la producción de leche, y consumo de ración,de dos grupos de vacas de similar potencial genético que se ordeñaron diferente número de veces al día (dos ordeños y tres ordeños)para obtener diferentes producciones a pesar de tener el mismo potencial.

tabla 7.1 -Efecto de la frecuencia de ordeño(x2 versus x3) y cambio de ración según diferentes criterios sobre consumo ,producción,y cambio de peso vivo.

Vacas Adultas	Producción		Consumo M.S. <sup>1</sup>		Peso Vivo		
	Leche	Grasa	% Promedio de Total	Peso Vivo	Comienzo	Fin	Cambio
kg							
x2	7502	258	5977	3.09	634.2	697.3	63.1
x3	8972	301	6153	3.19	665.1	671.9	6.8

Smith y col.(1982)

1-M.S.-Materia Seca

Los datos son parciales de la tabla original.

La ración fué servida ad libitum. Los resultados en la tabla indican que a mayor producción (ordeñando 3 veces por día) aumentó el consumo de materia seca total (5977 a 6153 o 6289 kgs.)

Expresado en porcentaje de materia seca del peso vivo el consumo aumentó de 3.09 a 3.19.

En el trabajo se midió el cambio de peso vivo promedio de las vacas. Las vacas que produjeron más leche aumentaron menos de peso. La función de producción de leche tiene prioridad en el uso de nutrientes sobre la de incremento de peso.

#### Consumo en el comienzo de la lactancia

En el comienzo de la lactancia, durante las 2-3 primeras semanas el consumo es bajo y errático y depende de la historia periparto de la vaca que influye en la producción y el consumo. Aún en vacas con historia periparto totalmente normal el consumo de materia seca en relación a la producción y peso vivo es más bajo que en períodos posteriores. El pico de consumo acontece 6-a 8 semanas después del pico de producción.

Los períodos de fin de gestación, parto y posparto son períodos muy delicados e importantes que influyen en la producción inmediata postparto y por intermedio de ella en la producción total durante la lactancia, así como en la incidencia de problemas de reproducción.

La alimentación y el manejo en esos períodos son importantes, especialmente en el período de fin de gestación.

La incidencia de problemas veterinarios en el período periparto tiene como consecuencia adicional una depresión del consumo voluntario que a su vez deprime la producción de leche.

La alimentación correcta y el manejo adecuado en el período periparto reducen la incidencia de los problemas veterinarios y permiten un incremento más rápido en el consumo postparto y de la producción de leche. Cuando el período periparto es normal, vacas de alto potencial de producción, que tienen la capacidad de llegar a producir 45-50 kgs. de leche en el pico de la lactancia ya están produciendo alrededor de 35 kgs. de leche después de 7 días de paridas.

Vacas hacia el final de la gestación consumen menos alimento. El desarrollo del feto produce una merma

transitoria del volumen del rumen.

3-Condición Corporal Animales obesos consumen menos que animales magros. La importancia de éste hecho ha sido objeto de mucha discusión ultimamente, con el caudal de literatura publicada sobre la influencia de la condición corporal de la vaca en la reproducción y producción. Vacas que paren obesas consumen menos alimento al comienzo de la lactancia. Esto, agregado al hecho de que en el comienzo de la lactancia el consumo es bajo ya de por sí, hace que la merma de la condición corporal de las vacas que paren en condición corporal demasiado alta es decir obesas (grado 4 a 5 en escala de 1 a 5) sea considerable, con consecuencias negativas para la salud, fertilidad y producción del animal.

4-Clima En clima cálido el consumo máximo voluntario disminuye. El Bos Taurus no posee un mecanismo eficiente para disipar una alta producción de calor. La producción de leche es un proceso que genera calor y en las altas producciones de leche la producción de calor es considerable. La digestión del alimento también produce calor. Vacas de alta producción que consumen mucho alimento tienen dificultad en disipar tanto calor y para conservar la temperatura corporal en los límites normales disminuyen el consumo, lo que produce una merma en la producción. De esa forma disminuye la producción de calor y la temperatura corporal desciende y se aproxima a la normal.

#### 5-Característica de la ración

A) Contenido de Fibra Neutrodetergente (FND) del alimento. El FND es índice confiable del consumo voluntario de la ración.

Se considera que en vacas lecheras en producción el consumo voluntario máximo se alcanza cuando ingieren aproximadamente 1.1 kgs. de FND por cada 100 kgs. de peso vivo. Este consumo es menor en el principio de la lactancia siendo 0.78 y 0.91 kgs. de NDF por c/100 kgs. de peso vivo en la primera y segunda semana después del parto y llega a 1.15 en la semana 15 de lactancia que es el período de consumo pico de materia seca, disminuyendo después a medida que la producción disminuye. Cuando la vaca está próxima a secarse (septimo mes de gestación) el consumo es de 0.94. kg. de FND por c/100 kgs. de peso vivo

B) Digestibilidad de la ración. El consumo voluntario máximo guarda relación con la energía de la ración (digestibilidad). Hasta la digestibilidad de 68 % del alimento o ración, el aumento de digestibilidad produce aumento de consumo (Conrad 1964). Por encima de ese valor de digestibilidad la limitante de consumo está fijada por la relación del volumen de la ración con respecto al volumen del rumen. El aumento de digestibilidad acarrea una eficiencia mayor de la actividad de la flora ruminal y como consecuencia una velocidad de pasaje mayor del alimento en el tracto digestivo que a su vez se traduce en evacuación más rápida del contenido ruminal que hace lugar para mayor consumo de alimento. Por encima de 68 % de digestibilidad de la ración el consumo depende del requerimiento de energía de la vaca. Metabolitos en el proceso de digestión influyen sobre receptores quemostáticos o termostáticos que producen la sensación de saciedad. A pesar de la disminución del consumo la ingestión de energía en el animal no disminuye por el hecho de que la concentración de energía en el alimento es mayor. Los factores FND y digestibilidad están relacionados.

C) Humedad en la Ración. Raciones con mucha humedad son consumidas en menor cantidad que raciones más secas. Este efecto es más pronunciado en raciones que contienen alimentos fermentados como ensilajes u otros. La depresión del consumo se produce cuando la humedad es mayor del 50 % En raciones con ensilaje se obtiene máximo consumo cuando la ración contiene 60-65 % de materia seca es decir 35- 40 % de humedad. En pasturas-que contienen 80 % de humedad o más el consumo no es óptimo y es posible acrecentarlo suplementando con alimentos secos .El alimento seco produce cierta merma en el consumo de la pastura.

D) Palatabilidad de la ración Existen diferencias en la palatabilidad de los diversos alimentos. El factor que más a menudo influye en el consumo es el deterioro de la palatabilidad de alimentos por cambios que se producen en ellos por mal almacenamiento como moho, ranciedad del alimento de alto contenido de grasas, etc.

### Tablas para Cálculo de Consumo

En la tabla 7.2 figuran los requerimientos de consumo de materia seca (en porcentaje de peso vivo) para mantenimiento, producción de leche (corregida a 4 % de grasa) y ganancia de peso normal durante la etapa intermedia y final de la lactancia para vacas de diferentes peso vivo. Los datos de esta tabla sirven como base para usar en el cálculo de la composición de las raciones. El consumo está calculado en base a raciones mixtas (forraje y concentrado) balanceadas, con no más de 50 % de humedad en ellas y en las concentraciones de energía apropiadas para cada nivel de producción y peso vivo. Por cada unidad porcentual de humedad por encima de 50 % en la ración se considera que el consumo de materia seca disminuirá en 0.02 % si es que la ración contiene alimentos fermentados como ensilaje en cantidad considerable (4 kgs. de materia seca o más). Los datos están calculados de modo que contienen suficiente materia seca para permitir al animal un incremento de peso de 0.055 % del peso vivo de la vaca por día que son 330 gramos de incremento a vacas de 600 kgs. de peso. Este es considerado un incremento normal para vacas que han perdido peso durante la primera parte de la lactancia y deben recuperarlo para llegar al final de la lactancia en condición corporal apropiada. La tabla considera sólo dos factores variables en el consumo de materia seca: peso vivo y producción de leche. Esto se debe a que -como se mencionó anteriormente- se basa en raciones balanceadas, se trata de ganado en clima no cálido, en animales que no están en condición corporal extrema. Los datos de la tabla son válidos para animales que no se encuentran en el comienzo de la lactancia. Los autores consideran que el consumo de los mismos animales en el comienzo de la lactancia es 18 % menor. Como se mencionó antes el consumo al comienzo de la lactancia es muy errático.

Si las vacas consumen menos de las cantidades que figuran en la tabla, bajarán de peso o producirán menos leche o ambos.

Tabla 7.2 - Estimación de Consumo Voluntario Máximo de Materia Seca de Ganado Lechero

Peso Vivo Kgs.	400	500	600	700	800
Leche L.C.G. 4% KGS.	Consumo De Materia Seca-Cantidad Total				
	Kgs.				
10	10.8	12.0	13.2	14.0	15.2
15	12.8	14.0	15.6	16.1	17.6
20	14.4	16.0	17.4	18.2	19.2
25	16.0	17.5	19.2	20.3	21.6
30	17.6	19.5	21.0	22.4	23.2
35	20.0	21.0	22.2	23.8	24.8
40	-	23.0	24.0	25.2	26.4
45	-	25.0	25.8	26.6	28.0
50	-	27.0	28.2	28.7	29.6
55	-	-	30.0	30.8	32.0
60	-	-	32.4	33.6	34.4

#### LOS REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES

Se calculan los requerimientos en nutrientes del animal o grupo de animales para las diversas funciones. Las funciones son:

- 1- Mantenimiento
- 2- Crecimiento
- 3- Lactancia
- 4- Reproducción o Gestación
- 5- Ceba

#### Mantenimiento A-Energía.

Los requerimientos de mantenimiento son los requerimientos del animal adulto para mantener las funciones que le permiten el funcionamiento de los sistemas biológicos sin considerar la producción láctea, el crecimiento, la gestación, la ceba. Teóricamente se trata de los requerimientos de un animal adulto, no gestante, que

no aumenta ni baja de peso, que no produce leche, que mantiene su peso. Un animal de ese tipo requiere de energía principalmente para mantener la temperatura de su cuerpo.

La principal función del alimento para mantenimiento es aportar energía para reponer el calor perdido y así mantener la temperatura corporal constante dentro de un rango pequeño. Asimismo necesita energía para mantener la actividad de los músculos del aparato respiratorio, del corazón, de la actividad del sistema nervioso, de las glándulas secretoras, de la renovación de los diferentes tejidos que es un proceso permanente, de la producción de las diferentes enzimas y hormonas. Los requerimientos de energía para mantenimiento están en relación al tamaño del animal. Se acostumbra a expresar el tamaño en peso vivo. Dado que el calor del cuerpo se pierde por radiación al medioambiente en la superficie del cuerpo del animal, la superficie del cuerpo del animal determina la pérdida de calor y por lo tanto los requerimientos de energía para mantenimiento. Los requerimientos de energía están en relación directa a la superficie corporal. La determinación de la superficie corporal es bastante engorrosa. Por ese motivo se buscó expresar la relación entre la superficie corporal y el peso del animal que es fácil de determinar. La expresión matemática que expresa en la forma más exacta la superficie del cuerpo con relación al peso del animal es el peso vivo elevado a la potencia de 0.75. Esta expresión es denominada "Peso Metabólico". El cálculo de requerimiento de energía para mantenimiento según peso metabólico guarda la más alta correlación con los datos experimentales de requerimiento de energía que se encontraron en los trabajos al respecto. Por lo tanto los requerimientos de energía de los animales se expresan en megacalorías por kilogramo de peso metabólico. En las tablas de requerimientos -como la tabla 6.2 figuran los requerimientos en Mcal. según el peso del animal. Estos fueron calculados de acuerdo al peso metabólico de los animales.

#### B-Proteína.

La principal función de la proteína que se da para mantenimiento del animal es para la reposición de la proteína de los tejidos y las secreciones. Todas las proteínas del cuerpo, también la de los animales adultos se

renuevan permanentemente por los procesos de lisis y biosíntesis.

#### C-Minerales.

Cantidades relativamente pequeñas de minerales se requieren para el mantenimiento. Parte de ellos son reciclados en el cuerpo después de haber cumplido con su función específica como el Cloro y el Hierro.

#### Lactancia

##### A-energía

La energía requerida para lactancia comprende :

- I- La energía que invierte el animal para la biosíntesis los componentes de la leche a partir de los metabolitos precursores que se encuentran en la sangre.
- II- La energía para la secreción de la leche.

La eficiencia del uso de la energía metabolizable para producción de leche es de aproximadamente de 62 a 64 % .Es decir que de cada megacaloría de energía metabolizable que invierte el animal en el proceso de producir leche se recuperan 0.62 a 0.64 . La eficiencia de uso de la energía en el proceso de ceba es del rango de 45 a 55 % . (Capítulo 4)

#### Uso de Reservas Corporales

Es de tomar en cuenta que la vaca lechera, en especial la de alto potencial de producción de leche tiene la capacidad de usar reservas corporales-que son principalmente grasa que ha acumulado en ciertos períodos-. La vaca puede movilizar la reserva de grasa para la producción de leche .Por ello la producción de leche de la vaca, especialmente en el primer tercio de la lactancia, es mayor de lo que la cantidad de energía en el alimento consumido le permite. Es difícil preveer la producción inicial de la vaca, en el comienzo de lactancia.

El enfoque para la alimentación en ese período debe ser de mucha atención al nivel de producción de la vaca tomando en cuenta la historia periparto. La cantidad de la ración a ofrecer debe ser de acuerdo a la evolución de la producción de ella.

En general la formulación de la ración para vacas al período de alta producción debe ser generosa para poder permitir al animal expresar su potencial de producción. En

etapa posterior será necesario ajustar la ración de acuerdo a la producción actual y considerando otros aspectos como condición corporal de la vaca y etapa de lactancia.

#### B-Proteína.

La leche contiene aproximadamente 30 a 40 gramos de proteína por litro. La proteína de la leche constituye el 30 % aproximadamente de la materia seca total. Este es un porcentaje muy alto y de allí que la proteína en la ración tenga una influencia muy marcada en la producción láctea. Falta de proteína en la ración producirá una merma en la producción y viceversa, la adición de proteína a raciones deficientes en ella producen un aumento considerable en la producción cuando se da a vacas de buen potencial genético y en el primer tercio de la lactancia que es cuando la respuesta a una mejora en la ración se hace notar más.

La influencia más marcada de la adición de proteína a raciones deficientes en ella en el primer tercio de la lactancia se debe a que -tal como se mencionó anteriormente -en ese período es cuando la vaca moviliza reservas corporales. Las reservas corporales contienen alta proporción de grasa y poca proteína, de modo que la composición de las reservas corporales es deficiente en proteína para la producción de leche. Aparte de ello la deficiencia de proteína deprime la digestibilidad total de la ración. La vaca tiene cierta capacidad de movilizar proteína de su cuerpo pero esta capacidad es muy limitada comparándola con la enorme cantidad de grasa que la vaca moviliza (50 -60 kg. de grasa y aun más en los primeros 2 meses de lactancia).

En la tabla 7.3 figura el valor de energía de cada kg. de peso que la vaca lechera pierde durante la lactancia expresado en diferentes unidades de energía. Este valor es de 4.92 Mcal. expresado en Energía Neta de lactancia. En la misma tabla figura el valor energético de la leche según su contenido de grasa que es alrededor de 0.7 Mcal. de energía neta. El aporte de la movilización de las reservas corporales (energía) permite a la vaca producir más de 400 kgs. de leche durante la lactancia. De los datos de la tabla 6.2 y del dato de la merma de peso de la vaca que figura más arriba es posible calcular ese aporte:

Si tomamos un valor de 0.7 megacalorías de energía de 1

kg. de leche y suponiendo que la vaca pierde 60 kg. de peso durante la lactancia .

Entonces:

1- 60 kgs.\* 4.92 mcal.=295.2 mcal.En.neta lact.

2- 295.2 / 0.7 = 421 kgs.de leche

### Crecimiento

El período de crecimiento en ganado bovino se prolonga durante algunos años.El ganado llega a la madurez corporal,es decir a la etapa en que el animal ha llegado a su pleno desarrollo,a los 6 años;pero el período de crecimiento que incumbe a la formulación de raciones para el crecimiento es :

1-Del nacimiento a primer parto

2-Primera y segunda lactancia.La vaca sigue creciendo durante estas lactancias,y debe recibir energía para permitir ese crecimiento.

### A-Energía.

Los requerimientos de energía son en base a:

\* Mantenimiento del animal que a su vez depende del tamaño o peso metabólico.

\* Incremento de peso deseado.

Este es un punto sobre el cual se han hecho muchos trabajos en los últimos años .

El incremento de peso deseado depende de la edad y el peso deseados (u óptimos) al primer parto. Cuanto mayor sea la edad del animal al primer parto y menor sea su peso en esa etapa ,menor será el incremento necesario para llegar a esas metas. En los sistemas de ganadería extensiva de carne o doble propósito la edad al primer parto es de 3 años y más y el peso de los animales es bastante bajo dependiendo de las razas en cuestión . En los sistemas intensivos de ganadería de leche existe concenso hoy día de que la meta debe ser de obtener el primer parto a la edad de 2 años ,pesando el animal (Holstein )a esa edad alrededor de 550 kgs. antes del parto.Esto significa que el incremento de peso diario deseado es de 700 gramos. En las tablas de requerimientos se presentan los requerimientos para animales de distintos pesos o edades y para distintos incrementos diarios de peso.

### B-Proteína.

La composición del incremento de peso del animal en crecimiento varía con la edad del animal. En animales muy jóvenes el incremento de peso contiene mucha proteína. Con el transcurso del tiempo el incremento de peso contiene menos proteína y más grasa. En animales jóvenes la ración debe contener relativamente más proteína y el porcentaje de ésta disminuye en la ración a medida que el animal crece. Esta tendencia se puede distinguir en la tabla de requerimientos de la cría que aparece en la página.

### Consumo de Materia Seca de la Cría

En las tablas figura el consumo de materia seca de la cría para cada tamaño de animal y cada tasa de incremento de peso. Estos datos de consumo de materia seca son moderados. No son los máximos que el animal puede consumir.

### Requerimientos de Crecimiento de Vacas Jóvenes

Vacas primerizas están aún en crecimiento durante la etapa de su primera lactancia y por lo tanto -tal como figura en la tabla 7.3 deben recibir 20 % de energía adicional a la energía de mantenimiento para asegurar su crecimiento. Vacas en su segunda lactancia deben recibir un suplemento de 10 % a sus requerimientos de mantenimiento.

En la tabla 7-3 aparecen-entre otros- los requerimientos de energía neta del animal para mantenimiento según su peso vivo. Tomemos como ejemplo una primeriza que pesa después del parto 450 kgs.

Su requerimiento de energía neta para mantenimiento es de 7.82 Mcal. por lo tanto el suplemento de energía para crecimiento durante la primera lactancia será de 1.56 Mcal de En. neta por día.  $(7.82 \times 20 / 100)$

En la parte inferior de la tabla 7.3 figuran los datos que nos permiten calcular el incremento de peso de primerizas o vacas de segundo parto cuando reciben el suplemento mencionado de 10 o 20 % de energía.

Para cada kg. de incremento de peso se requieren 5.12 mcal., entonces 1.56 mcal dividido 5.12 son 304 gramos de incremento de peso diario.

Si multiplicamos 304 grs. por 305 días de lactancia obtendremos el crecimiento durante la primera lactancia que será de 92.7 kgs. Este es el incremento de peso recomendado (80 -100 kgs.) en la raza Holstein entre primero y segundo parto.

### Gestación

Durante los 7 primeros meses de gestación los requerimientos del feto son muy reducidos. El feto crece 10 kgs. durante ese período lo que significa un incremento de peso diario de 47 grs.

La ración que recibe contiene generalmente un cierto excedente en nutrientes, y aún cuando no los tenga los requerimientos son tan ínfimos y la prioridad que tiene el feto en la absorción de los nutrientes en la vaca gestante es alta de modo que le permite crecer durante ese período sin problemas. Durante los últimos 2 meses de gestación el feto crece a razón de 500 gramos por día. En éste período los requerimientos del feto forman una parte bastante considerable de los requerimientos totales de la vaca. En la primera parte de la tabla 7.3 figuran los requerimientos de mantenimiento de las vacas adultas no lactantes. En la segunda parte de la tabla figuran los requerimientos de las vacas en los dos últimos meses de gestación. Es de mencionar que los datos se refieren a vacas adultas que han completado su etapa de crecimiento. Vacas jóvenes de primer parto que todavía están creciendo tienen requerimientos adicionales a ese fin. Asimismo vacas que se han secado en condición corporal baja a las cuales es necesario mejorar su condición corporal en lo posible durante la época seca, deben recibir más energía de la que figura en la tabla. No se incluyen estos requerimientos por ser ellos muy variados dependiendo de la condición del animal y su edad.

Tabla 7.3

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE NUTRIENTES PARA VACAS  
LACTANTES Y GESTANTES

PESO VIVO KG	ENERGÍA				PROTEÍNA CRUDA	MINERALES	
	NEL (MCAL)	EM (MCAL)	ED (MCAL)	NDT KG	TOTAL GR	Ca	P
MANTENIMIENTO DE VACAS ADULTAS LACTANTES (a)							
400	7.16	12.01	13.80	3.13	318	16	11
450	7.82	13.12	15.08	3.42	341	18	13
500	8.46	14.20	16.32	3.70	364	20	14
550	9.09	15.25	17.53	3.97	388	22	16
600	9.70	16.28	18.71	4.24	406	24	17
650	10.30	17.29	19.86	4.51	428	26	19
700	10.89	18.28	21.00	4.78	449	28	20
750	11.47	19.25	22.12	5.02	468	30	21
800	12.03	20.20	23.21	5.26	488	32	23
MANTENIMIENTO MAS 2 ULTIMOS MESES DE GESTACION DE VACAS ADULTAS							
400	9.30	15.26	18.23	4.15	890	26	18
450	10.16	16.66	19.91	4.53	973	30	20
500	11.00	18.04	21.55	4.90	1053	33	22
550	11.81	19.37	23.14	5.27	1131	36	24
600	12.61	20.68	24.71	5.62	1207	39	26
650	13.39	21.98	26.23	5.97	1281	43	28
700	14.15	23.21	27.73	6.31	1355	46	30
750	14.90	24.44	29.21	6.65	1427	49	32
800	15.64	25.66	30.65	6.98	1497	53	34
PRODUCCION DE LECHE -NUTRIENTES POR KG DE LECHE DE DIFERENTE CONTENIDO DE GRASA							
GRASA %							
3.0	0.64	1.07	1.23	0.280	78	2.73	1.68
3.5	0.69	1.15	1.33	0.301	84	2.97	1.83
4.0	0.74	1.24	1.42	0.322	90	3.21	1.98
4.5	0.78	1.32	1.51	0.343	96	3.45	2.13
5.0	0.83	1.40	1.61	0.364	101	3.69	2.28
5.5	0.88	1.48	1.70	0.385	107	3.93	2.43
CAMBIO DE PESO DURANTE LA LACTANCIA - NUTRIENTES POR KG DE CAMBIO DE PESO							
PERDIDA DE PESO	-4.92	-8.25	-9.55	-2.17	-320	-	-
GANANCIA DE PESO	5.12	8.55	9.96	2.26	320	-	-

FUENTE: NRC 1989

Las abreviaciones usadas son :NEL -Energía neta de lactancia  
EM-energía metabolizable,ED-energía digestible,NDT-Nutrientes digestibles  
totales.

(a)Para permitir el crecimiento de vacas jóvenes lactantes aumente  
los requerimientos de mantenimiento en 20 % para la primera lactancia  
y en 10 % para la segunda lactancia.

### CALCULO de la RACION

La tarea de cálculo de raciones contiene dos elementos que es necesario tomar en cuenta.

- 1- Los requerimientos específicos del animal o grupo de animales en los distintos nutrientes específicos, como energía, proteína, minerales, vitaminas, expresados cada uno en las unidades específicas de cada nutriente. La energía en megacalorías (o megajulios), la proteína en gramos o kilogramos, los minerales en gramos o miligramos, las vitaminas en unidades internacionales o miligramos.
- 2- Los alimentos (disponibles al período en que se ejecutará la alimentación de la ración a calcular) y la combinación de ellos que satisficará los requerimientos mencionados anteriormente. La finalidad del cálculo de ración se puede resumir en la siguiente ecuación:

REQUERIMIENTOS (Energ, Prot, Miner, Vitamin)	=	RACION Ingredientes (Energía, Prot, Miner, Vitamin)
---	---	---

Los requerimientos en cada nutriente son aditivos y así se llega a resumir los requerimientos para el animal particular en cada uno de los nutrientes. La energía es el nutriente de mayor cantidad en la ración. El requerimiento de energía depende del peso del animal y la producción de leche (tomando en cuenta el porcentaje de grasa en ésta). Si la ración aporta la energía que las normas estipulan para el determinado peso del animal y la determinada producción se supone que el animal se encontrará en equilibrio energético es decir no aumentará de peso ni bajará de peso ya que el aporte de nutrientes es igual a los requerimientos.

La ración se compone de diversos alimentos. Cada uno contiene diversas cantidades de nutrientes. Es necesario el conocimiento de la composición de los alimentos que se darán en la ración a los animales para asegurar el abastecimiento de los nutrientes requeridos. Se usan generalmente las tablas de composición de alimentos como fuente de datos para cálculo de la ración. Conviene usar datos del país o de la región. En las universidades generalmente existen datos de

composición de alimentos de la región. Teniendo la composición de los alimentos relevantes que participarán en la composición de la ración es posible proceder al cálculo de la ración.

El cálculo de la ración se hará de manera que la suma de los nutrientes que aportan los alimentos en la ración equivaldrá a los requerimientos calculados.

Por intermedio del análisis bromatológico de los alimentos es posible precisar en la formulación de la ración.

Es recomendable usar el laboratorio para analizar alimentos cuando el laboratorio es confiable en sus resultados y estos se entregan en tiempo razonable.

Es muy importante tomar muestras representativas de los alimentos en la finca. El muestreo adecuado de estos es fundamental para que los resultados sean representativos del volumen total del alimento en cuestión. De otra forma se estará calculando raciones que no representan a los alimentos existentes y la ración no estará aportando los nutrientes que se intenta aportar. La composición de los alimentos concentrados es más constante que la de los alimentos forrajeros. Estos varían mucho en su composición. Por lo tanto generalmente se analizan los forrajes. Mucho menos los concentrados ya que la probabilidad de que la información sobre la composición de los concentrados que figura en las tablas de composición de alimentos sea representativa es mucho mayor que la de los forrajes. Es recomendable analizar forrajes conservados, que serán ofrecidos al ganado durante períodos relativamente largos y por lo tanto hay cantidad considerable de ellos en la finca.

Economía de la ración Dada la variedad de alimentos existentes es posible llegar a satisfacer los requerimientos del animal con diferentes raciones que contengan variedad de ingredientes y de diferentes cantidades de ellos. Todas ellas satisfaciendo los requerimientos estipulados. La diferencia entre esas raciones radica en el costo de cada una de ellas.

La finalidad de la composición de raciones es no solamente satisfacer los requerimientos del animal, sino hacerlo al mínimo costo posible.

Los programas de cálculo de raciones por computadora permiten calcular raciones de mínimo costo lo cual es muy importante si tomamos en cuenta que los gastos de

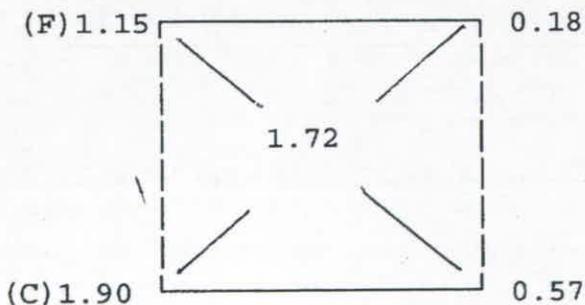
alimentación constituyen el 50 a 70 % de los gastos totales en el hato (segun el ramo de ganadería que se considere).

Abastecimiento de Forrajes en la Ración Siendo el forraje generalmente más barato que el concentrado es conveniente usarlo en la máxima cantidad posible ,de acuerdo al nivel de producción en cada caso.

#### CALCULO DE FORRAJE EN LA RACION

La cantidad máxima de forraje posible de incluir en la ración está dada por la mínima cantidad de energía necesaria en ella ya que el contenido de energía de los forrajes es menor que el de los concentrados. Cuanto más alta es la calidad de los forrajes, mayor será la cantidad posible de incluir en la ración. Forrajes de alta calidad aportan 1.35-1.50 Mcal de energía neta por kg de materia seca . Forrajes de baja calidad aportan 1.15-1.2 Mcal . Suponiendo que el concentrado contiene 1.90 Mcal de energía neta por kg. de materia seca y que la ración debe contener 1.72 Mcal de energía neta por kg. de materia seca- que es la norma para vacas de alta producción es posible calcular la cantidad de forraje a incluir en la ración de acuerdo a su calidad o contenido de energía. Lo haremos por el cuadrado de Pearson para dos forrajes de calidades extremadamente opuestas (1.15 y 1.5 de energía neta)

1-Forraje con contenido de 1.15 Mcal. de energía Neta/kg.

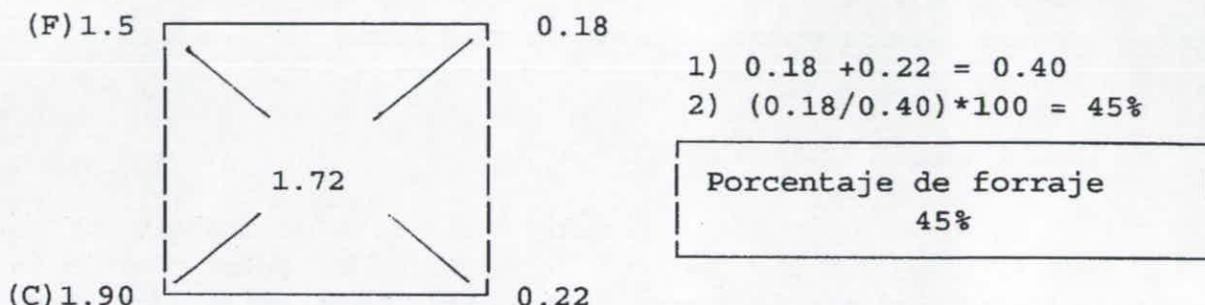


1)  $0.18 + 0.57 = 0.75$

2)  $(0.18 / 0.75) * 100 = 24\%$

Porcentaje de forraje  
24%

## 2-Forraje de 1.5 Mcal.de energía neta



En el primer caso, 0.18 partes de forraje y 0.57 partes de concentrado daran la concentración de 1.72 mcal de energía. Calculado en porcentaje de forraje - 24 %. En el segundo caso 0.18 partes de forraje y 0.45 partes de concentrado daran esa concentración de energía. Calculado en porcentaje de forraje - 45 %

La inclusión de máxima cantidad posible de forraje en la ración permite reducir la cantidad de concentrado a dar. Esto tiene varios beneficios para el rumiante. El uso de forrajes de alta calidad permite la reducción de la cantidad de concentrado sin afectar la concentración de energía en la ración y por ello se reduce la incidencia de problemas.

### LA ELECCION DE LOS FORRAJES

La variedad de los forrajes es grande del punto de vista de sus características. Aparte de su calidad, de la cual ya se ha tratado más arriba existe el factor económico: cual forraje es más barato por unidad de energía. Esto está relacionado con la producción de biomasa por unidad de superficie. Con la longevidad de la planta que depende de la resistencia al pisoteo, a la expansión de malezas, con los requerimientos de fertilización y otros insumos para obtener los rendimientos esperados, etc. Otros factores característicos de los forrajes que pueden influir en la producción del hato son el contenido de humedad de estos, que puede influir en el consumo de la ración total si se da como ración integral (mezclados todos los ingredientes y ofrecidos como un solo alimento).

El factor de costo por unidad de energía del forraje no es el único factor a considerar en la elección. La finalidad de la ganadería es máxima ganancia. El forraje más conveniente es el que permite la máxima ganancia. Sucede en ciertos casos que un forraje más caro por unidad de energía produce una ganancia mayor por su influencia específica en la producción de leche.

#### EL CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS

En el ejemplo a continuación se trata de una ración que se calcula para una vaca que incrementa su peso vivo en la lactancia y por lo tanto la ración debe aportar también nutrientes para ese fin.

##### Datos

- 1- Peso Vivo -600 kgs.
- 2- producción-15 kgs. de leche 4% de grasa
- 3- Incremento de Peso Diario -330 gramos

De la tabla 7.3 obtenemos los siguientes datos  
Requerimientos:

##### 1- ENERGIA NETA

- A) Mantenimiento- 9.7 Mcal En. Neta de Lactancia
- B) Producción - 0.74 Mcal (En.Neta)por kg. de leche.
- C) Incremento de Peso =1.69 Mcal.En.Neta  
(Req.  $5.12 \times 0.33 = 1.69$  Mcal.)
- D) Total =  $9.7 + 11.1 + 1.69 = 22.49$  Mcal. En.Neta

##### 2- Proteína Cruda

- A) Mantenimiento - 406 gramos
- B) Producción - 90 gramos por kg. de leche.  
Req. total  $90 \times 15 = 1350$  grs.
- C) Incremento de Peso = 106 grs.  
(Req.  $0.320 \times 0.330 = 0.106$  )
- D) Total =  $406 + 1350 + 106 = 1862$  grs.

### CONSUMO VOLUNTARIO MAXIMO DE MATERIA SECA

Este dato se obtiene de la tabla 6-1. Allí figura que el consumo será 2.6 % del peso vivo .

$$600 * 2.6 / 100 = 15.6 \text{ kgs.}$$

### ALIMENTOS A USAR EN LA RACION A CALCULAR

En el ejemplo que usamos se usarán los alimentos que figuran en la tabla a continuación con la composición que figura allí:

Alimento	Materia. seca %	energía Neta L. Mcal.	proteína Cruda %	Fibra Cruda %
King Grass	20	1.20	10	30
Cebada Grano	88	2.00	13	6
Soya Torta	88	1.94	48	6

Los datos fueron tomados de tablas de composición de alimentos.

### CONCENTRACION DE ENERGIA NECESARIA EN LA RACION

Para calcular la máxima cantidad de forraje posible a incluir en la ración necesitamos saber la concentración de energía necesaria en la ración de acuerdo al consumo de materia seca y la energía total requerida. De los datos que figuran más arriba :

$$22.49 \text{ (requerimientos)} / 15.6 \text{ (M.S.)} = 1.44 \text{ Mcal E.N./kg.M.S.}$$

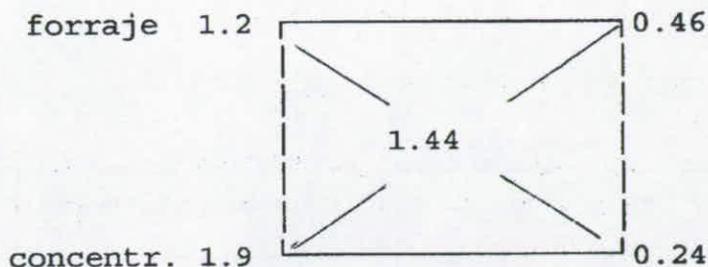
$$\text{Concentración de energía en la ración} = 1.44 \text{ Mcal.E. N.}$$

### CALCULO DE FORRAJE EN LA RACION

#### A) Porcentaje de forraje

Suponiendo que el forraje es el alimento más barato de la ración calcularemos la máxima cantidad que es posible incluir en la ración de acuerdo a la energía necesaria. Esto

lo haremos usando el cuadrado de Pearson. Supongamos que el concentrado contiene 1.9 Mcal de En. Neta Lactancia por kg. de materia seca.



la relación correcta es de 0.46 partes de forraje y 0.24 partes de concentrados .

El porcentaje de forraje será:

a)  $0.46 + 0.24 = 0.70$

b)  $0.46 / 0.70 * 100 =$

**65.7 %**

#### B) Cantidad de Forraje en la Ración

En base al consumo voluntario máximo de materia seca determinado anteriormente (15.6 kgs.) calculamos la cantidad de forraje en la ración - en materia seca.

$$15.6 * 65.7 / 100 = \mathbf{10.2 \text{ kgs.}}$$

En materia fresca -  $10.2 / 0.2 = 51 \text{ kgs.}$

#### CALCULO DE PORCENTAJE DE PROTEINA EN LA RACION

En base a la cantidad de proteína cruda necesaria y el consumo voluntario de materia seca, se calcula:

$$1.862 / 15.6 * 100 = \mathbf{11.9 \%}$$

proteína cruda en la ración = 11.9 %

### CALCULO DE PORCENTAJE DE PROTEINA REQUERIDO EN EL CONCENTRADO

Forraje	-	65.7 % * 10 % = 6.57 %
Concentrado	-	34.3 % * ? = 5.33 %
		<hr/>
		100 % = 11.9 %

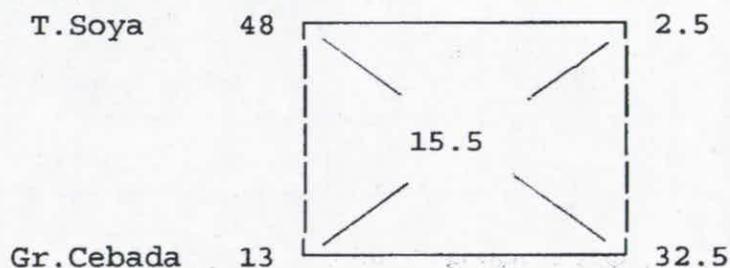
El porcentaje se obtiene dividiendo el porcentaje de proteína que debe aportar el concentrado por el porcentaje de concentrado en la ración:

Porcentaje de proteína cruda  
en el concentrado -  $5.33/34.3 =$  15.5 %

### CALCULO DE COMPOSICION DEL CONCENTRADO

Se usa nuevamente el cuadrado de Pearson. De la tabla de composición de alimentos obtenemos el contenido de proteína de ellos.

Usando el cuadrado de Pearson:



2.5 partes de Torta de Soya y 32.5 partes de Grano de Cebada dan el porcentaje necesario de proteína en el concentrado.

\* Calculo de composición del concentrado en porcentajes :

Torta de Soya  $2.5 / 35 * 100 = 7.14 %$   
Cebada Grano  $32.5 / 35 * 100 = 92.8 %$

\* Cálculo de cantidades de ingredientes en el concentrado en la ración en Kgs.de materia seca :

Cantidad de Concentrado (materia seca) = 5.4 kgs.

Torta de Soya	$5.4 \times 7.14 / 100 =$	kgs 0.386
Cebada Grano	$5.4 \times 92.8 / 100 =$	

Para calcular en materia fresca -dividir las cantidades entre el porcentaje de materia seca que contiene el alimento. En este caso ambos alimentos contienen 88 % de materia seca, por ello se divide por 0.88 .

En materia fresca - T.Soya                   kg. 0.439.  
  G.Cebada                   kg. 5.69

Tabla 7.4 Composición de ración calculada

Alimento	M.F. Kgs.	M.S. Kgs.	energía Neta L. Mcal.	proteína Cruda Kgs.	Fibra Cruda Kgs.
King Grass	51.00	10.2	12.24	1.02	3.06
Cebada grano	5.87	5.011	10.32	0.651	0.31
Soya Torta	0.27	0.386	0.517	0.185	0.014
<b>Total</b>	<b>57.14</b>	<b>15.6</b>	<b>23.08</b>	<b>1.856</b>	<b>3.384</b>
<b>Porc./concentración</b>		<b>27.3</b>	<b>1.48</b>	<b>11.9</b>	<b>21.7</b>

En la tabla se resume la ración calculada la cual es posible analizar:

- 1-Materia seca.Kgs.Es la que segun las tablas de consumo el animal podra consumir.
- 2-Porcentaje de Materia seca.Es de 27.3 %.Este es un porcentaje bajo,por formar el pasto verde la mayor parte de la ración. En el caso presentado aquí el consumo no es alto y se supone que la vaca consumirá la ración sin problemas.
- 3-Energía .Es un poco más alta de la necesaria (23.08 comparada con los requerimientos que son de 22.49).

Esto se debe a que tanto la cebada como la torta de soya contienen un poco más de energía de la supuesta que es 1.9. La diferencia es ínfima.

4-Proteína Cruda.La ración contiene el porcentaje requerido.

#### RACION INTEGRAL

Esta forma de abastecimiento de la ración se comenzó a fines de la década de los años sesenta.

Es apropiado para hatos que tienen una producción de por lo menos 7500 kgs. de leche por vaca/hato por año.

Este es un sistema difundido en hatos no pequeños en los que se agrupa a las vacas según cierto común denominador: nivel de producción o etapa de lactancia, y la alimentación al grupo es colectiva.

Consiste en reparto de la ración una o dos veces al día, a cada grupo de vacas, siendo todos los ingredientes mezclados (generalmente en un carro mezclador) de modo tal que los animales ingieren en cada bocado todos los ingredientes de la ración en las proporciones en que se mezclaron previamente. La ración se ofrece ad libitum teniendo precaución -especialmente en las vacas altas productoras- de que nunca falte alimento en el comedero. En esa forma se evita la competencia entre las vacas por la ración. En este sistema tienen acceso libre al comedero, y no deben haber vacas subalimentadas. La cantidad de ración a echar en el comedero por día se calcula de acuerdo a la tabla 7.1 en la que figura el consumo aproximado de las vacas en producción (existen también para la cría o para los novillos en ceba).

Según se vió más arriba esto depende del peso vivo del animal y de su producción diaria.

Debido a que el consumo del grupo varía de día a día por la variación de los diversos factores que influyen en él es necesario tener un seguimiento preciso de la cantidad de alimento en los comederos y ajustar las cantidades de ración a dar de acuerdo a ello, para que no falte alimento pero que tampoco sobre demasiado de él.

En este sistema de alimentación la proporción de los nutrientes en la ración es constante y la variación está en el consumo de acuerdo al apetito de los animales.

Tabla 7.4  
CONTENIDO DE NUTRIENTES RECOMENDADO EN RACIONES DE GANADO LECHERO

VACA PESO VIV KGS.	GRASA %	INCREMENTO DE PESO KG/DIA	RACIONES PARA VACAS LACTANTES						VACAS SECAS GESTAN	NIVELES TOLERABLE MAXIMOS (e)
			PRODUCCION DE LECHE KG/D							
400	5.00	0.220	7	13	20	26	33	COMIENZO DE LACTANCIA		
500	4.50	0.275	8	17	25	33	41			
600	4.00	0.330	10	20	30	40	50			
700	3.50	0.385	12	24	36	48	60			
800	3.50	0.440	13	27	40	53	67	0-3 SEMANAS		
<b>ENERGIA</b>										
NEL, Mcal.			1.42	1.52	1.62	1.72	1.72	1.67	1.25	
EM, Mcal.			2.35	2.53	2.71	2.89	2.89	2.8	2.04	
ED, Mcal.			2.77	2.95	3.13	3.31	3.31	3.22	2.47	
NDT % DE M. SECA			63	67	71	75	75	73	56	
<b>EQUIVALENTE DE PROTEINA</b>										
Proteína Cruda %			12	15	16	17	18	19	12	
Proteína de sobrepeso %			4.4	5.2	5.7	5.9	6.2	7.0	-	
Proteína Degradable %			7.8	8.7	9.6	10.3	10.4	9.7	-	
<b>FIBRA (mínimo)(b)</b>										
Fibra Cruda %			17	17	17	15	15	17	22	
Fibra Detergente Ácida %			21	21	21	19	19	21	27	
Fibra Detergente Neutra %			28	28	28	25	25	28	35	
Extracto Etéreo (mínimo) %			3	3	3	3	3	3	3	
<b>MINERALES</b>										
Calcio %			0.43	0.51	0.58	0.64	0.66	0.77	0.39	2.00
Fosforo %			0.28	0.33	0.37	0.41	0.41	0.48	0.24	1.00
Magnesio %			0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.16	0.50
Potasio %			0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	0.65	3.00
Sodio %			0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	-
Cloro %			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	-
Azufre %			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.16	0.40
Hierro p.p.m.			50	50	50	50	50	50	50	1000
Cobalto p.p.m.			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	10
Cobre p.p.m.			10	10	10	10	10	10	10	100
Manganeso p.p.m.			40	40	40	40	40	40	40	1000
Zinc p.p.m.			40	40	40	40	40	40	40	500
Iodo p.p.m.			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.25	50
Selenio p.p.m.			0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	2.00
<b>VITAMINAS</b>										
A, I.U./KG.			3200	3200	3200	3200	3200	4000	4000	66000
D, I.U./KG			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1200	10000
E, I.U./KG			15	15	15	15	15	15	15	2000

Fuente N.R.C. 1989

Nota: Los valores en esta tabla son para ser usados como guía únicamente para uso de profesionales en formulación de dietas.

(a) Los niveles máximos tolerables para muchos de los elementos minerales no están bien definidos y pueden ser afectados sustancialmente por condiciones específicas de alimentación.

(b) Se recomienda que el 75 % de la fibra en la ración de vacas lactantes provenga de forraje. Si no se sigue esta recomendación habrá merma del porcentaje de grasa en la leche.

constata de acuerdo a los restos de alimento dejados en el comedero después de 24 horas, se ajusta la cantidad total de ración para el grupo. Esto debe hacerse a diario ya que existe variación diaria en el consumo de ración.

Está implícito que en el rango de consumo probable de materia seca que consumirán las vacas lecheras según la tabla 7.1, teniendo la ración la concentración de nutrientes que se recomienda según la tabla 7.4 recibirán las cantidades de nutrientes que se estipulan en la tabla 7.3 .

#### Comparación entre las tablas 7.3 y 7.4

Ambas tablas son tablas de requerimiento de nutrientes. La tabla 7.3 presenta los requerimientos en cantidades ( grs, kgs, megacalorías ). La tabla 7.5 presenta los requerimientos en concentración de nutrientes en la ración, sin especificar cantidades.

El nexo entre ambas tablas radica en la cantidad de materia seca que consume la vaca.

Conociendo la cantidad de materia seca ingerida y según la concentración de nutrientes especificada en la tabla 6.4 es posible calcular en una ración que se calculó según concentración de nutrientes, las cantidades de cada uno de estos que la vaca ingiere.

Una ración puede estar formulada en forma correcta en concentración de nutrientes , pero si la ración es ingerida en cantidad reducida, habrá deficiencia de todos los nutrientes para la producción y peso vivo del animal para los cuales se calculó.

Es necesario recalcar que el animal no come porcentajes sino cantidades de los diferentes nutrientes. Ofreciendo las raciones ad libitum se asegura el consumo de las cantidades pertinentes, por ello es necesario que las raciones integrales sean dadas ad libitum.

Para los grupos de vacas de baja producción , cuando se da ración integral es necesario diluir la ración usando alimentos de bajo contenido de energía para poder darla a voluntad.

Tabla 7.4  
CONTENIDO DE NUTRIENTES RECOMENDADO EN RACIONES DE GANADO LECHERO

VACA PESO VIV KGS.	GRASA %	INCREMENTO DE PESO KG/DIA	RACIONES PARA VACAS LACTANTES						COMIENZO DE LACTANCIA 0-3 SEMANAS	VACAS SECAS GESTAN	NIVELES TOLERABLE MAXIMOS (e)
			PRODUCCION DE LECHE KG/D								
400	5.00	0.220	7	13	20	26	33				
500	4.50	0.275	8	17	25	33	41				
600	4.00	0.330	10	20	30	40	50				
700	3.50	0.385	12	24	36	48	60				
800	3.50	0.440	13	27	40	53	67				
ENERGIA											
NEL, Mcal.			1.42	1.52	1.62	1.72	1.72	1.67	1.25		
EM, Mcal.			2.35	2.53	2.71	2.89	2.89	2.8	2.04		
ED, Mcal.			2.77	2.95	3.13	3.31	3.31	3.22	2.47		
NDT % DE M. SECA			63	67	71	75	75	73	58		
EQUIVALENTE DE PROTEINA											
Proteína Cruda %			12	15	16	17	18	19	12		
Proteína de sobrepeso %			4.4	5.2	5.7	5.9	6.2	7.0	-		
Proteína Degradable %			7.8	8.7	9.6	10.3	10.4	9.7	-		
FIBRA (mínimo)(b)											
Fibra Cruda %			17	17	17	15	15	17	22		
Fibra Detergente Ácida %			21	21	21	19	19	21	27		
Fibra Detergente Neutra %			28	28	28	25	25	28	35		
Extracto Etéreo (mínimo)%			3	3	3	3	3	3	3		
MINERALES											
Calcio %			0.43	0.51	0.58	0.64	0.66	0.77	0.39	2.00	
Fosforo %			0.28	0.33	0.37	0.41	0.41	0.48	0.24	1.00	
Magnesio %			0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.16	0.50	
Potasio %			0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	0.65	3.00	
Sodio %			0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	-	
Cloro %			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	-	
Azufre %			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.16	0.40	
Hierro p.p.m.			50	50	50	50	50	50	50	1000	
Cobalto p.p.m.			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	10	
Cobre p.p.m.			10	10	10	10	10	10	10	100	
Manganeso p.p.m.			40	40	40	40	40	40	40	1000	
Zinc p.p.m.			40	40	40	40	40	40	40	500	
Iodo p.p.m.			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.25	50	
Selenio p.p.m.			0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	2.00	
VITAMINAS											
A <sub>1</sub> -I.U./KG.			3200	3200	3200	3200	3200	4000	4000	66000	
D <sub>1</sub> -I.U./KG			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1200	10000	
E <sub>1</sub> -I.U./KG			15	15	15	15	15	15	15	2000	

Fuente N.R.C. 1989

Nota: Los valores en esta tabla son para ser usados como guía únicamente para uso de profesionales en formulación de dietas.

(a) Los niveles máximos tolerables para muchos de los elementos minerales no están bien definidos y pueden ser afectados sustancialmente por condiciones específicas de alimentación.

(b) Se recomienda que el 75 % de la fibra en la ración de vacas lactantes provenga de forraje. Si no se sigue esta recomendación habrá merma del porcentaje de grasa en la leche.



### Bibliografía

- 1- Blaxter K.L. 1964 . Metabolismo Energetico de los Rumiantes Ed. Acribia .Zaragoza.
- 2- A.Bondi- 1986. Nutrición Animal Ed. Acribia.Zaragoza.
- 3- D.C.Church-1988.The Ruminant Animal.Digestive Physiology and Nutrition.D.C.Church .Editor.Prentice Hall.New Jersey U.S.A.
- 4- I.N.R.A.-1981.Alimentación de los Rumiantes. Rumiantes.Ed.Mundi-Prensa Madrid
- 5- M.E.McCullough-1973.Alimentación Práctica de la Vaca Lechera.Ediciones Varias
- 6- Morrison F.B.1965. Alimentos y Alimentación del Ganado. Ed. U.T.E.H.A. Mexico
- 7- N.R.C.-1988 .(National Research Council).Nutrients Requirements of Dairy Cattle.Sixth Revised Edition. Update 1989 Ed.National Academic Press. Washington D.C.
- 8- N.R.C.-1985 .(National Research Council).Ruminant Nitrogen Usage.Ed. National Academic Press. Washington D.C.