
REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES SEGÚN ESTADO FISIOLÓGICO EN BOVINOS DE LECHE *

La producción bovina de leche, es un complejo proceso en donde los animales pueden transformar diferentes sustancias químicas y físicas de origen vegetal, mineral y animal, en un producto alimenticio de alto valor biológico para el hombre, como es la leche.

La habilidad de los animales para transformar estas sustancias, ha sido motivo de permanente selección genética lográndose en la actualidad, una elevada eficiencia de convertir los nutrientes alimenticios en producto animal. Sin embargo, esto ha traído también, como consecuencia, mayores exigencias orgánicas a los animales que en muchos casos, significa deteriorar su salud y reproducción afectando así la sustentabilidad del proceso productivo.

En este capítulo, se entrega información acerca de la fisiología digestiva de los rumiantes y de los requerimientos de nutrientes que tienen los animales bovinos de leche, en las diferentes etapas de su desarrollo y estado fisiológico.

1. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS RUMIANTES

La principal habilidad que tienen los rumiantes, es la de poder digerir y utilizar forrajes al estado fresco o conservados para cubrir sus requerimientos nutricionales. Para poder realizar esto, cuentan con un aparato digestivo con un complejo estómago, compuesto por cuatro compartimentos que alberga una gran cantidad de microorganismos, (bacterias, protozoos y hongos), ubicados mayoritariamente en el rumen, Figura 1.

1.1 Componentes del Aparato Digestivo

1.1.1 Rumen-retículo: ambos compartimentos, forman una cámara que mantiene un ambiente favorable para una fermentación anaeróbica (sin aire, sin oxígeno). Los microorganismos se encargan de degradar los diversos nutrientes, que contienen los alimentos ingeridos por el animal.

Para que los procesos de fermentación se desarrollen adecuadamente, se necesitan ciertas condiciones como:

**Francisco Lanuza A., INIA Remehue*

- Un aporte suficiente de sustratos (alimentos)
- Temperatura entre 39-40 °C
- Un pH (acidez) de 6,7- 6,8
- Remoción de desechos no digeribles
- Remoción de microorganismos
- Traspaso de ácidos grasos volátiles (AGV) a través de las paredes

El transporte de desechos y microorganismos se hace mediante contracciones, que se originan en el retículo, que sirven también para la eliminación de gases (eructo). Por cada animal adulto se producen entre 30 a 50 litros/hora siendo los principales, el Bióxido de Carbono (60-70%), el Metano (30-40%) y el Nitrógeno (7%).

1.1.1.1 Contenido ruminal

El contenido del rumen en el bovino es de 30-60 kg. alimento y los productos de las fermentaciones se ubican en 3 capas según su gravedad específica. Éstas son: capa gaseosa, capa sólida y capa líquida, figura 2.

Capa Gaseosa: Se localiza en la parte superior, y en ella se encuentran los gases producidos durante la fermentación de los alimentos.

Capa Sólida : Está formada principalmente por alimento y microorganismos flotantes. El alimento consumido más recientemente, por ejemplo el día de hoy, se establece en la parte superior de esta capa, debido a que posee partículas de gran tamaño (1 -2 cm). El alimento consumido con más anterioridad, por ejemplo ayer, se localiza al fondo de la capa sólida, debido a que ya fue fermentado suficientemente y se redujo su tamaño (2-3 mm); en este momento puede ser captado por el retículo y salir a través del orificio retículo-omasal.

Capa líquida: Se localiza ventralmente y ésta contiene líquido con pequeñas partículas de alimento y microorganismos suspendidos. El flujo de material sólido a través del rumen, es bastante lento y depende de su tamaño y densidad. Los alimentos con una buena digestibilidad, pueden tardar alrededor de 30 horas.

1.1.1.2 Contracciones Ruminales

Las contracciones del retículo y rumen son muy importantes para la fermentación, siendo sus principales objetivos:

- Mezclar el alimento.
- Eliminar los gases producidos mediante el eructo.
- Propulsar el contenido ruminal.

Dependiendo de la calidad del alimento y de las condiciones internas del rumen, como el pH, pueden producirse de una a tres contracciones por minuto.

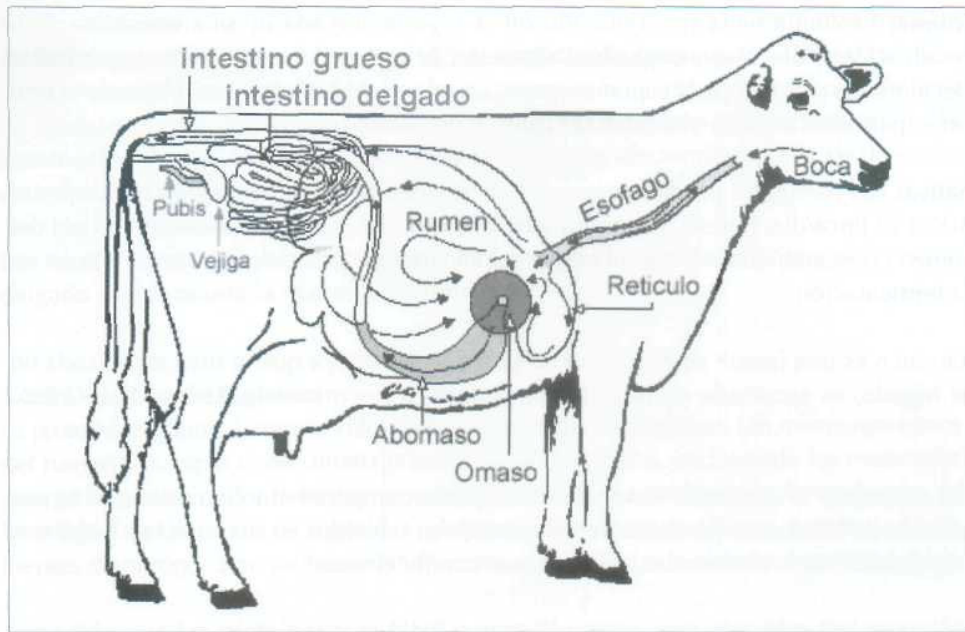


Figura 1. Aparato digestivo de los rumiantes.

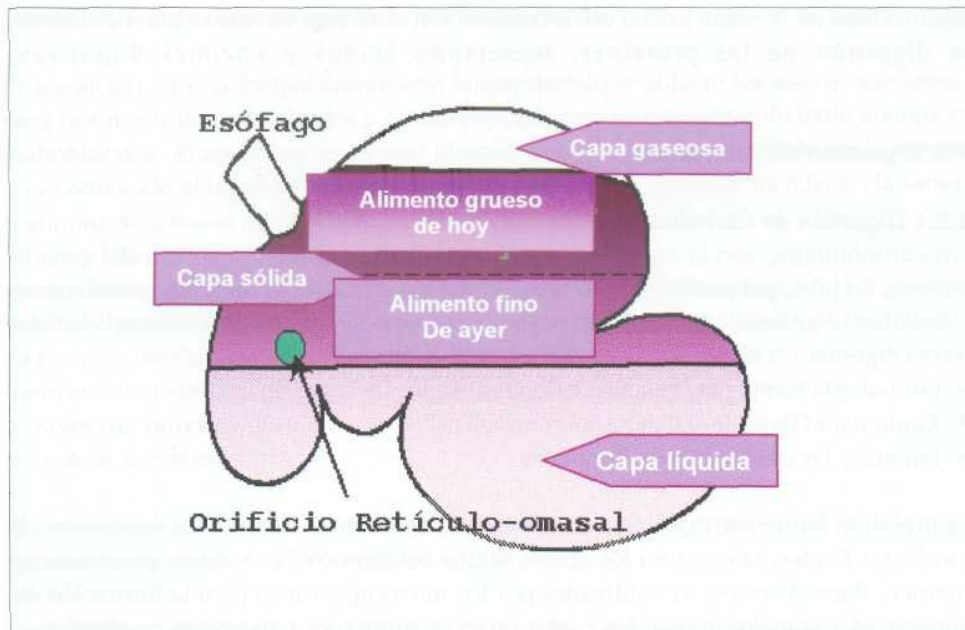


Figura 2. Distribución del contenido ruminal de los bovinos.

Rumia: La rumia es la regurgitación de la ingesta seguida de una remasticación, resalivación, y una nueva deglución. Con esto, se logra reducir el tamaño de partículas del alimento y aumentar la superficie para la fermentación microbiana. La rumia ocurre principalmente cuando el animal descansa y no come.

Saliva: Los ruminantes producen grandes cantidades de saliva; en vacas adultas entre 100-150 litros/día. Por ser rica en fosfatos y bicarbonatos, ayuda a mantener el pH del rumen constante, controlando el efecto acidificador de los ácidos que se producen en la fermentación.

También es una fuente de nitrógeno no proteico (NNP), ya que la urea sintetizada en el hígado, es secretada en la saliva para nutrir a los microorganismos del rumen.

1.1.2 Omaso: El contenido ruminal atraviesa este compartimento, en donde se separa el material sólido. Las partículas del alimento, son retenidos en sus papilas y luego son impulsadas hacia el abomaso mediante sus contracciones.

1.1.3. Abomaso: Se denomina también cuajar y es el llamado estómago verdadero (glandular), pues se parece al estómago de los animales monogástricos. Está muy desarrollado en la etapa inicial del lactante. En el abomaso se realiza principalmente la digestión de las proteínas, secretando ácidos y enzimas digestivas.

1.2 Digestión de Nutrientes

1.2.1 Digestión de Carbohidratos

Los carbohidratos, son la mayor fuente de energía de la dieta alimenticia del ganado lechero. Su principal función es abastecer de energía a los microorganismos del rumen y también al animal. Un segundo objetivo, tiene que ver con la funcionalidad del tracto digestivo. Los carbohidratos fibrosos son necesarios para:

- Estimular la rumia para mejorar la fermentación.
- Aumentar el flujo de saliva hacia el rumen.
- Estimular las contracciones ruminales.

La digestión fermentativa, ocurre en un sistema anaeróbico, dando lugar a la formación de productos finales, tales como los ácidos grasos volátiles (AGV) acético, propiónico y butírico. Parte de éstos, son utilizados por los microorganismos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos, los cuales serán incorporados a su propio metabolismo.

La mayor parte de los AGV pasan a la porción líquida del contenido ruminal, de donde se difunden a través de la mucosa del rumen y retículo; el resto se absorbe en el omaso,

para posteriormente pasar a la circulación sanguínea.

Según sea la dieta, se puede modificar el patrón de fermentación: en dietas basadas en forrajes, predominan el acetato (65%), respecto de propionato (25%) y butirato (10%); en cambio cuando la dieta es alta en granos o concentrados, la proporción será de acetato (45%), propionato (40%) y butirato (15%). Esto último influye en la disminución de la población de microbios celulolíticos, afectando el grado de digestión de la fracción fibrosa del alimento.

Los otros carbohidratos que escapan a la fermentación ruminal, pasan al intestino delgado donde ocurre la digestión enzimática.

1.2.2 Digestión de Proteínas

La proteína es particularmente vulnerable a la fermentación ruminal. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales para el hospedero. Por lo tanto, los rumiantes son casi totalmente independientes de la calidad de las proteínas ingeridas. Además, los microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), como sustrato para la síntesis de aminoácidos.

A medida que las proteínas y el NNP entran al rumen, son atacadas por enzimas microbianas, formándose péptidos. Éstos son degradados a aminoácidos y utilizados para la formación de proteína microbiana, o son degradados todavía más para la producción de energía a través de la vía de los ACV.

El amoníaco es el principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos y proteínas; para esto se requiere suficiente energía o carbohidratos. El amoníaco en exceso liberado en el rumen, es absorbido por la sangre y es conducido al hígado en donde se forma urea, la cual se puede reciclar en la saliva o eliminarse a través de la orina.

En el rumen, cierta cantidad de proteína del alimento, puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse; a ésta se le denomina proteína no degradada. La proteína microbiana, representada por los cuerpos celulares de los microorganismos, junto con las proteínas de la ración que no fueron modificadas por los microorganismos a través del omaso y abomaso, se dirigen hacia el intestino donde son digeridas por acción de varias enzimas.

El crecimiento microbiano depende del aporte de nutrientes y de la velocidad a la cual los microorganismos del rumen se recambian.

Las proteínas, el nitrógeno no proteico (NNP) y los carbohidratos, son utilizados para la producción ruminal de microbios, AGV, amoníaco, metano y bióxido de carbono.

1.2.3 Digestión de Lípidos

La mayoría de los ácidos grasos presentes en la dieta de los rumiantes, son insaturados. En el rumen, son hidrolizados por las bacterias produciéndose ácidos grasos libres y glicerol, para luego de la fermentación transformarse en propionato.

Por otro lado, se sabe que los lípidos que se encuentran en el tejido adiposo del animal y en la leche de las especies rumiantes, son saturados sufriendo poca modificación, por cambios en el aporte de lípidos insaturados de la dieta.

Posteriormente, los lípidos microbianos son digeridos y absorbidos en el intestino delgado. Al igual que con las proteínas, algunos lípidos pueden escapar a la digestión microbiana ruminal y llegar intactos al intestino (donde son digeridos). A estos lípidos se les denominan de sobrepaso.

Las ventajas que presenta la hidrogenación de ácidos grasos son :

- Aumenta el crecimiento bacteriano.
- Se reduce la producción de metano al haber menor cantidad de hidrógeno.
- Aumenta la energía disponible.

2. REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES

Es el conjunto de sustancias químicas (nutrientes; agua, energía, proteína, minerales y vitaminas), que el animal requiere para cumplir con sus necesidades básicas y que le permiten mantener su equilibrio con el medio ambiente. Se expresan como demanda diaria y están influenciados por una serie de factores como el peso, raza, edad, nivel de producción, relación entre nutrientes de la ración y consumo voluntario, clima, entre otros.

2.1 Requerimientos de Mantención

Son aquellas necesidades nutritivas, destinadas a mantener el funcionamiento normal de los procesos vitales, independiente de la función productiva del animal. Éstos corresponden a la respiración, circulación, mantención del tono muscular y otros, cuyo funcionamiento demanda energía de los alimentos que el animal consume. Además y debido a la actividad biológica, el organismo animal está continuamente eliminando nitrógeno a través de fecas, orina y pérdida de tejido. Esto debe ser compensado, y esta necesidad corresponde al requerimiento proteico de mantención.

Algo similar sucede con otros nutrientes como el agua, principal constituyente del organismo; los minerales, que mantienen entre otros el equilibrio electrolítico en la sangre y tejidos; en el caso de las vitaminas, ayudan al normal funcionamiento de los procesos vitales.

Requerimientos de Nutrientes, según estado Fisiológico en bovinos de leche



Figura 3. El control de producción y composición individual de leche es necesario para evaluar si la alimentación cubre los requerimientos nutricionales.

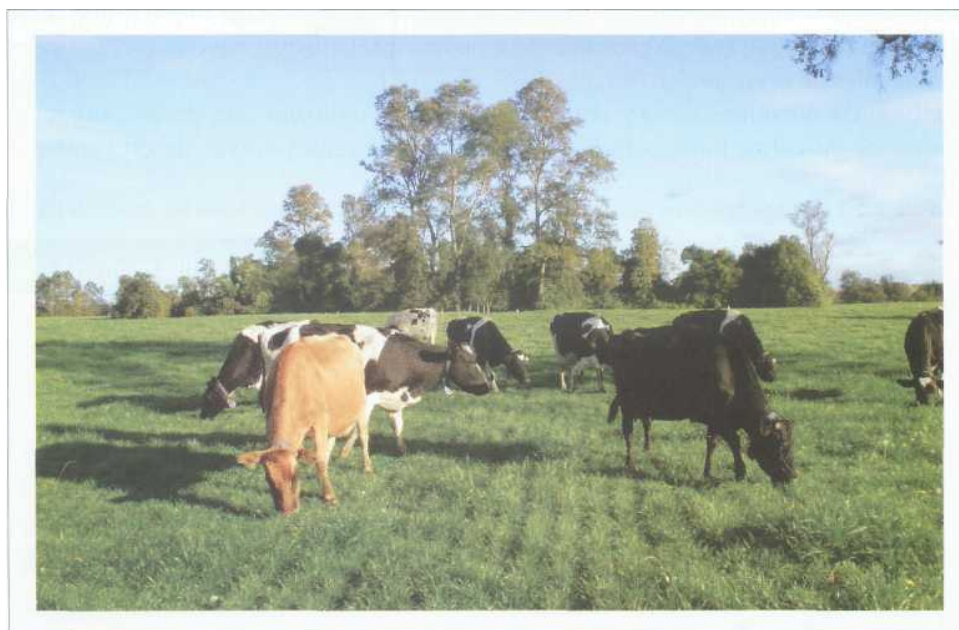


Figura 4. Los nutrientes le permiten al animal cubrir sus necesidades básicas de mantención y producción. La cantidad está influenciada por su peso, raza, edad, nivel de producción y clima, entre otros factores.

2.2 Requerimientos de Producción

Cuando se ha logrado cubrir las demandas de mantención, la energía y demás nutrientes, son canalizados a satisfacer los requerimientos de producción. Estos son los nutrientes para crecimiento, aumento de peso, producción de leche y gestación.

2.2.1 Crecimiento y aumento de peso

El crecimiento, comprende un aumento de tejidos de estructura como son los huesos, músculos y demás órganos del cuerpo. Durante esta fase del proceso biológico, las diferentes partes del cuerpo crecen a diferente velocidad, variando la composición química del organismo, con la edad del animal. Esto hace que los requerimientos de nutrientes tanto como su calidad, varíen de acuerdo con el grado de desarrollo. Así, por cada unidad de aumento de peso, la composición de esa ganancia es diferente para animales jóvenes en comparación con animales adultos. Mientras más avanzada la edad, el aumento de peso en el animal adulto estará representado por una mayor proporción de grasa en la composición química de la ganancia de peso. Por el contrario, en el animal joven, ello estará dado por una mayor proporción de proteína (músculo) en desmedro de la grasa. El depósito de grasa en el cuerpo, le significa al animal un mayor costo energético que si deposita proteína, por ello, los animales adultos deben aumentar su consumo de alimentos para poder compensar su mayor ineficiencia en el uso de energía. Por lo tanto, el incremento de los requerimientos energéticos, es proporcionalmente mayor al de las necesidades proteicas. Esto implica que debe ampliarse la relación energía-proteína en la medida que se logren mayores producciones en animales de peso similar.

También las diferentes razas y cruzas, así como los animales con distinta situación hormonal (novillos, toros, vaquillas), presentan diferentes curvas de crecimiento.

Cuadro 1. Requerimientos diarios de algunos nutrientes para animales en crecimiento

	Vaquilla aún no cubierta		Vaquilla preñada	
	150	300	450	500
Peso vivo (kg)				
Condición Corporal	3,0	3,0	3,3	3,5
Ganancia Peso kg/día	0,7	0,7	0,8	0,8
Consumo M.S. kg/día	4,2	7,0	10,5	11,3
E.M. (Mcal/d)	9,3	15,6	24,5	26,4
Proteína (%) ¹	14,9	11,7	14,2	15,1
Calcio, g/día	30	33	55	57
Fósforo, g/día	13	16	27	28

¹ Aproximadamente 1/3 de la proteína no es degradada en rumen

² Adaptado de NRC. 2001

2.2.2 Gestación

La duración promedio de la gestación en el bovino es de 280 días. Al final de la gestación, el útero y su contenido alcanza un peso de 70-80 kg. De esto, aproximadamente 40 a 45 kg. corresponden al feto, y el resto al útero, placenta y anexos fetales.

El crecimiento de mayor importancia (en cuanto a aumento de peso), ocurre en el último tercio de la gestación, especialmente en las últimas 6 a 8 semanas antes del parto. Se estima que el útero grávido desplaza un tercio del volumen que ocupa el rumen.

Cuadro 2. Estimación de peso del feto y del útero grávido en el tercio final de la gestación del bovino.

		Días de gestación			Aumento Nº veces
		169	225	280	
Feto	Total, kg	4,16	15,64	40,0	9,6
	Proteína, kg	0,46	2,27	7,40	16,0
	Energía, kg	12,2	61,7	233,8	19,2
	Calcio, G	23,0	147,0	560	24,3
	Fósforo, G	15,4	88,0	320	20,8
Útero Grávido	Total, kg	17,8	38,7	72,8	4,1
	Proteína, kg	1,1	3,53	9,47	8,6
	Energía, MJ	31,0	95,0	288	9,3
	Calcio, G	68	200	566	9,8
	Fósforo, G	35	121	342	9,8

Para las vacas que han tenido más de un parto, el período seco (60 días antes del parto), coincide con la etapa final de la gestación. Debido a su importancia en el manejo nutricional se le denomina "**período de transición**" y va desde alrededor de 20-30 días, antes del parto y los primeros 30 días de lactancia.

Este período, es determinante para el éxito de la siguiente lactancia y para la salud de la vaca, ya que, si se maneja correctamente, permite una adecuada adaptación del tejido mamario y de la función ruminal al nuevo estado fisiológico.

Hacia el final de la gestación y al inicio de la lactancia, regularmente hay una disminución del consumo voluntario de alimentos que provoca un déficit principalmente de energía, (Figura 5). Esto hace que los animales, movilicen reservas de grasa corporal para cubrir los requerimientos. Una elevada movilización de grasas, puede conducir a la presentación de enfermedades metabólicas, como hígado graso y cetosis.

También hay que considerar un adecuado aporte de minerales como Calcio, Magnesio

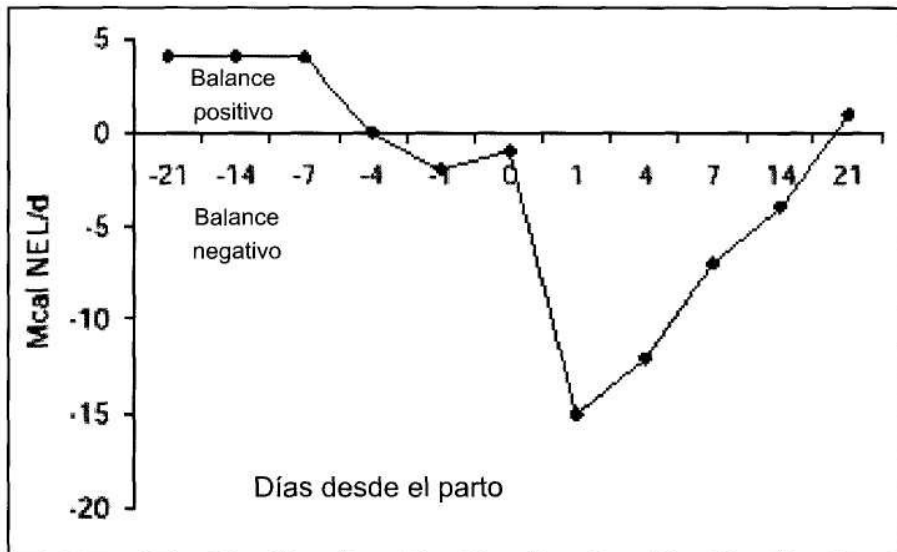


Figura 5. Balance energético estimado de vacas en transición (Grummer 1995)

y restringir otros, como Potasio, que interfiere con la absorción de Mg o con el equilibrio ácido-base al momento del parto del animal. Esto último produce una alcalosis metabólica, aumentando el riesgo de fiebre de leche, porque se impide que opere el mecanismo hormonal de regulación del Calcio sanguíneo, cuando hay una gran demanda por la producción de calostro.

Para controlar esto, hay dos caminos: uno es la restricción del aporte de alimentos altos en potasio (como las leguminosas, alfalfa, trébol) y también en sodio, y el otro, es suplementar con sales amónicas (sales de amonio, calcio y magnesio, como sulfato o cloruro), para contrarrestar a esta alcalosis.

Dietas con balance catión-anión negativo en vacas durante el preparto, permiten producir más leche en la siguiente lactancia.

2.2.3 Lactancia

Es el estado fisiológico que define al sistema productivo. En condiciones de óptima eficiencia, se puede iniciar una nueva lactancia con el siguiente parto, en doce meses más.

2.2.3.1 Agua

Es el nutriente más importante para el ganado lechero. Las vacas lactantes, sufren en forma rápida y severa las consecuencias de una insuficiencia hídrica, respecto de otros nutrientes. El requerimiento de agua depende del nivel de producción de leche, del

tipo de ración alimenticia, de la temperatura, del viento y de la humedad relativa.

El abastecimiento del agua proviene de tres fuentes: Una, es la consumida en forma libre; la segunda, es la ingerida en los alimentos y la última, es el agua producida por el metabolismo de los nutrientes en el cuerpo.

En promedio, se estima que el 83% del total de agua consumida, es en forma libre (rango 70-97%).

El requerimiento de agua por litro de leche producida, varía entre 2,3 a 3,0 litros. Cuando las vacas consumen dietas con alto contenido de materia seca (50-70%), no se observan diferencias de consumo de agua. Sin embargo, al consumir forraje en pastoreo se estima que sólo el 38% del consumo diario de agua proviene del consumo de agua en forma libre. El resto es cubierta por el alto contenido de agua que tiene el forraje (78-85%).

En general, las vacas deben disponer de agua limpia y fresca en forma permanente, pudiendo consumir entre 70 y 120 litros al día, según sean las condiciones de producción de leche, dieta alimenticia y temperatura ambiental.

2.2.3.2 Energía

La energía necesaria para mantener el metabolismo y los procesos vitales de las vacas lecheras, representa uno de los mayores costos del sistema lechero. Es necesario considerar un aumento de los requerimientos, por el ejercicio de las vacas que pastorean y según la distancia del sector de pastoreo. Se estima que en praderas de buena calidad, se debe aumentar en 10% el requerimiento de mantención. También hay que tomar en cuenta que, en vacas de primera lactancia con parto a 24 meses de edad, deben ser aumentados los requerimientos de mantención. Asimismo, esto es válido para los requerimientos de proteína y minerales. La razón principal, además de la producción, es permitir un crecimiento normal hasta lograr su tamaño adulto. Además de los requerimientos de mantención, la vaca requiere cubrir las necesidades de energía, según su nivel de producción de leche y contenido graso, estando directamente relacionado con su capacidad de consumo y calidad de la dieta alimenticia.

Al inicio de lactancia, regularmente, existe un problema de desbalance energético por el insuficiente consumo que tienen las vacas, Figura 6. Esto en parte se soluciona recurriendo la vaca a sus reservas corporales, con la consiguiente pérdida de peso. Posteriormente, el balance energético se hace positivo, recuperando la condición corporal y depositando nuevas reservas. Sólo cercano al parto, se produce nuevamente un déficit de energía por la menor capacidad de consumo.

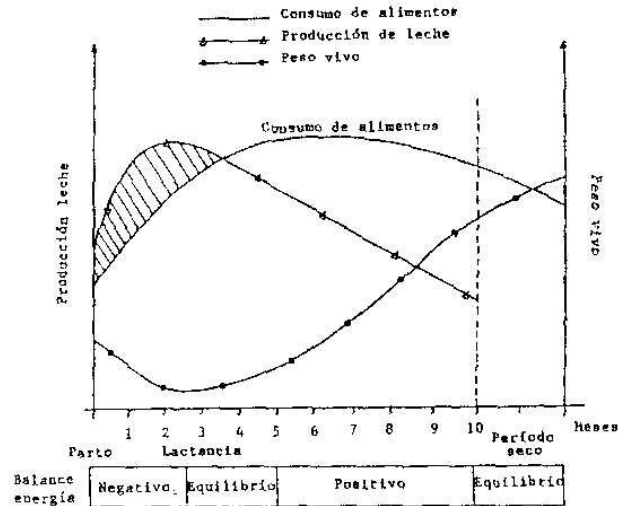


Figura 6. Evolución del consumo de alimentos, producción de leche y peso vivo en un ciclo productivo de la vaca lechera.

2.2.3.3 Proteína

Los requerimientos de proteína en vacas lecheras, son cubiertos sólo en un 20-30% por proteína alimentaria (no degradada en el rumen). El resto, es degradada por la flora ruminal y utilizada desde la forma de amoníaco, para síntesis de proteína microbiana disponible para el animal. La síntesis de proteína microbiana, depende primariamente del aporte nitrogenado de la ración y luego, del suministro oportuno de energía que requieren los microorganismos del rumen. En la medida que aumenta el nivel productivo de las vacas, aumenta el requerimiento de proteína no degradable, ampliándose de esta forma la relación proteína-energía.

El elevado aporte de proteína bacteriana al total de requerimientos y un déficit relativo de energía, limita la síntesis proteica bacteriana produciéndose con ello un exceso de amoníaco en el rumen que se absorbe, provocando problemas de salud y fertilidad; además, esto afecta la producción de leche y su contenido de sólidos totales. Sin embargo, una parte de este amoníaco se recicla, vía urea a la saliva, para nuevamente ingresar al rumen.

Las necesidades promedio de proteína para vacas lecheras, fluctúan entre 12-20% de la ración alimenticia (base materia seca). Como se señaló anteriormente y sobretodo en vacas de alta producción, el déficit energético al inicio de la lactancia, afecta también la producción de proteína microbiana. Esto hace necesario un aumento de la concentración proteica en este período de lactancia.

2.2.3.4 Minerales

Estos elementos inorgánicos son esenciales para el funcionamiento del organismo en sus distintos estados fisiológicos. Se clasifican en macrominerales y minerales traza, según sean las cantidades involucradas en los procesos.

Elementos que tienen que ver con la formación de tejidos son el Calcio, Fósforo y Manganeso, principalmente.

En procesos de transmisión nerviosa y contracción muscular, son importantes el Calcio, Fósforo, Sodio y Potasio.

Para el equilibrio ácido-base, juegan un rol esencial el Fósforo, Sodio, Potasio y Cloro.

En el metabolismo energético, el Fósforo, Sodio, Cobalto y Yodo.

En diferentes reacciones enzimáticas, el Magnesio, Cobre, Hierro, Molibdeno, Zinc, Manganeso y Selenio.

Azufre, para la síntesis de proteína microbiana.

2.2.3.5 Vitaminas

Son sustancias que en muy pequeñas cantidades intervienen en las funciones vitales y productivas.

En el rumiante, los microorganismos del rumen sintetizan todas las vitaminas hidrosolubles del grupo B y la vitamina K. También la vitamina C se sintetiza en las células de los tejidos. Aquellas liposolubles como la A1, D3 y E, deben ser suplementados según sea la dieta alimenticia.

Vitamina A: Esta vitamina es necesaria para la visión, regeneración de los epitelios para el crecimiento, desarrollo, reproducción y para el sistema inmune. Los betacarotenos de los forrajes son los precursores de la Vitamina A.

Vitamina D: Es una prohormona necesaria para la regulación del metabolismo del calcio y fósforo.

Vitamina E: Esta vitamina corresponde a un conjunto de compuestos liposolubles, con una potente acción antioxidante en asociación con el Selenio. Es importante en la respuesta inmunitaria (disminuye incidencia y gravedad de las mastitis).

Vitamina K: tiene efecto antihemorrágico. Es sintetizada por los microorganismos del rumen y varios de sus precursores se encuentran en las plantas.

Vitaminas del Complejo B

Son varias las vitaminas hidrosolubles de este grupo. Destacan la: Biotina influye con la formación de queratina, importante para la formación del tejido córneo (pezuña); el Acido fólico que forma parte de varias enzimas; Niacina es un componente activo de coenzimas en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y aminoácidos. Las restantes vitaminas, B1 (Tiamina), B2 (Riboflavina), B3 (ácido nicotínico), B6 (Piridoxina), B12 (Cianocobalamina) y ácido pantoténico, participan de varios sistemas enzimáticos y rutas metabólicas.

Vitamina C (ácido ascórbico): Esta es una vitamina hidrosoluble, que se produce dentro de la célula de los rumiantes adultos. Los terneros no pueden sintetizarla hasta las 3 semanas de edad. Es un potente antioxidante y participa en la regulación de la síntesis de esteroides.

Un resumen de los principales requerimientos nutricionales y estado corporal sugerido de la vaca lechera, se observa en el siguiente Cuadro 3. Esta información es referencial para que con los análisis de los alimentos se puedan formular las raciones, según su estado fisiológico y nivel productivo.

Cuadro 3. Requerimientos nutricionales y condición corporal (CC) sugerida de vaca lecheras, según producción, período de lactancia y preñez.

Item	Producción de leche (kg/día)			Inicio de Lactancia	Período seco (45 días)	Período pre-parto (15 días)
	Bajo 20	20-30	30-40			
Producción						
Cond. Corporal	3,5	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5
PC% ¹	15	16	17	19	12	15
PND, %	37	39	40	45	30	40
EM, Mcal/kg	2,50	2,70	2,80	2,80	2,20	2,50
Enl, Mcal/kg	1,52	1,62	1,72	1,67	1,25	1,47
Fibra Cruda, %	20	17	15	17	25	27
FDA, %	21	21	19	21	27	27
FDN, %	28	28	25	28	35	45
Calcio, %	0,51	0,58	0,64	0,77	0,39	0,39
Fósforo, %	0,33	0,37	0,41	0,48	0,24	0,24
Potasio, %	0,9	0,9	1	1	0,65	0,60
Magnesio, %	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,16
Azufre, %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,16	0,16
Sodio, %	0,18	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10
Cloro, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
Manganeso, ppm	40	40	40	40	40	40
Cobre, ppm	10	10	10	10	10	10
Zinc, ppm	40	40	40	40	40	40
Hierro, ppm	50	50	50	50	50	50
Selenio, ppm	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cobalto, ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Yodo, ppm	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Vitamina A, UI/kg	3200	3200	3200	4000	4000	4000
Vitamina D, UI/kg	1000	1000	1000	1000	1000	1200
Vitamina E, UI/kg	15	15	15	15	15	15

¹ PC Proteína Cruda - PND Proteína No Degradable - EM Energía Metabolizable
 Enl Energía neta leche - FDA Fibra Detergente Acida - FDN Fibra Detergente Neutra
 Fuente: NRC 2002, Extractado de Stehr y Col, 2004, y elaboración propia

Como conclusiones de este Capítulo de Requerimientos de Nutrientes, según el estado fisiológico en bovinos de leche, se puede señalar que:

Los rumiantes tienen la habilidad de poder digerir y utilizar los forrajes, para cubrir sus requerimientos nutricionales y producir alimentos para el hombre.

Se debe promover un funcionamiento óptimo del rumen y de los microorganismos que contiene, esto es determinante para el éxito de la utilización de los alimentos.

Los requerimientos nutricionales para las vacas, se dividen en aquéllos destinados a la mantención de los procesos vitales y los que se necesitan para distintos estados fisiológicos como lactancia, gestación y crecimiento.

En la etapa de crecimiento de las hembras de reemplazo, se requiere lograr ritmos de crecimiento continuo con ganancias de peso promedio entre 0,7 y 0,8 kg/día y una condición corporal de entre 3,0 (vaquilla encaste) y 3,5 (vaquilla previo al parto).

Existe una gran demanda de nutrientes en el último tercio de la gestación y como la prioridad es el desarrollo y crecimiento del feto, la condición corporal de la vaquilla se debe lograr en la primera parte de la preñez (6 meses).

El período previo al parto (20-30 días) y el inicio de lactancia (0-30 días) se denomina "período de transición" y es esencial hacer un buen manejo alimenticio, para optimizar la producción de leche y evitar enfermedades metabólicas y reproductivas.

Hacia el final de la gestación y a inicios de la lactancia, la energía es el principal componente en la alimentación. Regularmente, por problemas de consumo de alimentos, las vacas tienen un balance negativo de energía, que conduce a una disminución de la producción de leche y a la presentación de enfermedades.

Para sustentar la producción de leche, los animales deben contar permanentemente con agua de bebida, además de nutrientes minerales y vitaminas.