

9

ALIMENTACION

Adrián Escobosa Laveaga MVZ., MS., Ph. D.
Nutrición Planificada, S. A. de C. V. Pachuca, Hgo.
Salvador Avila Téllez MVZ. MSc.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM

INTRODUCCIÓN

El bovino forma parte del grupo de animales correspondientes a la familia de los rumiantes, los que tienen entre sus características el convertir en productos de elevada calidad nutritiva materiales que no pueden ser aprovechados por el hombre para su alimentación; entre los bovinos, la vaca especializada en producción de leche es muy eficiente en convertir la fibra, el nitrógeno y la energía de su dieta en leche. Para lograr una alta eficiencia se requiere de la adecuada aplicación de las diferentes prácticas de manejo entre las que destaca una buena alimentación de la vaca a costos que permitan al productor una correcta recuperación del capital invertido (Pérez, 1978). Villegas, (1977), indicó que en el Valle de México el costo diario promedio de una vaca destinada a producción de leche correspondió en el 63% a gastos por concepto de alimentación, 8% a mano de obra, 9% a costos de fabricación fijos y el 20% a costos de fabricación variables. El mayor porcentaje invertido corresponde al concepto de alimentación, elemento indispensable en el proceso de producción. Para el año 2001 los porcentajes son muy similares.

La cantidad de leche producida por un determinado animal es el resultado de una serie de acciones combinadas (factores genéticos, historia nutricional, estado de lactación y prácticas de manejo), donde las variaciones en la producción de leche corresponden en 10% a razones genéticas, 30-40% a prácticas de manejo y 50-60% a la nutrición y tipo de dieta (Med y Tyrrell, 1977). De lo anterior se aprecia la importancia que

tiene la determinación de los objetivos al realizar el programa de alimentación, debiendo considerar entre los objetivos a lograr: (a) cumplir los requisitos de la vaca, (b) asegurarse que los alimentos suministrados lleguen al rumen de la vaca, (c) optimizar los costos por concepto de alimentación y (d) optimizar la mano de obra y equipo empleados.

Rumen y sus microorganismos

El rumen es un sistema de cultivo microbiano que contiene bacterias en concentraciones 10^{10} a 10^{11} y protozoarios en concentraciones 10^2 a 10^6 por ml, según el tipo de dieta. En este órgano, la acción bacteriana hace posible la digestión de la celulosa que será fuente de energía para el animal, asimismo los forrajes y concentrados son fermentados. Los productos del metabolismo microbiano son principalmente ácidos grasos; también se producen bióxido de carbono y metano que se eliminan por el eructo. Las bacterias al pasar al tubo intestinal, son digeridas y empleadas como fuentes de proteína y vitaminas.

Medio ambiente ruminal. El rumen es un órgano donde se almacena parcialmente forraje y cereales entre otros alimentos consumidos por la vaca; este material mezclado con otros residuos no digeridos es mantenido a una temperatura y presión osmótica constantes. El pH se mantiene entre 6 y 7 por una acción tipo Buffer, atribuida primeramente, a la gran secreción de saliva que contiene elevadas proporciones de bicarbonato de sodio, potasio y urea; en segundo lugar por la absorción de ácidos a través de la pared ruminal, los que pasarán al sistema circulatorio; en tercer lugar por el amoníaco. Del gas producido, un 50-70% es bióxido de carbono y el 25-30% es amoníaco.

Números y clases de bacterias. El número de bacterias es aproximadamente de 10^{10} por gramo de contenido o de fluido, sólo del 1 al 2% de los microorganismos son aeróbicos; los microorganismos restantes son estrictamente anaeróbicos. A continuación se citan los grupos de bacterias, dependiendo de las funciones que éstas tienen en el proceso de fermentación.

- a) Digestoras de celulosa. La celulosa es biodegradada por microorganismos tales como *bacteroides succinogenes*, *Butivibrio fibriosovens* que existen hasta en un 15% de la flora bacteriana.

Estos microorganismos atacan a las partículas de las plantas y los productos son ácido fórmico, ácido acético, ácido succínico, ácido butírico, metano y bióxido de carbono.

- b) Digestoras de hemicelulosa. Una gran cantidad de forraje consumido por el rumiante contiene hemicelulosa. Las bacterias que digieren celulosa también digieren hemicelulosa, tal es el caso de *Riminococcus albus*, *Bacteroides ruminocola*.
- c) Digestoras de almidones. En el rumen, bacterias como *Streptococcus bovis* y *Bacteroides amylophilus* producen enzimas aminolíticas que desdoblan los almidones, dando productos intermediarios como los lactatos.
- d) Fermentadoras de azúcar. Todas las bacterias que digieren polisacáridos también utilizan disacáridos o monosacáridos; en general los heno de leguminosas contienen grandes cantidades de azúcares, por ejemplo 9% del material soluble del agua de la alfalfa es azúcar
- e) Bacterias que utilizan ácidos. Los lactatos, succinatos y formatos, son descompuestos por varias especies: *Vibrio succinogenes*, *Peptostreptococcus efaceni*, de esta manera los ácidos no se acumulan en el rumen.
- f) Bacterias metanogénicas. Estas bacterias aceptan el hidrógeno con el bióxido de carbono y producen metano. El metano es perdido por el animal y representa aproximadamente el 8% de la energía gruesa del mismo.
- g) Bacterias proteolíticas. La mayoría de estas cepas son anaerobios facultativos del género *Bacillus*, como el *B. beliceniiformis*, algunos clostridios y bacilos gram negativos. Este tipo de bacterias produce enzimas proteolíticas, las cuales por la acción de la desamilasa son reducidas hasta amoniaco.

Esta degradación parece depender más de las propiedades de la proteína (solubilidad y forma física) que de la población microbiana.

También deben fermentar azúcares.

Algunos autores consideran a los protozoarios más importantes en el proceso proteolítico además de estar constituidos por proteína de mejor valor biológico.

- h) Bacterias lipolíticas. Estas bacterias hidrolizan las grasas en glicerol y ácidos grasos. Durante el proceso de fermentación que toma lugar en el rumen, se producen hidrógeno, succinatos, formatos y lactatos. Los formatos son rápidamente degradados a bióxido de carbono e

hidrógeno por bacterias fermentadoras de carbohidratos y metanogénicas, y estas últimas rápidamente utilizan hidrógeno para reducir bióxido de carbono a metano (elementos que son eliminados por el eructo). Los succinatos son descarboxilados a propionatos y bióxido de carbono. Los ácidos volátiles, acético, propiónico y butírico, constituyen la mayor fuente de energía para el rumiante.

Las bacterias en el rumen rápidamente hidrolizan las proteínas de las dietas a péptidos que podrán ser catabolizados a amoníaco o convertidos a proteínas microbianas. Prácticamente todas las bacterias pueden emplear amoníaco como fuente principal de nitrógeno. Si el amoníaco disponible no es empleado totalmente por las bacterias, el remanente es absorbido al torrente circulatorio, convertido a urea y excretado. Cierta cantidad de urea es retornada al rumen por la saliva donde la ureasa microbiana la convierte a amoníaco y bióxido de carbono.

Las bacterias en el rumen sintetizan una adecuada cantidad de vitaminas del complejo B y K, cuando la producción de leche es normal; sin embargo, hay evidencia experimental que el aporte bacteriano de niacina y otras vitaminas del complejo B, podría no ser suficiente, sobre todo cuando las condiciones de “estrés” y producción son elevadas.

Protozoarios en el rumen. Este grupo de microorganismos requieren de un medio anaeróbico y es altamente especializado. La mayoría son ciliados y algunas especies flagelados, son sensibles a un pH menor de 5.5 y pueden ser cultivadas bajo condiciones anaeróbicas, donde podrán mantener su actividad fuera del rumen por 4 o 6 h. En el contenido ruminal, el número de protozoarios varía entre 10^3 a 10^6 por ml de líquido ruminal, siendo mayor el número a medida que la dieta es más abundante. En dietas donde el alimento se ha molido o peleteado, el número de protozoarios ingieren carbohidratos insolubles como almidones y celulosa. Posteriormente, estos microorganismos serán digeridos en el abomaso, lo que representa hasta cierto punto una fuente de energía para el huésped.

REQUERIMIENTOS

Materia Seca

La cantidad de alimento a considerar al calcular la ración, así como el contenido de nutrientes se pueden expresar sobre la base de materia seca (MS), secado al aire, o como se le administre al ganado. En el primer caso,

se infiere que el alimento se está calculando libre de humedad (100% de materia seca), en el segundo lugar el alimento se considera con 90% de materia seca y en el tercer caso el cálculo se hace considerando la composición del alimento en la forma en que éste se presenta al ganado.

La ventaja que tiene considerar el valor del alimento base a materia seca al de cómo se administra al animal, es que los nutrientes que se encuentran en la materia seca pueden ser comparados en forma absoluta y permite medir a todos los alimentos en un mismo patrón, lo que facilita la tarea al decidir la adquisición de una determinada materia prima o evaluar la dieta que se esté administrando al ganado. Por ejemplo, si se compara alfalfa en heno al 90% de materia seca, o bien una alfalfa con 70%, pero en ambos casos con 14% de proteína cruda (PC) calculada como alimento administrado, observaremos que en el segundo forraje estamos obteniendo una mayor cantidad de nutrientes por unidad de alimento adquirido, ya que si en 90 unidades de forraje tenemos 14 de proteína cruda, en 100 habrá 15.56, en tanto que en forraje con 70% MS y 14% PC, al no considerar el contenido de humedad, contendrá 20% de PC sobre MS.

La cantidad de alimento a suministrar basándose en materia seca varía en relación con el peso vivo del animal, etapa de producción, clase de alimento entre otros factores, proporcionándose en términos generales 3% cuando el alimento es un heno de buena calidad, 2.2-2.5% si se trata de ensilaje de maíz y 1% para pajas. Siguiendo el criterio anterior es posible observar que vacas altas productoras no logran producir a todo su potencial genético por falta de suficiente cantidad de alimento. Smith, (1976), comunicó que el consumo probable de alimento a suministrar a libre acceso puede variar de 1.8-4.5 Kg de materia seca por cada 100 Kg de peso corporal. Como se indica en el cuadro 9.1, la cantidad a administrar varía dependiendo del peso total de la vaca, cantidad de leche producida y relación forraje a concentrado a administrar, de tal manera que una vaca de 450 Kg produciendo 18 Kg de leche diarios podrá consumir 3.21 Kg de materia seca (dieta con relación de forraje a concentrado de 70-30) por cada 100 Kg de peso animal.

El Consejo Nacional de Investigación, en la séptima edición revisada de las tablas sobre Requerimientos Nutricionales del Ganado Lechero (NRC, 2001), apunta una serie de conceptos actuales a considerar como es la depresión hasta en un 15% del consumo de materia seca durante las tres primeras semanas de lactación, acentuándose esta depresión durante los primeros días después del parto. También se comenta que el consumo de materia seca incrementa con la digestibilidad de la dieta y se relaciona con

el contenido de humedad de la misma, así el consumo de materia seca decrece cuando el contenido de humedad en la dieta excede al 50% (Davis y col. 1983, NRC, 2001)

Cuadro 9.1. Consumo probable de alimento con base a materia seca cuando se administre una dieta completa a libre acceso.

Kg de Leche	Forraje: Concentrado**	Peso de la vaca				
		450	500	550	600	635
		Porcentaje en peso vivo animal *				
0	95:05	1.96	1.93	1.85	1.81	1.75
9	80:20	2.61	1.47	2.35	2.25	2.11
18	70:30	3.21	3.02	2.85	2.72	2.54
27	60:40	3.87	3.63	3.42	3.24	3.02
36	50:50	4.51	4.21	3.96	3.74	3.48

Cuadro tomado de la cátedra dictada por el Dr. Smith, M.E., Davis, California (1976).

* Porcentaje con relación al peso de la vaca

** Relación de forraje concentrado.

Consientes de que el nivel de producción de leche en el ganado especializado ha incrementado considerablemente durante la última década, y de la necesidad de llenar los requerimientos nutricionales de las vacas muy altas productoras, han dedicado atención al estudio de la definición de las cantidades de materia seca a ofrecer al ganado, exponiéndose en el cuadro 9.2, lo sugerido por el NRC, 2001.

Como puede apreciarse en la cuadro 9.2 a diferencia del cuadro 9.1, la cantidad de materia seca propuesta a suministrar está determinada por los kilos de grasa ajustada en la leche que produce diariamente la vaca (FCM), y se consideran animales con pesos hasta 800 Kg, donde el porcentaje de grasa esperado en leche es de 5% para vacas de 400 Kg, 4.5% para las de 500-600 y 3.5 para pesos de 700 y 800 Kg. En el cuadro 9.2 no se contempla la relación forraje a concentrado pero en ambos cuadros son similares los porcentajes de materia seca expresados según el peso del animal y la leche producida.

El consumo de materia seca por la vaca recién parida puede estar alrededor de 2.5 Kg/cada 100 Kg de peso al finalizar lactación (Figura 9.1).

Cuadro 9.2. Requerimientos de materia seca en porcentaje con base a peso vivo de la vaca.

Cantidad de Grasa Ajustada (FCM) (Kg)	400	500	600	700	800
	5%	4.5%	4.0%	3.5%	4.0%
	Consumo en % de peso vivo				
10	2.7	2.4	2.2	2.0	1.9
15	3.2	2.8	2.6	2.3	2.2
20	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4
25	4.0	3.5	3.2	2.9	2.7
30	4.4	3.9	3.5	3.2	2.9
35	5.0	4.2	3.7	3.4	3.1
40	5.5	4.6	4.0	3.6	3.3
45		5.0	4.3	3.8	3.5
50		5.4	4.7	4.1	3.7
55			5.0	4.4	4.0
60			5.4	4.8	4.3

Cuadro adaptado de Nutrient Requirements of dairy cattle. 6° Ed. 1989.

CGA = Cantidad de grasa ajustada en leche al 4% e indicada en kilos.

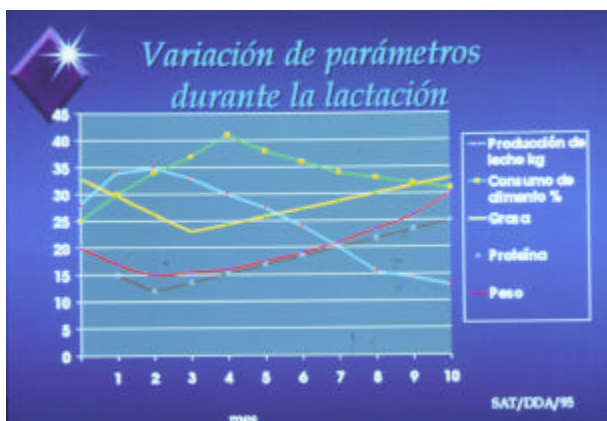
FCM = Cantidad de grasa ajustada en leche, calculada al 4%

Cálculo:

$FCM (4\%) = (0.4)(kg \text{ de leche}) + (15)(kg \text{ de grasa})$

*Porcentaje de grasa en leche.

Figura 9.1. Ejemplo de las necesidades nutricionales de una vaca madura en producción durante el ciclo de lactación



Los nutrientes que necesita la vaca son: energía, proteína, minerales, vitaminas y agua; de estos los que mayormente requiere el animal son el primero y el último (Bath y col., 1978).

Al considerar los requerimientos se deberán contemplar las necesidades para mantenimiento, crecimiento, reproducción, producción de leche y grasa en ésta; en general de estas necesidades, las de producción de leche y grasa son las que varían durante el ciclo de lactación (Figura 9.1).

Lo anterior, es de interés al efectuar la organización del hato por grupos de alimentación, con el fin de lograr eficientemente las metas antes señaladas (Crampton y Harris, 1969) (ver capítulo 4, cuadro 4.1).

Energía

Se define como energía a la capacidad para realizar trabajo; éste a su vez como el producto de una fuerza dada, actuando a través de una distancia determinada. La energía se presenta en varias formas: calórica, potencial, cinética, eléctrica y radiante. La transformación de una forma de energía a otra por organismos vivos se denomina bioenergética (Lenhinger, 1965); así tenemos que la energía radiante del sol es utilizada por las plantas para producir constituyentes requeridos por ellas, estas plantas a su vez son consumidas por el bovino, quien obtiene energía de ellas, y la utiliza para trabajo mecánico, síntesis de elementos y obtención de calor en condiciones climatológicas que así lo demanden (McDonald y col., 1973).

La unidad básica de la energía calórica es la caloría (cal) referida en nutrición como caloría pequeña y se define como la cantidad de calor requerido para elevar un grado celsius a un gramo de agua, midiéndose de 14.5-15.5°C al nivel del mar.

Así como, la kilocaloría (kcal) representa 1000 calorías y una megacaloría (Mcal) 1,000 kcal. La unidad propuesta en la literatura es el Joule (J) que equivale a 4,186 kcal; sin embargo, en la mayoría de los trabajos científicos la medida de energía utilizada es la caloría.

En nutrición animal, el valor energético de los alimentos, raciones y requerimientos del ganado comúnmente se expresa en total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta para mantenimiento (EN_M), energía neta para producción (EN_P), y energía neta para lactación (EN_L). En los años anteriores, el

indicador TND se ha empleado con mayor frecuencia, pero paulatinamente su uso ha venido a ser reemplazado por el empleo de otros indicadores, atribuyéndose a los siguientes: 1) El método se basa en determinaciones químicas de los alimentos y no en el metabolismo animal, 2) se expresa en porcentaje, kilogramos o libras, en tanto que la energía se indica en calorías, 3) TND sólo contempla las pérdidas por digestión, ignorándose la energía perdida por gases, orina y por producción de calor, 4) el método sobrestima el valor del forraje en relación del concentrado y 5) no considera la calidad de la fibra.

La fórmula para calcular el T.N.D en 100 unidades de alimento es la siguiente:

$$\text{TND} = \text{PD} + \text{FD} + \text{ELND} + (\text{EED} \times 2.25).$$

Donde: P.D. Proteína digestible.

F.D. Fibra digestible

E.E.D. Extracto etéreo digestible.

E.L.N.D. Extracto libre de nitrógeno digestible.

Ejemplo: Pradera mixta de gramíneas con leguminosas cuyo análisis químico proximal indica los siguientes porcentajes (Avila y cols., 1976):

Materia Seca:	18.92%
Humedad:	81.08%
Proteína Cruda:	3.21%
Extracto etéreo:	1.73%
Fibra cruda:	12.24%
Extracto libre de nitrógeno:	0.17%
Cenizas:	1.57%

$$\text{TND} = (3.21 \times 0.75) + (1.73 \times 0.9 \times 2.25) + (12.24 \times 0.5) + (0.17 \times 0.7) = 12.15\%$$

TND/base húmeda.

Por tanto si hay 12.15 en 18.92 de MS, en 100 hay = 64.22% de TND sobre M.S.

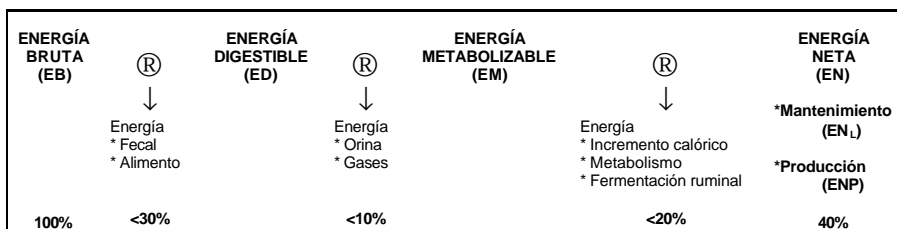
Como se mencionó anteriormente, en la actualidad el modelo de energía ha sido adaptado para identificar las necesidades energéticas de los ruminantes. A continuación se describen de modo breve las diferentes formas en que se expresa.

Energía Bruta (EB), es la cantidad de calor medido en calorías que se libera cuando el alimento se quema totalmente en una bomba calorimétrica que contiene 25-30 atmósferas de oxígeno. De la energía total consumida por el bovino, no toda es empleada, ya que parte del alimento no se digiere y se pierde. La energía total, menos la energía perdida en el alimento no digerido se conocen como energía digestible (ED). El requerimiento de $ED = 76 W^{3/4}$, en donde W= peso vivo del animal en kilogramos y el requerimiento en kilocalorías.

El porcentaje de TND en el alimento se podrá convertir en kilocalorías de ED, multiplicando el porcentaje por 4409; por ejemplo: forraje con 64% de TND=0.64x 4409=2831.7 kcal/Kg.

La ED no presenta muchas ventajas con relación al empleo del TND, pues solamente se considera la pérdida de energía por las heces y se sobrevalúa el forraje comparativamente al concentrado. La energía digestible menos la energía perdida en la orina y gases que escapan por la vía oral o rectal dejan en el bovino la energía conocida como metabolizable (EM), que no contempla el incremento por calor, energía que se pierde como resultado de las fermentaciones microbianas y metabolismo de los nutrientes. Este indicador también sobrestima el forraje comparativamente al concentrado; cuando esta última pérdida se toma en cuenta, la energía restante es denominada energía neta (EN), que será empleada por el animal para el mantenimiento (EN_M) y la restante para producción (EN_P). La energía neta para mantenimiento corresponde a la porción de energía empleada para mantener el equilibrio energético del bovino, de tal manera que el organismo animal no gana ni pierde energía. Una vez satisfecho el requerimiento para mantenimiento, la energía restante la podrá emplear el bovino para su crecimiento e incremento de peso vivo; a esta porción se le denomina energía neta para producción (Figura 9.2).

Figura 9.2. Transformación de la energía bruta



En vacas especializadas en producción de leche se emplea energía neta para lactación (EN_L), que se define como la energía contenida en la leche producida; comprende la energía requerida para mantenimiento y producción de leche y requerimientos energéticos durante los dos últimos meses de gestación.

Al consultar en las tablas del NRC las cantidades de energía requerida en un determinado caso, deberá considerarse que éstas contemplan ciertas condiciones ambientales y de manejo, por lo tanto cuando el ganado está obligado a caminar largas distancias, se sugiere aumentar al cálculo, 3% por cada kilómetro recorrido, y en el caso de pastoreo el 10% si la pradera es de buena calidad o 20% si está regular.

En el norte de México, ocasionalmente las condiciones durante el invierno son muy severas y en estos casos también es aconsejable incrementar los requerimientos hasta en un 8%.

Para el ganado que está en los últimos dos meses de gestación y que iniciará lactación (vacas secas), deberá considerarse el administrar concentrado en cantidad de 0.5% de peso vivo progresivamente durante las últimas dos semanas de gestación, permitiéndose una gradual adaptación de la microflora ruminal para el consumo de la dieta que recibirá esta vaca en el grupo de animales recién paridos, recordando que al inicio de la lactación el consumo voluntario en materia seca estará deprimido hasta en 15% durante las primeras tres semanas posparto (NRC, 2001).

Con excepción del agua, la energía es el nutriente que mayormente requiere la vaca y la carencia de este elemento provoca en animales jóvenes un crecimiento lento y retardado en la pubertad. Los bovinos adultos después del parto presentan pérdida de peso, baja producción de leche al pico de lactación, baja persistencia, lactaciones cortas, ciclos estrales irregulares, falta de exhibición del estro y bajo porcentaje de concepción (Blood y Henderson, 1976)(De Alba, 1973).

En la ración consumida por la vaca, el nivel de energía considerando cantidad de materia seca sumando las reservas tisulares del animal y el tamaño de la vaca, son algunos de los aspectos que cobran gran importancia en la cantidad de leche producida al pico de lactación.

También debemos tener presente que la altura del pico de lactación, es una combinación de la práctica de manejo en alimentación, relación proteína: energía, y otros factores ambientales.

De lo discutido anteriormente se deduce que una deficiencia o exceso de energía administrada en la dieta, acarreará problemas, por ejemplo la deficiencia podrá resultar en disminución del peso corporal de la hembra y tardanza en presentación de pubertad; el exceso, puede conllevar a vacas gordas que tenderán a presentar curvas de lactación aparentemente normales pero que al alcanzar el 10° y 11° mes de producción láctea, mostrarán una fuerte caída del porcentaje de grasa en leche, en tanto que el contenido de proteína se incrementa.

Proteínas

Entre las funciones metabólicas normales, toma lugar la formación y reparación de tejidos, así como la producción de secreciones orgánicas tales como enzimas, hormonas, leche, etc.; para esto el organismo requiere que se le proporcione el material necesario para la producción de los aminoácidos que son las unidades de construcción. Las necesidades variarán dependiendo de la talla y madurez del animal. Para un crecimiento anormal, el bovino requiere en forma progresiva mayores cantidades de proteína, ya que la mayor parte de las ganancias en peso se atribuye a depósitos de proteína y agua en tejidos y órganos. A medida que el animal madura, el incremento de peso se deberá más a depósito de grasa que de proteína (NRC, 1978). En animales gestantes es importante considerar los requerimientos de proteína; llama la atención que durante el último tercio de gestación, el producto de concepción incrementa rápidamente de tamaño almacenando fuertes cantidades de energía y proteína; en base a materia seca, aproximadamente dos terceras partes del producto de concepción están formadas por proteínas (Maynard y Loosli, 1969).

Para vacas durante la segunda lactación en crecimiento, se sugiere que además de cumplir los requerimientos proteicos para mantenimiento se administre el 10% más proteína (NRC, 1978). Con respecto a los requerimientos para la producción de leche, se deberá tener en mente que el contenido de proteína variará de 3.1% en Holstein a 3.9% en Cebú (Schmidt, 1971), de tal manera que una vaca que produce 30 Kg de leche al día, elaborará aproximadamente 1,000 g de proteína. Este requerimiento variará dependiendo de la cantidad de leche producida y el porcentaje de grasa que ésta contiene (Cuadro 9.3).

Cuadro 9.3. Nutrientes necesarios para vacas gestantes y en producción de leche.

Peso (Kg)	PC (g)	TND (Kg)	ED (Mcal)	EM (Mcal)	ENL (Mcal)	Ca (g)	P (g)	Vitaminas A D	
								(1000 ui) UI	
450	341	3.42	15.08	13.12	7.82	18	13	34	14
500	364	3.7	16.32	14.20	8.46	20	14	38	15
550	386	3.97	17.53	15.25	9.09	22	16	42	17
600	406	4.24	18.71	16.28	9.70	24	17	46	18
650	428	4.51	19.86	17.29	10.30	26	19	49	20
700	449	4.76	21	18.28	10.89	28	20	53	21
750	468	5.02	22.12	19.25	11.47	30	21	57	23
Mantenimiento de vacas maduras, secas en los dos últimos meses de gestación									
450	973	4.53	19.91	16.66	10.16	30	18	34	14
500	1,053	4.9	21.55	18.04	11.00	33	20	38	15
550	1,131	5.27	23.14	19.37	11.81	36	22	42	17
600	1,207	5.62	24.71	20.68	12.61	39	24	46	18
650	1,281	5.97	26.23	21.96	13.39	43	26	49	20
700	1,355	6.31	27.73	23.21	14.15	46	28	53	21
750	1,427	6.665	29.31	24.44	14.90	49	30	57	23
Grasa %	Nutrientes/kg de leche con diferentes porcentajes de grasa								
3.0	78	0.280	1.23	1.07	0.64	2.73	1.68		
3.5	84	0.301	1.33	1.15	0.69	2.97	1.83		
4.0	90	0.322	1.42	1.24	0.74	3.21	1.98		
4.5	96	0.343	1.51	1.32	0.78	3.45	2.13		
5.0	101	0.36	1.61	1.40	0.83	3.69	2.28		
5.5	107	0.38	1.7	1.48	0.88	3.93	2.43		

ENL = Energía neta para lactación. Tomado del NRC 1989

Proteína cruda y su administración. La proteína cruda representa la combinación de la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico. El cálculo de la proteína cruda se hace multiplicando la cantidad de nitrógeno

presente por 6.25, esta cantidad se deriva del hecho que la mayoría de proteína contiene 16% de nitrógeno ($100/16=6.25$). No todo el nitrógeno presente en el alimento se encuentra en forma de proteína; algunos alimentos como el forraje verde contienen hasta un tercio del nitrógeno como nitrógeno no proteico, en forma de amidas, sales amoniacales, aminoácidos y alcaloides entre otros. La forma común de administrar nitrógeno no proteico en vacas especializadas en producción de leche es mediante la aplicación de urea en la ración. Generalmente ésta contiene 42-45% de nitrógeno o sea 262.5 a 281% equivalente a proteína cruda (42-45% de nitrógeno de 6.25).

El alimento preparado que contiene nitrógeno no proteico debe llevar en su descripción la cantidad máxima de proteína que se ha derivado de este nitrógeno no proteico. Para calcular el porcentaje de urea en el concentrado, se divide el porcentaje de proteína cruda correspondiente al nitrógeno no proteico entre 2.8.

Por ejemplo, alimento que contiene el 14% de PC con un máximo de 4.3% de proteína cruda en forma de nitrógeno no proteico, contendrá aproximadamente 1.5% de urea ($4.3/2.8=1.5$). El uso de la urea en la alimentación de la vaca es limitado por la aceptación de ésta y por la capacidad del ganado para su utilización (Etgen y Reaves, 1978).

Tradicionalmente la urea se ha administrado en el concentrado o en el ensilado.

En el concentrado se da dos veces al día cuando el ganado es ordeñado, ocasionándose cierta pérdida de nitrógeno como se mencionará posteriormente. Cuando la urea se incorpora al ensilado, se tiene la ventaja que su administración al ganado es constante durante el día, es decir, se dosifica en forma constante y al mismo nivel de nitrógeno no proteico y por tal motivo hay una mejor utilización de este nitrógeno.

Solubilidad de la proteína y empleo de la urea. Es de importancia la solubilidad de la proteína, ya que al incrementarse la solubilidad se aumentará el amoniaco de origen proteico que será empleado por la microflora ruminal de acuerdo a la capacidad de ésta, y al rebasarse esta capacidad, existirá una cantidad de amoniaco que no será empleada, provocándose, por consiguiente, un decremento en su utilización.

Cuando la urea se aplica al ensilado se tendrá este nitrógeno no proteico sumado al producido en el forraje. La solubilidad de la proteína en la alfalfa es mayor que en la cebada y ésta mayor que en los granos molidos gruesos o en ensilaje de maíz. Para una buena utilización de la urea se requiere de la adaptación de la microflora en el rumen, ya que ciertos microorganismos emplean mejor el amoníaco que otros, por ello, cuando se pretenda administrar urea en la dieta deberán permitirse un tiempo de adaptación de dos a tres semanas, período durante el cual se irá dosificando el nitrógeno no proteico en forma progresiva hasta alcanzar el nivel deseado. También para la utilización de la urea por el bovino, en el hígado tomarán lugar procesos enzimáticos y, por esto, se requiere del tiempo antes indicado para su adaptación. Entre otros conceptos a considerar cuando se administre urea, se menciona lo apetitoso, edad del bovino y nivel de producción.

Con respecto a lo apetitoso de la urea, es pobre, por ello al ser administrada con el concentrado a la hora del ordeño se podrá ocasionar una disminución en el consumo del alimento y, por tanto, un decremento en la producción de leche, lo que será evitado administrando el concentrado en la zona de alojamientos y aplicando no más de 1.5% de urea en el mismo.

En vacas altas productoras, la administración de urea deberá ser cuidadosa, ya que se podrá disminuir el apetito y bajar la producción de leche; también se considera que el nitrógeno no proteico no es utilizado efectivamente por vacas altas productoras y que reciben dietas con niveles de proteínas elevados (14-16% en MS).

En vacas de baja producción y con dietas bajas en proteína (12-13% en MS), se justifica el suministro de urea (De Alba, 1973).

Las proteínas son requeridas para el mantenimiento, crecimiento, reproducción y lactación. Este elemento se puede almacenar en los músculos, hígado y en la sangre; pudiendo ser empleado en casos de deficiencias para mantener la producción y lactación por períodos cortos.

Efecto del exceso y/o deficiencia de proteína-energía en la dieta:

La concentración y digestibilidad de la proteína en la dieta afecta la disponibilidad de energía, ya que modifica el consumo, digestibilidad y la eficiencia energética.

En animales jóvenes, una deficiencia de energía así como de proteína, ocasiona un retraso en el crecimiento y como el tiempo en que se presenta pubertad depende parcialmente del peso vivo de la hembra, por lo tanto también se ocasionará un retraso en la presentación de la pubertad. Asimismo se verá disminuida la producción de leche y habrá pérdida en la condición corporal. Si la deficiencia de energía se prolonga, entonces se afecta la eficiencia reproductiva. En casos extremos de desnutrición, los animales afectados se presentan postrados, temperatura corporal disminuida, hasta llegar a morir en un tiempo aproximado de dos semanas.

Hay que recordar que la energía que utiliza el ganado depende en gran parte de la fermentación microbiana que ocurre en el rumen. La clase y cantidad de fermentación determinará la naturaleza y cantidad de los metabolitos que se absorberán en el tracto digestivo, estos metabolitos van a afectar la producción de los animales, así como la manera en que se va a utilizar la energía. En general, las dietas que producen poco acetato ruminal, (grandes cantidades de concentrado), promueven la formación de depósitos de grasa en el cuerpo, con la consiguiente disminución de grasa en leche y un incremento relativo en la proteína de la leche.

La absorción de aminoácidos esenciales de la proteína digerible es esencial para el mantenimiento, reproducción, crecimiento y lactación del ganado. Estos aminoácidos provienen de la proteína de la dieta y de la proteína producida por fermentación en el rumen, que si por cualquier alteración se modificara, también se afectará la producción de proteínas.

La interacción proteína-energía en el rumen es muy importante. El consumo de cantidades adecuadas de proteína degradable es indispensable para maximizar el consumo de alimento y la digestibilidad ruminal. Vacas altas productoras normalmente no consumen la cantidad necesaria de energía y si además se alimentan con exceso de amoníaco en el rumen y elevadas concentraciones de urea en sangre y leche, se disminuirá el contenido de proteína en la leche.

Un exceso de proteína en la dieta va a disminuir la disponibilidad de energía, ya que el exceso de proteína se tiene que convertir a amoníaco para posteriormente transformar en urea y excretarse. Asimismo, el exceso de nitrógeno ureico afecta el metabolismo de la glucosa. Se ha comprobado que el alimentar animales con exceso de proteína, disminuye la eficiencia reproductiva, afectándose el número de servicios, los días

abiertos, fertilidad, la prolificidad. Cabe mencionar que el exceso de proteína influye en todos estos factores, pero que la energía juega un papel importante en las tasas de concepción. El porcentaje de enfermedades metabólicas se incrementa en gran parte por el exceso de proteína en la dieta.

También los excesos de energía y/o proteína afectan directamente la salud de los animales, cuando se consume de manera aguda. El resultado del consumo excesivo de grano es la indigestión aguda. Hay dos síndromes asociados con el exceso de alimento, que son la acidosis aguda y la alcalosis. El primero es el más común, y es el resultado de consumir grandes cantidades de grano, el cual rápidamente se fermenta dando lugar a grandes cantidades de ácido láctico, seguido de deshidratación y depresión. La alcalosis es menos común y es el resultado de consumir alimentos proteicos altamente fermentables como la soya, la cual provoca una excesiva producción de amonio causando excitación e hiperestesia (NRC, 1984) (Andrews y cols., 1992) (NRC, 2001).

Minerales.

Algunos elementos inorgánicos han demostrado su esencialidad en la dieta de los animales para desarrollar normalmente su crecimiento y reproducción. Estos elementos no son sintetizados por el organismo; deben ser incluidos en la dieta. En la vaca lechera, además de las funciones plásticas y metabólicas en que intervienen estos elementos, son requeridos para ser secretados en la leche como compuestos específicos o en forma elemental (NRC, 2001)

Clasificación de los minerales. Los minerales se clasifican por la cantidad o presencia de estos elementos en el cuerpo del animal. Así, podemos considerar a los elementos mayores o **macrominerales** cuyos requerimientos son superiores a 100 partes por millón (ppm) en la dieta y se encuentran formando partes estructurales del cuerpo como los huesos y fluidos corporales, siendo vitales en la regulación del equilibrio ácido-básico, la presión osmótica, el potencial eléctrico de la membrana celular y la transmisión nerviosa; y los elementos menores, **microminerales** o minerales traza cuyas necesidades son inferiores a 100 ppm, que se encuentran presentes en cantidades trazas, formando generalmente parte de enzimas, cofactores enzimáticos ó como partes de hormonas (NRC, 2001) (Cuadro 9.4).

Cuadro 9.4. Contenido promedio aproximado de elementos minerales en la corteza y en el cuerpo del animal.

Macroelementos	Corteza terrestre (%)	Ganado (canal completa) (%)
Calcio	3.40	1.20
Fósforo	0.12	0.70
Magnesio	2.00	0.05
Sodio	2.60	0.14
Potasio	2.40	0.17
Azufre	0.05	0.15
Cloro	0.20	0.10
Microelementos	Corteza terrestre (%)	Ganado (Canal completa) (%)
Hierro		
Cinc		
Cobre		
Yodo		
Cobalto		
Manganeso		
Flúor		
Cromo		
Molibdeno		
Silicio		
Níquel		
Vanadio		
Estaño		

Adaptado de Miller, (1979).

Variabilidad en el contenido de minerales de los alimentos. El contenido mineral de los granos y forrajes varía enormemente, siendo estos últimos los que presentan mayor variación. Estas diferencias se deben a: 1) genética de la planta; 2) suelo y pH; 3) clima y temperatura; 4) estado de madurez de la planta y 5) a la parte de la planta. De lo anterior se deduce la enorme diferencia existente entre el valor real y el valor promedio obtenido de la planta. Por tanto, la formulación de un programa adecuado de alimentación requiere del análisis de minerales de los forrajes que el ganado deberá

consumir a fin de preparar una suplementación adecuada. En el cuadro 9.5 contiene una estimación hecha por Miller, (1979), sobre la variación en contenido mineral existente entre un mismo alimento.

Cuadro 9.5. Contenido mineral en ensilaje de maíz del programa de pruebas de Georgia, 1973-74

Mineral	Promedio ppm	Contenido	Número de veces mayor
Manganeso	88	15-287	19
Hierro	23	56-4750	85
Cinc	29	11-79	7
Cobre	7	1-28	28
Molibdeno	2	0-11.5	115+
Azufre	0.07	0.005-0.186	37

Tomado de Miller, (1979).

Fuentes complementarias de minerales. El aporte mineral de los forrajes varía gradualmente como se observa en la sección anterior. La disponibilidad biológica de los minerales presentes en el alimento está en relación directa a su estructura química y con la presencia de otros elementos. En la alfalfa por ejemplo, Jorgensen, (1982), sugiere considerar un 60% de calcio disponible. En praderas jóvenes y suculentas, la baja disponibilidad del magnesio presente se manifiesta en deficiencias de este mineral como la tetania de las praderas.

En las sales minerales, la disponibilidad de los minerales varía esencialmente con las estructuras y química de estas sales. El cuadro 9.6 señala algunos elementos menores, sus sales y disposición biológica. En fuentes de calcio y fósforo, es importante, además del contenido del elemento, tener en cuenta la cantidad de flúor existente en la muestra y la cantidad de aluminio. El flúor es importante, ya que puede ser tóxico en cantidades mayores a 100 ppm, en la ración por periodos largos de tiempo, tomando en cuenta la poca solubilidad del elemento cuando se encuentra junto con fosfatos cálcicos. La presencia de aluminio es muy importante, ya que ésta denotará el origen probable de la fuente del fósforo; y el fosfato aluminico no es utilizable por el animal. Es importante considerar que:

Cuadro 9.6. Disponibilidad iónica de sales de minerales traza.

Elemento	Sal	Utilización
COBALTO	Carbonato, Cloruro y Sulfato	Fuentes altamente disponibles para ser usadas en dietas.
	Nitrato y Oxido	Altamente disponible, usado en pelets pesados
	Glucoheptonato	Excelente absorción
COBRE	Sulfato	La fuente de cobre más disponible para alimentos.
	Oxido	Disponibilidad mediana a baja.
	Carbonato	Disponibilidad media.
	Organometálicos (lisina de cinc, complejo con aminoácidos)	Reportes contradictorios.
	Glicinato	Excelente absorción.
	EDTA	Buenas fuentes parenterales.
	Carbonato, Oxido, Sulfato y Cloruro	Fuentes adecuadas, reportes contradictorios
	Metionina de cinc Complejos de amino ácidos-cinc	Excelente aporte orgánico.
	Sulfato	Fuentes adecuadas
	Cloruro, Carbonato y Oxido	Absorción media a buena.
	Organometálicos (Metionina de Mn y complejos con AA)	Excelente absorción.
	Selenato y Selenito de Sodio	Buenas fuentes
	Levaduras crecidas en medio rico en Se Metionina de Selenio	Excelentes fuentes
	Na y K (yoduro) Yodato de calcio	
	Diyododitol, Ortoperiodato pentacálcico y EDDI (Etilen-diamino-Dihidroyoduro)	
Acido diyodosalicílico	CINC	
HIERRO	Sulfato, Cloruro, Citrato de amonio y hierro, Sulfato de amonio y hierro y Fumarato ferroso	
	Ortofosfato férrico, Carbonato ferroso Pirofosfato de sodio e hierro	MANGANESO
	Oxido férrico (grado alimento animal)	
	Organometálicos (metionina de Fe y complejos de amino ácidos con hierro)	
		SELENIO
		YODO

Adaptado de Escobosa, A., 2001, NRC, 2001

- 1) El animal no selecciona los minerales de acuerdo a sus necesidades, excepto el sodio, por lo cual de preferencia se deben dosificar éstos en el concentrado o en la cantidad de sal (Cloruro de sodio, NaCl) que el animal consumirá voluntariamente; los minerales tipo “cafetería” no satisfacen requerimientos.
- 2) Que los minerales preparados sean adecuados para suplementar el forraje en cuestión y
- 3) Que las sales minerales tipo universal tienen interés comercial únicamente y pueden no sólo no satisfacer los requerimientos sino agravar fuertemente una deficiencia.

Importancia de la estructura química de los minerales. El cuadro 9.6 resume los resultados por diversos autores con respecto a diferentes estructuras químicas de sales minerales trazas y su utilización biológica. Existen diferencias entre especies que permiten que algunos animales como las ratas usen ciertas estructuras químicas como el ácido de yodo salicílico (ADS) como fuentes de yodo. Los rumiantes desarrollan deficiencias de yodo cuando se usa ADS como suplemento.

El fósforo en forma de fitatos se utiliza por los rumiantes y no por aves o monogástricos.

Por último, debe considerarse que la fuente orgánica de ciertos minerales es más disponible que el suplemento mineral; así, el selenio o selenato y administrados en la misma cantidad, el selenio orgánico puede causar toxicidad cuando el selenio no lo hace; lo mismo es cierto para el molibdeno.

Absorción y excreción de los minerales. La vía digestiva es generalmente la fuente principal de entrada de los minerales al metabolismo, aunque ciertos elementos pueden causar toxicidad cuando son inhalados o penetran por la piel como el cadmio y el selenio.

Los elementos cuya absorción por difusión simple es casi completa, son los electrolitos monovalentes como sodio, cloro y potasio. El calcio, cinc, hierro y cobre, utilizan ciertos mecanismos específicos que incluyen el transporte utilizando una proteína específica y son absorbidos en forma selectiva y dependiente de todo un sistema determinado.

La excreción de los minerales endógenos es vía heces u orina. Aunque también aparecen en la leche, no debe considerarse ésta una vía de excreción sino como componentes de la misma.

Interacción entre minerales. El aporte de minerales debe satisfacer el requerimiento, pero una cantidad adicional de uno u otro podrá incrementar los requerimientos del tercero; algunas veces por simple competencia por agentes transportadores y otras por interacción metabólica.

Los casos más estudiados son las relaciones calcio-fósforo. Aunque en ganado lechero no se ha determinado el efecto de un desequilibrio de estos dos elementos, existen en otras especies, pruebas que señalan que para su utilización óptima ambos elementos deben llevar cierta relación.

La relación cobre molibdeno es interesante, ya que la fertilización con molibdeno a praderas ha sido reportada como causante de deficiencias severas de cobre. Aunque el elemento se encontraba en niveles adecuados, requirió de suplementación para la recuperación de los animales que presentarán signos de deficiencia.

En cerdos se ha presentado paraqueratosis por deficiencia de Cinc, cuando las dietas de éstos contenían cantidades elevadas de calcio y normales de Cinc.

Macrominerales. Se requieren macroelementos en la dieta. Sus requerimientos varían de 0.2-1.2%. Estos son: calcio (Ca), fósforo (P), cloro (Cl), sodio (Na), magnesio (Mg), potasio (K), y azufre (S).

Calcio. Este elemento se encuentra principalmente fuera de las células en huesos y dientes, además de su función plástica desempeña papeles importantísimos en la fisiología. Es necesario para el funcionamiento nervioso y muscular, esencialmente en el proceso de coagulación sanguínea. Igualmente para la actividad de diversos sistemas enzimáticos y es componente de la leche. Los mecanismos homeostáticos de este importante elemento permiten movilizar el mineral de los huesos cuando es requerido, actuando en conjunto con la vitamina D, parathormona y la calcitonina que regulan su absorción intestinal y movilización de los huesos. El transporte activo del calcio es la ruta más importante de entrada del calcio en el metabolismo y el proceso es controlado por la 1-25-dihidroxicolecalciferol (vitamina D), así el volumen de calcio extracelular puede ser mantenido (Bronner, 1987) (Deluca, 1979). Cuando el gasto en

calcio excede el consumo, el calcio se extrae de los huesos, si el desbalance continúa puede ocurrir hipocalcemia que se manifiesta con disfunciones nerviosas y musculares referidas como "fiebre de leche" (NRC, 2001). En general, los pastos (incluyendo al ensilaje de maíz), son bajos en calcio y las leguminosas son altas; los granos y subproductos de oleaginosas son bajos en calcio; la melaza es alta, lo mismo que la pulpa de cítricos. Se ha mencionado mucho sobre la relación calcio-fósforo, sin embargo, evidencias actuales señalan claramente que esta relación es poco significativa (NRC, 2001); se han observado excelentes tasas de crecimiento cuando la dieta está basada en leguminosas cuya relación es de 6-8 de calcio por 1 de fósforo; sin embargo, no es recomendable alimentar más calcio que fósforo. Weeler y Noller, (1976), empleando piedra caliza en raciones completas para ganado lechero, reportan excelentes resultados al aumentar la digestibilidad de los almidones cuando se usó una relación de 3 a 1 o sea 1.5% de calcio y 0.5% de fósforo. Se mostró en el trabajo que el aumento en digestibilidad citada, se debía a un incremento del pH intestinal que lo hacía más favorable para la actuación de la enzima amilasa pancreática. La deficiencia dietaria de calcio en el ganado se manifiesta con fragilidad ósea y cantidades reducidas de leche, aunque la concentración del elemento no varía en el producto. La fiebre de leche se caracteriza por una baja de calcio sérico, debido a una enfermedad metabólica. Su prevención no estriba en suplementar cantidades excesivas en la dieta. Uno de los mejores métodos para prevenir esta enfermedad es forzar al tubo gastrointestinal del animal a absorber mayores cantidades de calcio mediante la formulación de raciones deficientes en el elemento para vacas 6 semanas antes del parto.

Fósforo. Es un elemento cuyas necesidades se manifiestan en todo el organismo animal; está presente al igual que el calcio en las estructuras corporales y esencial en multitud de sistemas; el ATP unidad esencial de transporte de energía, está constituido por fosfatos. Uno de los sistemas amortiguadores lo constituye el fosfato como componente principal. También es requerido por los microorganismos del rúmen para la digestión de la celulosa y la síntesis de proteína microbiana (Burroughs and Schroder, 1991).

El fósforo se absorbe en el intestino delgado, y muy poco en los compartimentos gástricos; el mecanismo de regulación de la absorción no es muy conocido (NRC, 2001), sin embargo, se presume que dos son los mecanismos esenciales para su absorción: uno activo dependiente de la vitamina D (1-25 dihidroxicolecalciferol) cuya síntesis se ha estimulado con

niveles bajos de fósforo sanguíneo y el otro pasivo, cuando existen grandes cantidades de fósforo en la ración (Horst, 1986, Wasserman and Taylor, 1976). También existe el fósforo que se recicla por la saliva. La relación calcio-fósforo que una vez parecía importante resulta sin significancia si el nivel de ambos es adecuado en la dieta (NRC, 2001)

Fuentes de fósforo suplemental. El fosfato dicálcico, fosfato monosódico y ácido fosfórico son las fuentes más comúnmente usadas, dependiendo de la economía de la ración. La roca fosfórica no es recomendable en vacas altas productoras debido a la variación tan grande que existe en este elemento en sus contenidos de fósforo y algunos contaminantes minerales que lo acompañan. El fósforo proveniente de fitatos, que es prácticamente indispensable en monogástricos, en rumiantes debido a su microbiota, e casi totalmente digestible (Herbein, 1996).

Las deficiencias leves de fósforo en la dieta de la vaca lechera son muy adversas para la economía de la producción ya que se mantienen con síntomas mezclados que concluyen en una deficiencia severa en la economía del establo, No hay buena producción ni reproducción. Ha este hecho se ha exagerado la suplementación de fósforo en las ganaderías. NRC, (2001), señala que hay suficiente evidencia experimental en vacas lecheras para afirmar que el suplementar fósforo en exceso de los requerimientos (32%) no mejorará reproducción, y puede inducir disminución de la forma activa de vitamina D y causar fiebre de leche.

La deficiencia severa de fósforo, se manifiesta con raquitismo, falta de crecimiento, hueso frágiles y disminución grave en la producción de leche.

Cloro. Es el anión que existe en mayor cantidad en el organismo conteniendo más del 60% del total de equivalentes aniones en el fluido extracelular. Este elemento es importante en la leche, se encuentra en el ácido clorhídrico del estómago y desempeña un papel muy importante en la regulación de la presión osmótica de fluidos corporales y equilibrio ácido básico y se requiere para la activación de amilasa pancreática (Coppock, 2000). Coppock y Cols., (1983), señalan la importancia de los cloruros en las dietas tropicales para el ganado en producción. Los autores de este trabajo sugieren que un exceso de cloruros en la dieta causa un desequilibrio iónico que conduce a cargas adicionales que incrementan los efectos del calor y producen signos de depravación del apetito, además de bajas significantes en la producción láctea. Escobosa y Coppock, (1984), subrayan la importancia de evaluar la cantidad de cloruros en balances

alimentarios haciendo notar que los efectos negativos de incrementar los niveles de cloruros en la dieta son mayores en tiempo de verano que en invierno, haciendo que la vaca sufra de mayor estrés por calor por presentarse una acidosis metabólica y el rendimiento lácteo se vea tremendamente demeritado. Si los cloruros son suplementados en forma de cloruro de calcio la tolerancia al exceso es grandemente disminuida.

Sodio. El sodio es un elemento indispensable para la vida y todo organismo cuenta con un mecanismo muy tenaz para conservarlo a través del riñón haciendo más eficiente su absorción por vía digestiva. Solamente se almacena en cantidades pequeñas que pueden ser disponibles al metabolismo cuando se requieran (NRC, 2001). El sodio funciona como catión extracelular importantísimo en el mantenimiento de la presión osmótica, equilibrio ácido básico y en la regulación del volumen de fluidos en el organismo. También representa un papel importante en la transmisión de impulsos nerviosos. Se requiere siempre una suplementación de sodio ya que los alimentos que consume la vaca lechera son pobres en el elemento. Sánchez y Cols., (1994), encontraron que el rendimiento máximo en vacas lactantes era de 0.7 a 0.8% de sodio en la ración ya que se observaron que en climas fríos ó cálidos el rendimiento en leche, así como el consumo de alimento se incrementaron con una elevación de sodio en la dieta a los niveles mencionados, que son más allá de los niveles tradicionalmente recomendados. La carencia de sodio se manifiesta por apetito anormal, pelo áspero y el animal se muestra nervioso y buscando sal en cualquier parte. Los signos son poco específicos. El sodio es el único elemento para el cual se conocen los mecanismos específicos que permiten al animal buscar el elemento.

La suplementación de las dietas es sencilla y generalmente se usa sal común; es recomendable, sin embargo, evaluar el aporte de sodio de otros suplementos como el bicarbonato de sodio, para evitar exceso del elemento que influirá en el contenido de éste en el excremento y pudiera ser nocivo para las tierras y los cultivos.

Potasio. El potasio es el tercer elemento en abundancia mineral en el cuerpo. Debe ser suministrado a la dieta ya que se almacena poco y su requerimiento es el más alto de todos los cationes minerales. Un exceso de fertilización en potasio a los forrajes puede causar una sobredosis del elemento y provocar problemas con el metabolismo del calcio y del magnesio, especialmente para la etapa del parto y causar edema de la ubre (NRC, 2001).

El potasio está relacionado con la presión osmótica, con el equilibrio ácido básico, con la transmisión nerviosa, el transporte de bióxido de carbono y muchísimos sistemas enzimáticos como ocurre en el metabolismo de los carbohidratos y en el de las proteínas. Es el principal electrolito extracelular. Se han presentado investigaciones en las cuales se señala que los niveles de 1.5% de potasio en tiempos de verano resultaron ideales desde el punto de vista de la optimización del rendimiento en vacas lecheras de alta producción (Beede y Shaerer, 1991)(Sánchez *et al.*, 1994). Escobosa *et al.*, (1984) y West *et al.*, (1992), encontraron que el incrementar diferencia en el balance de aniones y cationes en la dieta desde -144 a $+350$ meq/Kg de materia seca alimentada durante periodos de estrés por calor, incrementó el consumo alimenticio y la producción láctea.

Una deficiencia de potasio se manifiesta con una disminución de consumo de alimento y de agua, pica y baja sensible en la producción láctea, el cuero pierde elasticidad y el pelo se vuelve hirsuto y sin brillo (Mallone *et al.*, 1982).

Magnesio. Este elemento funciona en la formación de complejos enzimáticos y en el control nervioso de la contracción muscular. Es un catión que está presente tanto dentro de la célula, como cofactor importantísimo de sistemas enzimáticos vitales en casi todas las rutas metabólicas, como fuera de ella. El magnesio extracelular es vital para mantener las funciones de los músculos la conducción nerviosa y la formación mineral en los huesos (NRC, 2001). El 60-70% del elemento se encuentra almacenado en el esqueleto, pero no se moviliza de la misma manera que el calcio. La disponibilidad de magnesio en los pastos es variable y depende de varios factores como el frío que hace que la planta incorpore menos magnesio, así como la fertilización con potasio. En la actualidad se sabe que en los pastos de alto rendimiento que se hayan fertilizado fuertemente con nitrógeno y potasio, pastos de crecimiento rápido, cuyo contenido de potasio es elevado, la disponibilidad del magnesio para rumiantes de reduce y la situación conduce a la enfermedad llamada tetania de los pastos, la que se caracteriza por hiperexcitabilidad, incoordinación, pérdida del apetito, salivación excesiva y el cuadro termina con convulsiones y muerte.

Cuando la relación (potasio: calcio más magnesio), es mayor de 2.5 a 3.0 en los pastos, la posibilidad de incremento de la tetania de los pastos aumenta. En el Estado de Nueva York se comprobó que cuando esta

relación de pastos se excedía, se presentaba la enfermedad, sobre todo cuando las praderas habían sido altamente fertilizadas con excremento de pollos. Los investigadores solucionaron este problema mediante la adición de 15 a 20 g diarios de óxido de magnesio por vaca. En Virginia, E.U.A., se recomienda el empleo de un suplemento a libre elección basado en suplemento proteico (soya o pasta de algodón), sal común y óxido de magnesio a partes iguales en praderas con tendencia a producir la tetania de los pastos. Los requerimientos para magnesio deben llenarse tomando en cuenta, además de las posibles interferencias y carencias de los pastos que se citaron anteriormente, las fuentes del mismo, considerando que el producto proveniente de la dolomita ó de la magnesita no es disponible y que el óxido de magnesio tiene un coeficiente de absorción del 28 al 49% (NRC, 2001). Se han usado cantidades en exceso de magnesio en vacas lecheras, sobretodo para elevar la grasa butírica en la leche, hasta el 0.61% sin efectos adversos excepto una diarrea ocasional, aunque NRC, (1989), señala que los niveles máximos de este elemento deben mantenerse por debajo de 0.4%.

Azufre. Es un elemento cuya presencia es esencial en el organismo, ya que forma parte de los aminoácidos sulfurados: metionina, cistina y cisteína; además constituye parte de las vitaminas tiamina y biotina; está presente en ligamentos y articulaciones como el ácido condroitin sulfúrico, constituye cerca del 0.15% del peso total de un organismo. En el rumen, en donde los microorganismos sintetizan los aminoácidos sulfurados. La suplementación dietaria con azufre debe de ser muy cuidadosa y conocerse los contenidos del elemento en cada uno de los alimentos, ya que aunque los requerimientos son de 0.2% cuando se aumentan a 0.3% de la dieta, el consumo voluntario se deprime. Cuando se usa nitrógeno no proteico en la dieta, debe tenerse cuidado de mantener una relación de 10:1 hasta 12:1 de nitrógeno por azufre (Bouchard y Conrad, 1973).

El contenido de azufre del agua es importante para evaluar si se requiere suplementación o no. La sobredosis de azufre puede presentarse fácilmente y presentar una serie de problemas como pérdida del apetito y la interferencia de azufre con la absorción tanto de selenio como de cobre. Recientemente se han reportado síndromes parecidos a la poliencéfalomalacia en ganado cuando los animales recibieron dietas hasta con 0,5% de azufre tanto en la ración, considerando la variabilidad del elemento en los forrajes así como en el agua de bebida (McAllister *et al.*, 1997); por tanto, debe tenerse estos hechos muy en cuenta para una

decisión de usar o no una sal azufrada, elemento en los forrajes, ya que el contenido de azufre en los granos es reducido.

Minerales Traza. Los minerales traza o micro elementos están presentes en el organismo en cantidades muy pequeñas. Sin embargo, desempeñan un papel primordial en la constitución del organismo del animal; unos formando partes de vitaminas o enzimas, otros como activadores de un sistema y otro más como el cromo cuya función se vincula a la acción de la hormona insulina, metabolismo de los triglicéridos y del sistema inmune. Los forrajes contienen cantidades variables de estos elementos y, como se discutió anteriormente, su inclusión a la ración debe ser equilibrada debido a interacciones entre sí. Por tanto, se sugiere conocer el contenido mineral de los forrajes. Una deficiencia en estos elementos puede ser subclínica o causar pérdidas muy grandes en el hato afectado, y las causas pueden estar ocultas. Una deficiencia puede producirse por niveles bajos del elemento o por exceso de otro mineral. Por tanto, una sal mineral no adecuada para la zona puede conducir a la presentación de cuadros clínicos o subclínicos e incrementar requerimientos de uno o varios elementos.

Los minerales traza (hierro, cinc, cobre, yodo, cobalto, selenio, manganeso, flúor, cromo, molibdeno, silicio, níquel, vanadio y estaño), se requieren en cantidades pequeñas y algunos pueden ser tóxicos cuando se encuentran en grandes cantidades en la ración. Así, el cobre cuyas necesidades son de 5 a 10 ppm en bovinos, en los ovinos puede presentar signos de intoxicación después de 20 ppm, el selenio que es requerido en 0.3 ppm, puede causar toxicidad de 5 a 10 ppm. Otros compuestos como los nitratos y los nitritos pueden incrementar asimismo los requerimientos de minerales como el yodo. El cuadro 9.7 contiene los niveles tóxicos de los microminerales.

Cobalto. Es un componente de la vitamina B12 (cobalamina). Generalmente los microbios del rumen producen la suficiente vitamina B12 si cuentan con cobalto suficiente en la dieta.

La deficiencia de vitamina B12 es muy aparente en rumiantes tal vez porque éstos animales son muy dependientes en gluconeogénesis para proveer la glucosa a los tejidos. Una deficiencia de esta vitamina puede ser diagnosticada cuando aparece en la orina el ácido metil malurónico (Gawthorne *et al.*, 1971). La vitamina B12 se almacena en el hígado y se necesitan meses antes de que aparezcan los signos, sin embargo, una

deficiencia de cobalto es detectada en pocos días por los microbios quienes empiezan a dejar de convertir succinato a propionato y la población bacteriana tiende a cambiar debido al alza de los niveles de succinato (Kennedy *et al.*, 1996). Los signos más tempranos de la deficiencia de cobalto son cesación de crecimiento, poca vitalidad, pérdida de peso (Smith, 1997) y reducción de la resistencia a infecciones como resultado de una baja en la función de los neutrófilos (MacPherson, 1990).

Cuadro 9.7. Niveles tóxicos de micro elementos

Elemento	Nivel tóxico (ppm)
Cobre	40
Molibdeno	5
Yodo	5
Hierro	1000
Manganeso	1000
Selenio	5
Cinc	1000
Cobalto	30
Aluminio	1000
Cadmio	0-5
Plomo	200
Mercurio	2
Arsénico	50-100

(Adaptado de NRC, 2001).

Los requerimientos de cobalto según López-Guiza y Satter, (1992), señalan que aunque las necesidades señaladas de cobalto son menores, el administrar 0.25 a 0.35 ppm de cobalto en la dieta resultó en una síntesis suficiente de vitamina B12 y una mejor digestión ruminal de los forrajes, especialmente con aquellos que no son de buena calidad.

Cobre. Es un elemento indispensable y forma parte de numerosos sistemas enzimáticos esenciales para la vida. Forma parte de la citocromo-oxidasa que es requerida para el transporte de electrones durante la respiración aerobia, la lisil-oxidasa esencial en el tejido conectivo, la elastina en la fortaleza de los huesos, la ceruloplasmina que transporta el hierro para la síntesis de hemoglobina, la tirosinasa requerida para pigmentación del pelo a través de la melanina proveniente de la tiroxina y la super oxido-dismutasa que protege la célula de los efectos tóxicos de los

metabolitos del oxígeno lo que es particularmente importante en la función fagocitaria de las células (NRC, 2001).

Los requerimientos de cobre absorbido son de 0,5 a 2.0 mg de cobre / vaca por día, pero cuando se trata de cobre en la dieta, estas cantidades varían de acuerdo a una multitud de factores como la presencia de sulfatos y de molibdeno en la dieta ya que se une a éste y forman compuestos no absorbibles. Underrwood y Suttle, (1999), señalan que el azufre, más que el molibdeno presentes en un ensilaje, deprime la utilización del cobre ya que un aumento de azufre de 0.2% o 0.4% redujo más de tres veces la utilización de cobre en el alimento. Parece ser que cantidades de 4 mg de Mo/kg son suficientes para deprimir la absorción de cobre Gengelbach, (1994). En condiciones prácticas parece ser que el cinc no afecta la absorción de cobre, a menos que se use una fuente diferente al óxido de cinc y se incrementen 1000 veces los niveles de Zn sugeridos.

El cobre puede ser suplementado en forma orgánica como lisina de cobre o algunos proteínatos o como sal inorgánica como sulfato de cobre, óxido de cobre o carbonato de cobre, de estos, el óxido parece ser menos disponible en comparación con el sulfato y el carbonato (Kegley y Spears, 1993); sin embargo, Rabiasky *et al.*, 1999 y Nockels *et al.*, 1993, encontraron que la lisina de cobre es mucho más disponible que el sulfato de cobre.

Los signos principales de una deficiencia de cobre son anemia macrocítica hipocrómica, despigmentación de la piel, baja resistencia a enfermedades por una reducción de la agresividad de los neutrófilos (Boyne *et al.*, 1981), huesos frágiles osteoporosis, diarreas en rumiantes, crecimiento retardado y disminución de estrógeno y reproducción.

Las toxicidades por cobre son más observadas en ovinos que en bovinos, que son más resistentes pero pueden sufrir de una toxicidad crónica y se sugiere nunca exceder los máximos de 40 ppm a menos que los niveles de molibdeno estén grandemente elevados (Ausa, 1999)

Yodo. Es un elemento esencial que está íntimamente ligado con la glándula tiroides y su producción de hormonas. Es indispensable para la producción de tiroxina y triyodo-tironina, que regula el metabolismo energético. El requerimiento de yodo en vacas lactantes no debería ser menor de 0.45 mg/kg de materia seca ingerida ya que el requerimiento de yodo se incrementa con la producción láctea. Hay factores que interfieren con la síntesis de las hormonas tiroideas que se conocen como sustancias goitrogénicas como son algunos compuestos cianogénicos que se pueden encontrar en los frijoles, soya, camote, maíz, pulpa de betabel, etc.

Que pueden ser fácilmente neutralizadas añadiendo más yodo a la dieta. También hay otros compuestos, llamados goitrinas, encontrados en la cebolla, la mostaza y la col que no responden fácilmente a la suplementación adicional de yodo (NRC, 2001).

Para suplementar yodo se usan varias sales entre ellas los yoduros de sodio y potasio, el ortoperiodato cálcico y el EDDI (Diamino di-hidroyoduro de etileno).

Los signos de deficiencia de yodo son evidentes con el hipotiroidismo.

En ganado adulto se observa además, reducción de la fertilidad tanto en machos como en hembras; en becerros se observa el nacimiento de animales sin pelo, débiles o muertos (Hetzl y Wellby, 1997).

Hierro. El hierro es un elemento esencial para la composición de la hemoglobina y la mioglobina. También se encuentra formando parte de muchas enzimas y cofactores.

Una deficiencia de hierro se manifiesta con una anemia hipocrómica microcítica por la deficiencia en la producción de hemoglobina. En becerros que han recibido solo leche, es común encontrar la deficiencia, no así en ganado adulto debido a que el elemento se encuentra en todas partes (Underwood, 1981). Para suplementar el hierro se sugieren el sulfato ferroso o el cloruro férrico y al carbonato ferroso como fuentes muy poco disponibles del elemento (Henry y Miller, 1985).

El hierro puede encontrarse en demasía con el aporte de agua rica en hierro (con más de 0.3 mg/l) y causar una interferencia en la utilización de otros minerales como el cinc y el cobre con cantidades desde 250 a 500 ppm se ha producido una deficiencia de cobre (Philippo *et al.*, 1987).

Manganeso. Una deficiencia de este elemento causa problemas reproductivos en el ganado adulto y de crecimiento en becerros que crecen con anomalías y deformaciones; en el recién nacido puede causar ataxia debido al impedimento en el desarrollo del oído interno (Underwood, 1977). La deficiencia de las enzimas galactotransferasa son responsables de la falta de desarrollo de huesos y cartílagos.

Las fuentes de suplementación inorgánica de este elemento son pobres en su utilización desde el carbonato de manganeso con 30% hasta el

monóxido de manganeso con 60%. Una fuente orgánica con 125% es la metionina de manganeso (Henry, 1995). Una toxicidad por manganeso en ganado, es difícil de encontrar. Se han observado casos de reducción de consumo voluntario y de crecimiento cuando las raciones tenían más de 1000 ppm del elemento (Jenkins e Hidroglou, 1991)

Molibdeno. El molibdeno es un elemento requerido en cantidades mínimas ya que forma parte de la adeniloxidasas, la xantinoxidasas y la sulfuroxidasas que se encuentran en la leche y en muchos otros tejidos (Mills y Davis, 1987). El elemento es de importancia en nutrición animal por sus excesos, ya que desde 5 ppm han mostrado toxicosis por intervenir en la absorción de cobre y de fósforo en menor nivel. El cobre se une al molibdato y se vuelve no disponible; así cuando los niveles de molibdeno están excedidos, una suplementación adicional de cobre alivia la situación y cuando hay excesos de cobre una suplementación con molibdeno reduce los signos de toxicidad por cobre. (Bremmer *et al.*, 1987).

Selenio. Este elemento se le conoce más por su presencia en la enzima glutatión-peroxidasa que actúa convirtiendo los peróxidos dañinos para la célula, en agua (Rotruck *et al.*, 1973). Hace como 10 años se identificó al selenio como parte de la enzima del tipo 1 yodotironina-5deyoxidasa que convierte T4 a T3 (Berry *et al.*, 1991). También se ha identificado al selenio en otras proteínas, pero no se ha esclarecido como funciona en éstas. El metabolismo del ácido araquidónico requiere de selenio por la vía de la glutatión-peroxidasa y por esto se le relaciona al selenio con la agresividad de los neutrófilos (NRC, 2001). En muchos estudios se ha reportado que la retención placentaria, metritis y ovarios quísticos en la vaca recién parida, se disminuye marcadamente con la suplementación de selenio (Miller *et al.*, 1993). También se le relaciona con la reducción y prevalencia de mastitis (Maddox *et al.*, 1993). La deficiencia de selenio se manifiesta con la enfermedad de los músculos blancos o distrofia muscular de origen nutricional. Los animales mueren de fallas cardíacas generalmente.

Los requerimientos de selenio son marcados entre 0.3 y 0.4 ppm (NRC, 2001). Pueden variar de acuerdo a ciertos factores como los excesos de sulfatos o de cinc en la dieta que hacen menos utilizable al selenio. Grace *et al.*, (1997), señalan que conforme la concentración dietaria de selenio se eleva, así lo hace en la leche y esto podría favorecer la salud del becerro así como la humana. Los suplementos de selenio son generalmente el selenito de sodio y la metionina de selenio con el producto crecido en levaduras.

Las toxicidades por selenio se encuentran generalmente ligadas a plantas que lo acumulan como el astrágalus y se observa cuando los niveles se encuentran arriba de los 5 ppm (NRC, 2001).

Cinc. El cinc es un compuesto encontrado en muchísimos sistemas enzimáticos, entre ellos la anhidrasa carbónica que es usada para determinar estado de deficiencia del elemento. Su deficiencia afecta el metabolismo de carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas, es por ende causante de todo tipo de ineficiencias en la producción y reproducción. Graham, (1991), encontró que la función del cuerpo lúteo es grandemente afectado debido a una ausencia en la síntesis de prostaglandinas debido a una deficiencia de cinc. También demostró como la timosina, hormona producida por el timo, contiene cinc, la cual regula la inmunidad.

El cinc inorgánico tiene varios competidores para su absorción entre ellos el cobre, el cadmio y el hierro ó altas concentraciones de calcio, es por esto que la metionina de cinc o los compuestos metálicos de cinc con aminoácidos son muy recomendables en la nutrición de animales sujetos al estrés de una producción alta (Hortin *et al.*, 1991). Las sales inorgánicas de cinc más usadas son el sulfato de cinc y el oxido de cinc.

Cromo. El cromo es un mineral cuya presencia se ha descubierto en el factor de tolerancia a la glucosa y sin el elemento, este factor es inactivo. El factor de tolerancia a la glucosa actúa potencializando la acción de la insulina o facilitando la interacción de la insulina con su receptor en los tejidos (Mertz, 1993). El cromo trivalente es la forma de suplementar el elemento en las raciones para vacas lecheras y otros animales, el cromo hexavalente puede resultar tóxico. Para suplementar como trivalente se encuentran diversas sales como el Picolinato y Nicotinato de cromo y la metionina de cromo que son altamente disponibles para el animal. En vacas lecheras ha habido ya muchos reportes de los beneficios de la suplementación con cromo a las dietas de vacas primíparas, de vacas gestantes y de animales en producción. Se ha encontrado una respuesta inmunológica positivas en vacas gestantes próximas al parto (Burton *et al.*, 1993), mejoramiento en el metabolismo de la energía y reducción de la acumulación de triglicéridos, mejora el consumo voluntario y producción láctea (Besong *et al.*, 1996, Yang *et al.*, 1996). En estas dietas el nivel de cromo era menor a 1.6 ppm y la suplementación fue de 0.5 a 10 mg/kg de ración base seca.

Vitaminas

Las vitaminas son compuestos químicos que deben ser incluidos en las dietas de los animales o de alguna forma sintetizados en el tubo gastrointestinal e integrados en el metabolismo mediante la absorción. Las vitaminas son clasificadas de acuerdo a su solubilidad en agua o grasa: hidrosolubles y liposolubles.

En rumiantes cuya producción es normal, la suplementación de vitaminas hidrosolubles no es necesaria, ya que los microorganismos ruminales sintetizan estas vitaminas siempre y cuando existan los elementos suficientes para su síntesis, como cobalto para la síntesis de cianocobalamina, o azufre que se encuentra formando la molécula de otras como la de la tiamina o biotina. Las vitaminas liposolubles, excepto la vitamina K que se sintetiza en el rumen, debe ser suplementadas en la dieta para rumiantes.

Recientemente se ha sugerido la inclusión de niacina y posiblemente otras vitaminas hidrosolubles en dietas de rumiantes altos productores.

Bejer, (1982), sugiere que la suplementación con niacina (6 g/vaca/día) a vacas lecheras en su primer tercio de lactación es económicamente rentable, ya que aumenta la persistencia de la curva de lactación y el contenido de grasa butírica en leche. Este investigador argumenta la importancia de la niacina en los procesos metabólicos aumentados de los animales de alto rendimiento, tanto en los carbohidratos como en las grasas y proteínas. Señala también los beneficios de esta suplementación debido a la poca eficiencia de síntesis ruminal de las vitaminas cuando se trata de este tipo de ganado. Señala también los beneficios observados en la prevención de cetosis y mejoramiento de utilización de nitrógeno no proteico.

Agua

La leche contiene de un 85 a un 87% de agua y el organismo de la vaca de 55 a 65%. Una restricción de agua ocasiona la disminución del consumo del alimento, hay una mayor retención de nitrógeno, pérdida de nitrógeno a través de las heces y mayor eliminación de urea por la orina. Los elementos que determinan el consumo de agua son: la cantidad de materia seca, la sal ingerida, temperatura ambiente, incremento en la humedad relativa, la raza del animal, la talla, cantidad de leche producida y cantidad de agua y

proteína en el alimento. A medida que aumenta el consumo de materia seca aumenta el consumo de agua.

En vacas tipo europeo no lactando, el consumo de agua por cada kilogramo de materia seca consumida será de 3.1 Kg a temperatura ambiente de -12 a 4.4°C.

A medida que la temperatura ambiente incrementa de 4.4 a 27°C, el consumo de agua aumentará de 3.1 a 5.2 kg por kg de materia seca a consumir. En vacas produciendo leche, por cada kilogramo de leche secretada, el consumo de agua varía de 2.08 a 3.83 kg cuando la temperatura varíe de 4.4 a 32.2°C (Cuadro 9.8).

Cuadro 9.8. Cantidad de agua a suministrar por cada kg de leche producido, dependiendo de la temperatura del aire.

Temperatura del aire °C	Kg de agua
4.4	2.08
10.0	2.17
15.0	2.42
21.1	2.67
26.7	2.92
32.2	3.83

Las cantidades mencionadas en el cuadro anterior son independientes de los requerimientos para mantenimiento. Se sugiere que el pH del agua sea de 6.9. Bajo condiciones de temperaturas ambientales elevadas (29 a 30°C), el enfriar la temperatura del agua de 31 a 18°C, resultará en una disminución de 3.6 a 4.5 kg de consumo de agua por día y la frecuencia respiratoria disminuirá de 10 a 12%.

Forraje

El forraje forma parte importante en la alimentación de la vaca y una forma de producir este alimento es mediante el empleo de las praderas perennes que generalmente quedan integradas por la combinación de gramíneas y leguminosas, que proporcionan una adecuada cantidad de forraje para la alimentación del ganado durante todo el año. Este forraje debe emplearse

cuando llega a su óptimo valor nutritivo para alcanzar, a su vez, la máxima eficiencia en la producción de leche y carne.

Para lograr la alta productividad, es necesario preparar la tierra en forma adecuada, usar una combinación de gramíneas y leguminosas compatibles, fertilizar debidamente y mantener un grado adecuado de humedad en el suelo para satisfacer las necesidades de cultivo.

Ciertas ventajas al combinar las gramíneas y las leguminosas son el mejorar la fertilización del suelo por la fijación del nitrógeno con la acción de las bacterias del género *Rhizobium*. La selección de las gramíneas y leguminosas a empezar para el establecimiento de la pradera, dependerá del clima, tipo de suelo, compatibilidad entre ellas y clase de ganado a alimentar, así como el propósito perseguido con el forraje, ya sea pastoreo o corte (Anison y Lewis, 1966).

Pastoreo

Esta es una práctica que se puede emplear en hatos pequeños para alimentación de vacas secas y de hembras en desarrollo. Cuando se ha seleccionado esta opción, se tomará en consideración la forma en que quedará integrado el tapiz vegetal, como se indicó anteriormente. El manejo del ganado en estos pastizales demandará la necesidad de una división funcional de potreros, existencia de abrevaderos y áreas de alimentación suplementaria.

Basándose en la pradera establecida y al rendimiento de la misma durante las diferentes épocas del año, se determinará el número de animales por hectárea y la frecuencia de rotación de éstos en los potreros, generalmente el ganado se introduce al pastizal cuando éste ha alcanzado de 10 a 15 cm de altura; la rotación del ganado a tiempo, evitará el sobrepastoreo y por consiguiente, mantendrá en buen estado el pasto.

En ocasiones la prácticas que se realizan en el campo sufren modificaciones, o bien, en ciertas épocas del año la producción de forraje es menor a la requerida por el ganado; en estas condiciones es aconsejable el corte de las praderas establecidas para pastoreo y el procesado de este forraje para su posterior empleo en el momento necesario.

Corte de forraje

Tanto los pastos permanentes como los anuales, son factibles de ser empleados en forma de corte y suministrados al ganado en pesebre. Estos

pueden ser empleados como forrajes verdes cuando son cortados y distribuidos enseguida en los comederos de la zona de alojamiento; en otros casos, el forraje se corta y trata, produciéndose heno, como es el caso de la alfalfa, o ensilaje como el maíz. Los henos son secados y su contenido de materia seca varía generalmente de 85 a 90%. Cuando son almacenados deberá evitarse que el contenido de humedad sea mayor de 20%, ya que si no se presentan estas condiciones parte del forraje podrá sufrir deterioros, enmohecimiento y en ocasiones combustión espontánea que podrá llegar a ocasionar fuego en el área de almacenamiento.

Se conoce como heno suelto, aquella pastura tratada y almacenada sin sufrir ninguna forma de acomodación o empaquetado, esta práctica presenta la desventaja de que se pierde mucho material de valor nutritivo al moverse la pastura. Cuando el heno se fragmenta en porciones se conoce como heno picado; estas divisiones se hacen en relación a las dosis de alimento a suministrar durante el día. Las desventajas que se presentan son: ocupar bastante espacio para su almacenaje, susceptibilidad a combustión espontánea y provocar la presencia de mucho polvo en el área de trabajo. Cuando el heno se empaca en cubos grandes se conoce como pacas; estas presentan un peso que varía generalmente de 50-60 kg por paca. Tiene la ventaja de poder almacenarse y manejarse con facilidad; la desventaja de este proceso presenta la posibilidad de pérdida de nutrientes cuando su tratamiento se efectúa bajo condiciones ambientales inadecuadas, como es el henificado durante épocas de lluvias. El forraje picado y empastillado se conoce como peleteado empastillado; presenta la ventaja de ser muy fácil para manejar durante las diferentes prácticas requeridas en el alimento; es muy deseable por el ganado, lo que podrá ocasionar una ganancia de peso en las vacas; tiene como desventaja el provocar la disminución del contenido de grasa en la leche, lo que hace indeseable a esta práctica.

La forma más reciente de empaquetado del heno es el de los cubos, lo que consiste en la presentación del heno en cubos de 1.25 X 1.25 X 5 X 7.5 cm. Esta técnica tiene la ventaja de poder almacenar grandes cantidades de forrajes en espacios reducidos, ser muy fácil su manejo y la dosificación en la dieta. El ganado consume aproximadamente 20% más de forraje cuando se administra éste en esta forma en comparación al forraje suelto, y por este motivo la producción de leche se incrementa. Por la posibilidad de presentar combustión espontánea al recibir este forraje, se recomienda dejarlo secar en montículos de 90 cm de alto por una noche para su posterior almacenamiento en las áreas de alimentación.

El ensilado es el producto que resulta del forraje cortado y almacenado en condiciones anaeróbicas en donde las bacterias fermentan los carbohidratos a ácidos orgánicos resultando un producto cuyo pH varía de 3.5 a 4.5. Cuando el ensilado ha sido tratado adecuadamente y bien sellado, su conservación podrá ser por años sin sufrir apreciables alteraciones en su composición. Las alteraciones que pueden ocurrir generalmente son evitables por el hombre, como es el caso del contenido de humedad del forraje al momento de ensilarse, llenado rápido del silo, disponibilidad de carbohidratos de alimentos administrados, compactación adecuada del forraje y sellado correcto para evitar la entrada de aire. En este caso del ensilado de maíz, los mejores resultados se obtienen cuando el contenido de materia seca es entre 30-36%; si el contenido de materia seca es menor de 30% podrá haber pérdidas considerables por escurrimientos de líquidos, y si es mayor que 36%, la compresión de forraje será difícil y con facilidad se tendrá la presencia de aire, lo que es indeseable para el correcto procesamiento y conservación de la pastura.

El proceso de fermentación que toma lugar en el ensilaje se puede dividir en 5 fases; las tres primeras se llevan a cabo en los primeros tres o cinco días de llenado del silo y serán la base para el logro de un buen producto. La primera fase se inicia al momento de depositar el forraje, donde las células continúan produciendo calor y bióxido de carbono hasta que se mueren; esta etapa es importante, ya que el oxígeno se consume y se crea el medio para la multiplicación de las bacterias anaeróbicas que producirán los ácidos orgánicos. Durante la fase dos, las bacterias producirán ácido acético, el que irá aumentando en cantidad hasta que las bacterias productoras de ácido láctico incrementan y las bacterias productoras de acético disminuyen, ya que no les es posible vivir en el grado de acidez que se va desarrollando en el ensilado; ésta corresponde a la etapa tercera. La fase cuarta se caracteriza por la formación principalmente de ácido láctico y su duración es de 15 a 20 días, cuando el nivel de acidez deseado es alcanzado, la actividad bacteriana para los cambios que ocurrirán en la fase quinta dependerá de la eficiencia con que se realizaron las cuatro primeras fases, ya que si hay suficiente ácido acético y láctico para inhibir la acción bacteriana, no ocurrirán cambios y el ensilado se podrá mantener preservado correctamente. Por el contrario, si los niveles de ácidos son bajos, bacterias productoras de ácido butírico actuarán sobre el forraje descomponiéndolo y provocando un olor desagradable; los aminoácidos y proteínas en esta situación serán desdoblados en amoníaco y aminas y la palatabilidad del alimento decrece considerablemente. Por último, la acidez

bajará permitiendo fermentaciones indeseables que consumen energía, la que es restada a la riqueza del alimento tratado (Bath *et al.*, 1978).

Ensilaje

Forma física y gustocidad de la ración. El consumo total de la ración es necesario para lograr el mantenimiento, producción de leche, crecimiento y reproducción de la vaca; por ello, no solo deberá ponerse atención en el correcto balance de la ración, sino también en la aceptación de la misma por el ganado. Hasta hoy aparentemente no se conocen muchos de los factores que hacen la dieta aceptable por el ganado, pero si es sabido que la variedad de elementos que integran la ración son de importancia en la aceptación de la misma por la vaca. Este fenómeno se debe tener en mente, especialmente cuando se requiere de una dieta de mínimo costo, pues podría contener un reducido número de ingredientes careciendo de aceptabilidad por el ganado. Un elemento que se emplea como fuente de energía y que aumenta la aceptabilidad de la ración por vacas es la melaza; por el contrario, alimentos molidos disminuyen la aceptabilidad de la ración por el animal. Otro factor importante recomendable en la obtención de un ensilaje de buena calidad, es el empleo de aditivos para ayudar a la fermentación y para evitar la proliferación de hongos. Hay una gran variedad de estos y está fuera del alcance de esta sección recomendar uno en especial, sin embargo, debe comprarse un aditivo que tenga un proveedor confiable y que tenga la investigación suficiente que ampare su uso.

MÉTODO PARA LA FORMULACIÓN DE UNA RACIÓN PARA GANADO LECHERO.

Introducción

Este ejemplo se elaboró con el objeto de analizar los factores a considerar y los pasos que se han de seguir para formular una dieta que cubra los requerimientos nutricionales del bovino productor de leche.

Obviamente, para implementar este modelo en una determinada unidad, se tendrá que tomar en cuenta una serie de prácticas paralelas, como son la lotificación del hato de acuerdo a un nivel productivo y peso de los animales, control adecuado de los registros, conocimiento de los costos y

disponibilidad local de los diferentes ingredientes que pueden componer la ración, planeación de almacenes para alimentos, etc.

También se debe considerar que la concentración y digestibilidad de la proteína en la dieta afectan la disponibilidad de energía, ya que modifican el consumo, digestibilidad y la eficiencia energética.

Para facilitar la explicación de los pasos a seguir, se ha tomado un ejemplo sobre el cual se describirá todo el procedimiento, hasta obtener la ración completa. En el cuadro 9.9, se integran todos estos datos, por tanto, se sugiere emplearlos durante la elaboración de la ración para facilitar su entendimiento y el manejo de la información.

Datos generales.

Supongamos que deseamos elaborar esta ración para el lote de vacas de mediana producción de una unidad. Este lote está constituido por animales que tienen un peso vivo (P:V.) promedio de 550 kg y mantienen una producción diaria de 20 litros de leche, con 4% de grasa. Además, se nos informa que en la unidad de producción se cuenta con un concentrado preparado a base de sorgo 40%, soya 20%, girasol 30% y melaza 10%. El dueño del hato desea saber qué cantidad de concentrado y forrajes debe dar a las vacas, que tipo y qué cantidad, para que no se vaya a perder parte de la producción láctea.

Requerimientos nutricionales de las vacas

Basándonos en la tabla 6.3 del folleto de Requerimientos Nutricionales de los Bovinos Lecheros editado por la National Research Council, (N.R.C), tomamos los datos de requerimiento diario de los animales en lo que respecta a Proteína Cruda (P.C.), Energía Neta para Lactación (E.N.L.), Calcio y Fósforo (parte superior del cuadro 9.9). El requerimiento para mantenimiento depende del peso vivo de los animales 550 kg y el correspondiente a la producción de la cantidad y la calidad de la leche producida; éste último se calcula multiplicando los datos que se obtienen en el renglón de porcentaje de grasa (4% en el cuadro 9.3), por la cantidad de leche diaria (20 litros).

Con la información de este cuadro, conocemos las cantidades de P.C., E.N.L., Ca y P que deben consumir los animales para dar la mencionada producción, pero además, necesitamos saber el volumen de Materia Seca

Cuadro 9.9. Formulación de una ración para ganado bovino productor de leche.

	M.S.		P.C		E.N.L		Ca		P		F.C		Aliment o fresco
	%	Kg	A%	Req (Kg)	A%	Req	A%	Req (Kg)	A%	Req (Kg)	A%	Req (Kg)	
Requerimiento													
Mantenimiento (550 Kg P.V.)				0.386		9.09		0.022		0.016			
Producción (20 Kg al 4% de grasa)				1.800		14.80		0.054		0.036			
Total		15.56		2.186		23.89		0.076		0.052		2.640	
CONCENTRADO													
Sorgo, grano	88	1.87	7.9	0.148	1.86	3.48	0.04	0.0008	0.33	0.006	2.0	0.037	2.125
Soya, grano	90	0.95	41.7	0.396	2.18	2.07	0.28	0.003	0.66	0.006	6.0	0.057	1.055
Girasol, pasta	93	1.48	44.1	0.653	1.59	2.35	0.46	0.007	1.12	0.017	13.0	0.192	1.591
Melaza	75	0.40	4.3	0.017	1.64	0.66	1.19	0.005	0.11	0.0004	0	0	0.533
Subtotal-1	86.5	4.70		1.214		8.56		0.016		0.0294		0.286	5.304
Déficit-1		10.86		0.972		15.33		0.06		0.0226		2.354	
FORRAJE													
Alfalfa, heno	89	2.069	16	0.331	1.25	2.586	1.35	0.028	0.22	0.005	33.0	0.683	2.324
Maíz, ensilado	35	8.014	8	0.641	1.59	12.74	0.27	0.022	0.20	0.016	24.0	1.923	22.897
Subtotal-2	62	10.08		0.972		15.33		0.05		0.021		2.606	25.221
Subtotal-3		14.78		2.186		23.89		0.023		0.050		2.892	30.525
Déficit-2		0.78		0		0		0.066		-0.002		0.252	
Ostión, concha	100	0.03	0	0	0	0	38.2	0.011	0.07	0	0	0	0.03
Fosfato de sodio	87	0.0076	0	0	0	0	0	0	25.8	0.002	0	0	0.0087
Total		14.81		2.186		23.89		0.077		0.052	0	3.694	30.563
Diferencia		-0.74		0		0		0.001		0	0	-0.252	
Requerimientos		15.56		2.186		23.89		0.076		0.052		2.640	

A=Contenido en alimento R= Contenido en la dieta; *requerimientos para mantenimiento y producción de leche

(M.S.) en el cual serán administrados estos nutrientes. Para esto, se consultan los cuadros 9.1 y 9.2 que nos proporciona el consumo diario de M.S., con base al peso de los animales y su producción, y además, nos indica la relación de forraje–concentrado (F:C) que debe tener esa M.S.

Consultando la información en el citada cuadro, vemos que nuestros animales consumirán 2.83% de su P.V. al día en M.S., con la relación forraje-concentrado. Si las vacas pesan 550 kg, el 2.83% serán 15.56 kg, el 70% de éstas, es decir 10.9 kg, serán consumidos en forrajes, y el 30% restante 4.7 kg en concentrado.

Por último, consideramos que las vacas deben consumir como mínimo un 17% de fibra cruda, para prevenir trastornos a nivel de volumen consumido y posiblemente alteraciones en la calidad de la leche. El 17% de 15.56 kg, da un mínimo de 2.64 kg de F.C. para la ración.

Con los datos calculados en esta sección, conocemos los requerimientos nutricionales de las vacas (parte superior del cuadro 9.9).

Aporte nutricional del concentrado.

El concentrado disponible en esta unidad de producción, como se mencionó páginas atrás se prepara en la planta de alimentos, usando para un total de 100 kg, 40 kg de sorgo, 20 kg de soya, 30 kg de girasol y 10 kg de melaza.

Como todas las unidades que se manejan en el balanceo de raciones se expresan en materia seca y los ingredientes mencionados en la elaboración del concentrado están en base húmeda (kilogramos en fresco), es necesario hacer la conversión de unidades (Cuadro 9.10); además, se calcula la cantidad en kilogramos de M.S. de cada ingrediente, para tener el aporte de 4.7 kg de concentrado. El dato correspondiente a la cantidad de materia seca en porcentaje de ingredientes, se tomó en las tablas del N.R.C. (Composición de alimentos de empleo común).

El cálculo correspondiente a las últimas dos columnas del cuadro 9.10, se hace de la siguiente manera: la columna de kilogramo de M.S. total se obtiene como el contenido en kilogramo de cada ingrediente (por ejemplo, 40 kg de sorgo por el 88% de M.S.); así, resulta de todo el concentrado, un 88.6% de M.S.; a partir de este dato, y sabiendo que se requieren de 4.7 kg

de concentrado en la ración, se hace una regla de 3 para cada ingrediente; por ejemplo:

$$\begin{array}{r} \text{Kg M.S. total} \\ 40 \\ X \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Kg M.S. concentrado} \\ 100 \\ 88 \end{array}$$

$$X = 35.2$$

$$\begin{array}{r} \text{Kg M.S. total} \\ 88.6 \\ 35.2 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Kg M.S. concentrado} \\ 4.7 \\ X \end{array}$$

$$X = 1.867 \text{ kg}$$

Cuadro 9.10. Cálculos de materia seca en el concentrado

Elaboración del concentrado				
Ingrediente	Fresco (Kg)	M.S. (%)	M.S. total (Kg)	M.S. para 4.7 kg
Sorgo	40	88	35.2	1.87
Soya	20	90	18.0	0.95
Girasol	30	93	27.9	1.48
Melaza	10	75	7.5	0.40

Una vez conocidas las cantidades de cada ingrediente que se dará en la ración, podemos calcular el aporte nutricional de los mismos. Para esto, se toman los datos de las tablas del N.R.C. que presentan en las columnas llamadas aporte (A) en el cuadro 9.9. Para conocer el aporte de nutrientes de cada ingrediente, basta multiplicar la cantidad de materia seca del ingrediente por el valor de su aporte nutricional (columna A); se ejemplifican las operaciones en el cuadro 9.11. Los valores obtenidos, aparecen en las columnas del cuadro 9.9 llamadas "aporte nutricional del ingrediente en esta ración (R).

Como se puede observar en el cuadro 9.11, al hacer las operaciones es "muy importante tener cuidado con el manejo de las unidades" para no confundir gramos, kilogramos, megacalorías y porcentajes.

Cuadro 9.11. Cálculo del aporte nutricional del sorgo.

A. Proteína cruda	Si 100.0 kg de sorgo aportan 7.9 kg de pc (en alimento) En 1.87 kg de sorgo se tienen x kg de pc
	$X = \frac{1.87(7.9)}{100}$ X = 0.148 Kg de PC (en ración)
B. Energía Neta de Lactación	Si 1.00 Kg de sorgo aporta 1.86 Mcal de ENL En 1.87 Kg de sorgo cuantas X Mcal de ENL
	$X = 1.87(1.86)$ X = 3.48 Mcal de ENL (en ración)
C. Calcio	Si 100.0 Kg de sorgo aportan 0.40 Kg de Calcio (en alimento) En 1.87 Kg de sorgo cuantos X Kg de Calcio (en ración)
	$X = \frac{1.87(0.40)}{100}$ X=0.00748 Kg
D. Fósforo	Si 100.0 Kg de sorgo aportan 3.2 Kg de Fósforo (en alimento) En 1.87 Kg de sorgo cuantos X Kg de Fósforo (en ración)
	$X = \frac{1.87(3.2)}{100}$ X=0.0598 Kg
E. Fibra cruda	Si 100.0 Kg de sorgo aportan 3.0 Kg de Fibra (en alimento) En 1.87 Kg de sorgo cuantos X Kg de fibra (en ración)
	$X = \frac{1.87(3)}{100}$ X=0.056 Kg

Déficit con respecto al requerimiento total

Cuando determinamos el aporte de nutrientes del concentrado (subtotal 1 del cuadro 9.9), lo podemos comparar con el requerimiento total de los animales que fue calculado al principio; la diferencia entre ambos valores o déficit 1, es la cantidad de nutrientes que tendrá que ser cubierta por los forrajes (Cuadro 9.9)

Selección de forrajes para cubrir el déficit.

Existe una gran variedad de forrajes, entre los cuales se puede escoger el o los que son necesarios para llenar los requerimientos de las vacas.

Por razones obvias, es muy improbable que un sólo tipo de forraje coincida con el déficit de energía, proteína y demás nutrientes. Por tanto, buscaremos dos que, al ser mezclados, den como promedio el mencionado déficit. Para poder localizarlos en las tablas del N.R.C., es necesario conocer el porcentaje de P.C., y las Mcal de E.N.L./kilogramos que existen en el déficit. Esto se calcula mediante las siguientes operaciones:

Deficiencia	
Materia Seca	Proteína Cruda
(Kg)	(Kg)
10.86	0.972
100	X_1
$X_1 = 8.95\%$ de P.C./Kg M.S.	

Deficiencia	
Materia Seca	Energía Neta Lactación
(Kg)	(Mcal)
10.86	15.33
1	X_2
$X_2 = 1.411$ Mcal/Kg M.S.	

Teniendo estos datos, buscaremos en la lista (Tabla N.R.C.), dos forrajes que por un lado sean disponibles y de bajo costo para la unidad de producción, por otro lado que al mezclarse en determinada proporción nos den 8.95% de P.C. y 1.411 Mcal/kg en E.N.L. Para lograr esto último, uno de los forrajes debe aportar la cantidad mayor a la requerida, y el otro una cantidad menor.

Al recorrer la lista, encontramos al heno de alfalfa (renglón 9) con 16% de P.C. y 1.25 Mcal E.N.L./Kg y al ensilado de maíz (renglón 97) con 8% de P.C. y 1.59 Mcal E.N.L./Kg.

El motivo por el cual sólo se toma en cuenta la energía y la proteína para la selección del forraje, y no se considera a los otros ingredientes, se debe a que es más fácil encontrar ingredientes que cubran estos requerimientos al final. Es más difícil balancear la P.C. y la E.N.L.

Sistema de ecuaciones para calcular la cantidad de forraje a administrar.

Tomando en cuenta el aporte de energía y proteína de los forrajes, y el déficit calculado, se plantea un sistema de ecuaciones simultáneas (Cuadro 9.12)

$$\begin{array}{lcl}
 \text{P.C.} & 16x + & 8y = 8.95\% \quad (1) \\
 \text{ENL} & 1.25x + 1.59y = & 1.411 \text{ Mcal} \quad (2)
 \end{array}$$

Cuadro 9.12. Planteamiento de las ecuaciones para el forraje

	HENO DE ALFALFA (X)		ENSILADO DE MAÍZ (Y)	=	DÉFICIT (% , MCAL)
Proteína Cruda	16 x	+	8 y	=	8.95
Energía Neta de Lactación	1.25 x	+	1.59 y	=	1.411

Al elaborar las ecuaciones, también se debe poner atención en las unidades. Para la P.C. se usan valores en porcentajes y para la E.N.L. se utilizan valores de Mcal/Kg.

Las ecuaciones simultáneas se resuelven por cualquiera de los métodos conocidos; en este caso, lo realizaremos por igualación:

$$\begin{array}{r}
 \textbf{Ecuación (1)} \\
 16x + 8y = 8.95 \\
 8y = 8.95 - 16x \\
 Y = \frac{8.95 - 16x}{8} \\
 \frac{8.95 - 16x}{8} = \frac{1.411 - 1.25x}{1.59} \\
 1.59(8.95 - 16x) = 8(1.411 - 1.25x) \\
 14.23 - 25.44x = 11.28 - 10x \\
 14.23 - 11.28 = 25.44x - 10x \\
 2.94 = 15.44x \\
 X = \frac{2.94}{15.44} \\
 \mathbf{X = 0.19} \\
 16x + 8y = 8.95 \textbf{ (1)} \\
 16(\mathbf{0.19}) + 8y = 8.95 \\
 3.04 + 8y = 8.95 \\
 8y = 8.95 - 3.04 \\
 Y = \frac{8.95 - 3.04}{8} \\
 Y = \frac{5.91}{8} \\
 \mathbf{Y = 0.738}
 \end{array}$$

Se despeja "Y" de ambas ecuaciones, con lo cual se pueden igualar entre sí, despejándose con ello a la "X". El valor de "X" se sustituye en una de las ecuaciones primeras, y se obtiene finalmente el valor de "Y".

Los valores de "X" y de "Y" obtenidos, representan cantidades que deben dar de heno de alfalfa y ensilado de maíz, respectivamente, por cada kilogramo de M.S. que se da de forraje; por tanto, estos valores se multiplican por los 10.86 kg que se tienen de déficit después de calcular el aporte nutricional de concentrado. Por lo que:

$$X = 0.190 (10.86) = 2.069 \text{ Kg de heno de alfalfa (M.S)}$$
$$Y = 0.738 (10.86) = 8.014 \text{ Kg de ensilado de maíz (M.S)}$$

Aporte nutricional y deficiencia del forraje

Siguiendo el mismo método que se empleó en el concentrado (Cuadros 9.9 y 9.11), se calcula el aporte de los dos forrajes. Recuerde tener cuidado con el manejo de las unidades.

Ahora se compara el aporte total del forraje (subtotal 2 del cuadro 9.9), con el déficit uno que quedaba después del cálculo del concentrado; con esto, sabremos si realmente ha quedado cubierto el requerimiento total de P.C. y E.N.L., y que clase de ajuste habrá que hacer para el calcio, fósforo y la fibra. Este cálculo se lleva a cabo sumando el aporte nutricional del concentrado y el forraje (subtotales 1 y 2, respectivamente), y comparando esta suma (subtotal 3), con el requerimiento total. También puede calcularse comparando sólo el aporte nutricional del forraje (subtotal 2), con el déficit 1, que quedaba entre el aporte del concentrado y el requerimiento total. De cualquier modo, esta diferencia será el déficit 2 (Cuadro 9.9).

El déficit 2, nos muestra que efectivamente han quedado cubiertos los requerimientos de P.C y E.N.L. por el balanceo anterior; además, el requerimiento de F.C. también ha sido cubierto. Sólo queda un ligero déficit de Ca, P y también de M.S.

Ajuste final de calcio, fósforo y materia seca.

Para llenar el déficit final de minerales, se puede volver a calcular el porcentaje de éstos en el déficit de M.S.; se deben buscar 2 ingredientes

que tengan aportes mayor y menor, respectivamente, y planear ecuaciones simultáneas del mismo modo en que se cubrió el déficit de energía y proteína con el forraje. Sin embargo, este método es algo laborioso. El manejo de calcio y fósforo tiene la ventaja de que se pueden hallar ingredientes que tiene sólo uno o ambos minerales, y además sin aportar P.C. o E.N.L. De este modo es posible buscar en las tablas del N.R.C., y emplear por ejemplo la concha de ostión (renglón 183), que contiene 38.22% de Ca, 0.07% de fósforo y 1% de P.C. (Que como se verá, no afecta al aporte total por la mínima cantidad que se empleará.) Además, se puede emplear fosfato monosódico (renglón 230), con 25.8% de fósforo.

Al obtener el déficit 2, se observó que faltaban 11.46 g de Ca; planteando una regla de 3, se cubre éste con concha de ostión:

<u>Concha (g)</u>	<u>Ca (g)</u>
100	38.22
X	11.46
X = 29.98 g (30 g ajustado)	

Estos 30 g de concha, con 0.07% de P, dan 0.021 g de fósforo; estos valores se anotan en el cuadro 9.9.

El déficit final de fósforo es de 1.97 g, se llena con el fosfato monosódico, del mismo modo:

<u>Fosfato (g)</u>	<u>P (g)</u>
100	25.8
X	1.97
X = 7.64 g	

Finalmente, la pequeña cantidad que falta de materia seca, puede ser cubierta con una paja que aporte fibra cruda, con un mínimo de los otros ingredientes para no alterar la composición total.

Ración en fresco

Una vez que se ha concluido el balanceo de la ración, sólo nos queda saber la cantidad, que se administrará a los animales en la unidad de producción. El cálculo es realizado con una regla de 3; tomando el sorgo como ejemplo:

<u>Ingrediente</u>	<u>M.S.(%)</u>	<u>Fresco (Kg)</u>
Sorgo	88	100
	1.87	X

$$X = 2.13 \text{ Kg de grano de sorgo}$$

De este modo, se puede indicar al encargado la alimentación de los animales, que cada vaca del lote de mediana producción debe recibir 5.3 kg de concentrado, 2.324 kg de heno de alfalfa, y 22.897 kg de ensilado de maíz al día. Los dos ingredientes que se han agregado como complemento mineral, se pueden añadir en la elaboración del concentrado (columna "Alimento fresco" del cuadro 9.9).

Consideraciones finales

Como se ha visto a lo largo del proceso de la formulación de una ración, todos los requerimientos van quedando cubiertos; en algunos nutrientes, el aporte final puede exceder ligeramente al requerimiento total, pero esto no representa un problema importante, mientras el exceso no sea grande, ya que ese nivel, podría repercutir en el costo del alimento y posiblemente ocasionar problemas digestivos o metabólicos. Por otro lado, se menciona que los niveles de calcio y fósforo pueden excederse considerablemente sin que se tengan problemas, siempre y cuando la relación entre ambos minerales se mantenga entre 1.3:1 y 2:1 (N.R.C., 2001). En el caso de la ración elaborada para este trabajo, se tiene una relación 1.46 :1 (76g:52g).

Otro factor de importancia primaria, que ha sido mencionado en la introducción, es el del costo de los ingredientes que componen la ración. En este trabajo no se consideraron los precios, por lo cual es probable que no sea una ración barata. Debido a esto, es conveniente pensar en los precios al elegir los ingredientes. Una manera de hacerlo, es haciendo el cálculo del costo de cada alimento, por cada unidad de P.C., o de E.N.L., y no directamente por el precio del kilogramo en fresco.

Por otro lado, cuando la unidad tenga una disponibilidad constante y asegurada de forraje, se puede formular la ración comenzando por ese último, y planteando las ecuaciones simultáneas para cubrir el déficit con el concentrado; para esto, solamente se habrá que agrupar los ingredientes elegidos en 2 grupos (energéticos y proteicos), para tener 2 valores. El resto del proceso es el mismo.

Por último, un factor que puede ocasionar fallas en la ración, es el de los datos provenientes de las tablas del N.R.C.; éstas han sido elaboradas con base en los promedios de diferentes pruebas, por lo cual, es de esperarse que al considerar un ingrediente, sus aportaciones nutritivas sean ligeramente diferentes a las de las tablas. Por esto, sería recomendable un análisis bromatológico de los ingredientes seleccionados para la ración.

Frecuencia y regularidad en la administración de la dieta.

En muchas unidades de producción, el concentrado se administra dos veces al día y el forraje permanece a libre acceso durante todo el día. El forraje puede ser administrado varias veces dependiendo de la clase y de la administración de la unidad de producción; en general, se puede decir que el ganado consumirá mayor cantidad de alimento si éste se suministra frecuentemente, el problema es que el desarrollo de esta práctica requiere un mayor número de horas hombre, lo que afecta el costo de producción de la leche y por ello esta práctica resulta poco deseable. Sin embargo, es conveniente por lo menos distribuir el forraje dos veces al día, evitándose en esta forma desperdicios de alimento y se disminuirá la posibilidad de existencia de forraje descompuesto en los comederos, lo que afecta la palatabilidad del resto de alimento en él, resultando en una disminución en el consumo de éste y por tal motivo en disminución de la producción.

Un factor que influirá en el mantenimiento de la producción, es la administración del alimento y el ordeño del ganado con la misma frecuencia y hora, si la administración del alimento se altera en una ocasión, la producción de leche en el ordeño inmediato siguiente se reducirá, y este fenómeno toma lugar en ganado que está en el segundo tercio de lactación, la producción se reducirá durante el resto de la misma, sin regresar a su nivel anterior de producción, aún con el incremento en la cantidad de alimentos.

CONDICION CORPORAL

La calificación de la condición corporal, es un concepto que nos permite estimar el estado de carnes en que se encuentra a la vaca, considerando la cantidad de grasa en reservas que tienen los animales en una determinada etapa productiva, calificación que comprende una escala de 5 puntos, correspondiendo el 1 a una vaca en condición muy delgada y el 5 a un animal muy gordo.

La importancia se funda en la necesidad de lograr ganancias en la industria lechera lo que se obtiene maximizando la producción láctea y al mismo tiempo mantenimiento la salud y eficiencia reproductiva en optimas condiciones.

Para esto es necesario evaluar: la producción láctea, costos de alimentación, eficiencia reproductiva, así como el estado de salud; condiciones difíciles de determinar sin la intervención del Médico Veterinario y más aún, cuando se trata de estados subclínicos de enfermedad. En estos casos, el evaluar la condición corporal de las vacas, es útil para señalar la posible presencia de desórdenes subclínicos y calificar la respuesta del ganado al programa de alimentación establecido y desarrollado.

Las alteraciones subclínicas pueden afectar negativamente la condición corporal, que de hecho, se hace aparente cuando se da una disminución en la producción láctea y en el consumo de alimento.

Actualmente en hatos grandes, se alcanzan promedios elevados en producción de leche, lo que puede predisponer al ganado a enfermar o bien a tener bajos rendimientos en su comportamiento productivo, lo que nos conlleva a poner en práctica diferentes actividades médico-zootécnicas que nos auxilien a mantener un adecuado estado de salud animal y comportamiento en producción.

Una adecuada condición corporal en cada período de ciclo de producción, permite un buen estado de salud del animal, una elevada producción láctea y un mejor aprovechamiento de las ganancias para minimizar los costos.

El método que se sigue para evaluar la condición corporal involucra la palpación externa de las vacas y la evaluación de la cantidad de grasa subcutánea y músculo presente, que en la actualidad se ha modificado a una simple inspección visual del ganado haciendo más ágil el trabajo, sobre todo cuando se trata de muchos animales.

GUIA DE CALIFICACIONES

La condición corporal es un indicador importante en el proceso de producción. El evaluar ésta, nos permite conocer el pasado, presente y futuro productivo del hato. Así, la cantidad aparente de músculo que presenta cada vaca, está en relación directa con la habilidad de producir

leche, con los intervalos de tiempo en cuanto a su reproducción y con la longevidad del hato.

Los cambios en la condición corporal, especialmente los rápidos, son indicadores de mucha importancia que reflejan el grado de eficiencia con que se estén desarrollando las diferentes prácticas de manejo en el hato y el estado general de salud del ganado.

Vacas con condiciones corporales extremas, llámese flacas u obesas, tienen el riesgo de padecer problemas metabólicos y enfermedades, baja en el rendimiento lácteo, alteración de la fertilidad y dificultades al parto. Las vacas con elevada capacidad genética para producción de leche y que al parto tienen exceso de peso vivo, comen menos que las vacas delgadas; y las flacas no tienen las suficientes reservas corporales para poder producir la cantidad de leche que su capacidad genética indica, ni tampoco para regresar rápida y eficientemente al grupo de vacas gestantes.

Lograr que la vaca califique adecuadamente en su condición corporal según el período de producción en que se encuentra, es básico para lograr el correcto comportamiento productivo en el hato.

Para evaluar la condición corporal de la vaca se utiliza una escala de 5 puntos en la cual una vaca extremadamente flaca califica como 1, así como una vaca obesa califica como 5. Este sistema que fue desarrollado en el Politécnico y Universidad de Virginia, E.U.A., permite la evaluación individual de las vacas utilizando los mismos estimadores y evitando preferencias individuales o perjuicios.

La frecuencia de ordeños diarios, no afecta la escala a utilizar para evaluar la condición corporal de la vaca, ya que si el ganado se ordeña con más frecuencia, las prácticas de alimentación también serán ajustadas de acuerdo a las necesidades del ganado.

Idealmente, el objetivo es que por lo menos el 80% del ganado no pierda más de 0.5 en la escala de condición corporal entre el parto y los primeros 30 días de lactación.

FRECUENCIA DE CALIFICACIÓN

Se sugiere que las vacas sean calificadas cada vez que se realiza una práctica de manejo relacionada a: alimentación, reproducción y lactación.

- (a) Por cambio de grupo de alimentación, lo que se relaciona principalmente con nivel de producción de leche y con reproducción.
- (b) Prácticas de reproducción tales como: parto, examen posparto, inseminación, diagnóstico de gestación.
- (c) Período de lactación: Inicio de lactación, primer tercio, segundo, tercero, al finalizar lactación (secado) y vaca próxima al parto.

Si la calificación del total de las vacas en el hato representa un problema administrativo, entonces se deben calificar al azar como mínimo el 20% de las vacas de cada grupo. En el grupo a calificar se deberán incluir vacas viejas, vaquillas, así como vacas recién ingresadas al grupo y aquellas que tienen escasas semanas de haber ingresado al hato.

Se calcula el promedio de las calificaciones obtenidas por condición corporal en el grupo y se comprara la calificación ideal. Cuando se tienen rangos muy amplios en un solo grupo de vacas, las vacas que están fuera de los límites determinados, deberán ser transferidas a los grupos de vacas con mayores o menores calificación según sea el caso.

Generalmente una vez que la vaca está fuera del balance energético, es decir negativamente, lo que sucede alrededor de los 50 o 60 días de iniciada la lactación, ésta comenzará a ganar entre 9 y 11 Kg de peso por semana. Si consideramos que cada punto en la escala de calificación representa 260 Kg de peso vivo animal, entonces una vaca tardará aproximadamente 6 meses en recuperar su condición corporal. Las vaquillas de primer parto, como siguen creciendo y desarrollando, necesitan entre 66 y 88 Kg extras para recuperar el peso corporal.

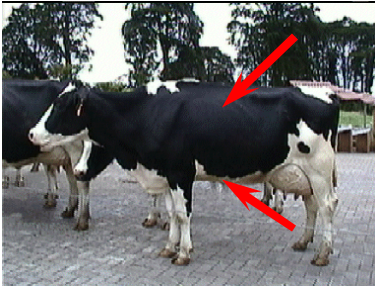
Conservar las calificaciones anteriores del hato, es útil con el fin de evaluar la eficiencia con que se ha manejado el hato y tener elementos para poder predecir el potencial productivo del mismo.

La calificación corporal de la vaca se hace estando la vaca de pie sobre una superficie plana, se realiza palpando las masa musculares que cubre la región del lomo, cadera y base de la cola.

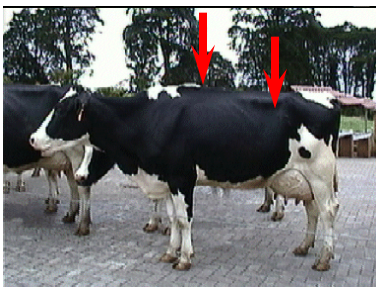
Al calificar al ganado, debemos considerar los siguientes elementos:

- 1.1 Por inspección obtener una imagen general del estado de la condición corporal.

- 1.2 Después se palpa el área a la altura de la 13^a costilla, apreciando la manera en que las masas musculares recubren al hueso formando un patrón ondulado, se continúa desplazando la mano sobre las costillas hacia la porción dorsal logrando un criterio sobre el estado de carnes en la región anatómica.



- 1.3 Se continúa palpando a lo largo de la región dorsal sintiendo el espesor de la cobertura de la grasa entre y alrededor de cada vértebra hasta los ligamentos que unen la tuberosidad coxal con las vértebras lumbares.



- 1.4 A partir de la tuberosidad coxal, se continúa evaluando el estado de carne hacia la tuberosidad isquiática por apreciación general y palpación, determinando el estado de carne y grado de llenado entre ambas tuberosidades.
- 1.5 Enseguida se procede a la apreciación general y palpación de llenado entre la tuberosidad isquiática y la cola.

Al calificar a la vaca por condición corporal, no se debe considerar en este momento el tamaño corporal, período de lactación ni estado de salud, ya que estos factores serán comprendidos al aplicarse en las prácticas de manejo los resultados de la calificación obtenida.

Cuando la persona que calificará al ganado inicia su entrenamiento en esta actividad, será necesario que palpe la cantidad de tejido que está cubriendo los indicadores clave que son: tuberosidad coxal, tuberosidad isquiática, ligamentos pélvicos y base o maslo de la cola. Cuando ya se cuenta con experiencia para realizar la calificación del ganado, se puede omitir la palpación de las estructuras anteriores y sólo realizar mentalmente las comparaciones al observar a los animales.

En el cuadro 9.13, se menciona el intervalo que deberá ser tomado en cuenta, así como la calificación corporal ideal de los animales, con base en el estado fisiológico, grado de desarrollo y etapa de producción.

Cuadro 9.13. Condición Corporal Ideal

Etapa Productiva	Calificación Ideal	Rango
Al secado	3.5	3.25-3.75
Parto	3.5	3.25-3.75
1/3 Lactación (altas)	3.0	2.50-3.25
2/3 Lactación (medianas)	3.25	2.75-3.25
3/3 Lactación (bajas)	3.5	3.00-3.50
Vaquillas en crecimiento	3.0	2.75-3.25
Vaquillas al parto	3.5	3.25-3.75

CALIFICACIONES DE LA CONDICIÓN CORPORAL

1.5

Las vacas con condición corporal de 1.5, únicamente son útiles para demostrar los indicadores clave mencionados con anterioridad. Cada vértebra se puede distinguir de las demás a lo largo del dorso, se aprecia fácilmente los ligamentos pélvicos, así como las tuberosidades iliaca e isquiática. Además, la grupa se encuentra demasiado cóncava y el área alrededor de la base de la cola está húmeda y vacía. Por esto se forman pliegues de piel en la depresión entre el maslo de la cola y la tuberosidad isquiática.

2.0

Se trata de vacas demasiado flacas, que pueden estar en buen estado de salud, pero, que debido a la falta de condición corporal, su reproducción y producción láctea estarán disminuidas. Se pueden apreciar fácilmente los huesos de la espalda pero no se pueden distinguir las vértebras individualmente. Las últimas costillas presentan asimismo poca carne y son muy aparentes. Los ligamentos que sostienen estos huesos también se

encuentran a la vista. El punto donde se une el fémur con la pelvis es aparente pero, a diferencia de la condición corporal de 1.5, esta área presenta poca carne. A ambos lados de la base de la cola también se encuentran hundidos, con pliegues de piel en la depresión formada entre la cola y la pelvis.

2.5

En este caso las vértebras todavía son prominentes, sin embargo, no se pueden observar como huesos individuales. Las últimas costillas se pueden contar individualmente con facilidad y los ligamentos pélvicos son aparentes y rígidos. La tuberosidad coxal todavía se aprecia con facilidad pero está más redondeada que las vacas con condición corporal de 2.0. La grupa es aún cóncava y la tuberosidad isquiática prominente. El área alrededor de la cola todavía está hundida pero, no al grado que la anterior. Esta condición, es la mínima aceptable para buenas producciones de leche. Lo ideal es que menos de 10% del hato tenga esta calificación.

3.0

Estas vacas se encuentran en las condiciones ideales para casi todas las etapas de la lactación. Las vértebras se encuentran aparentes pero redondeadas. Existe alrededor de 2 cm de tejido cubriendo a las últimas costillas, las tuberosidades coxal e isquiática se observan redondeadas en vez de angulares. Los ligamentos pélvicos se aprecian pero, la grasa que los cubre los hace que se vean suaves y uniformes. La grupa está ligeramente cóncava y el área alrededor del maslo de la cola está hundida, pero ya no se forman pliegues en la piel como en los casos anteriores.

3.5

Las vacas que presentan esta condición corporal se encuentran en el límite superior permitido para la mayoría de las etapas de la lactación, pero es el ideal para el período seco y el parto. Además, es la condición que deben presentar las vaquillas a primer parto. En este caso se pueden sentir mayores acumulos de grasa a lo largo del dorso y cubriendo los ligamentos pélvicos. Las tuberosidades coxales e isquiáticas están redondeadas, suaves y menos aparentes. La grupa está poco cóncava y al área a ambos lados de la cola se encuentra llena y redondeada, pero sin grasa.

4.0

Esta condición corporal pesada, es la que algunos productores buscan para las vacas al momento del parto, estudios recientes demuestran que las

vacas obesas pierden más peso, comen menos y tienen un mayor número de problemas posparto que las vacas que tienen tan sólo 0.5 menos de calificación. Las vacas con condición corporal de 4.0 están “llenitas”, la espalda está más sólida y recta, las costillas todavía forman una depresión pero ya no se distinguen como huesos individuales y solo presentan mayores depósitos de grasa. El área alrededor de la cola ya no está hundida ni presenta pliegues de piel.

5.0

Se trata de vacas obesas que tienen un alto riesgo de padecer problemas metabólicos, claudicaciones y de prolongarse mucho sus días abiertos. Las vértebras y últimas costillas no se pueden apreciar y se pueden sentir con dificultad a la palpación profunda. Los flancos y la grupa están llenos, así como las tuberósidades que se encuentran llenas de carne. Presenta mucha grasa en el maslo de la cola.

BIBLIOGRAFIA

Andrews, A.H., et al.: Bovine Medicine, Diseases and Husbandry of Cattle: Blackwell Scientific Publications: Londres, 1992.

Anison, E.E. y Lewis, D. El metabolismo en el rumen. Hispanoamericana. México, (1966).

Auza, N. J., W. G. Olson, M. J. Murphy, and J.G. Linn.. Diagnosis and tretment of copper toxicosis in ruminants. J. Am. Vet. Med. Assoc. 214:1624-1628 (1999).

Avila T.S.Zadra, A.E., Novoa, P.H., Servín de la M.J.M., 1979. Comunicación personal.

Bath, D.L., Dickinson, F.N., Turker H.L. ,& Appleman, R.D Dairy Cattle: principles, practices, problems, profits. 2a. Ed. Lea & Febinger, Philadelphia (1978).

Beede, D. K., and Shearer. 1991. Nutritional managment of dairy cattle during hot weather. Agri-Prac. 12:5-12.

Berry, M.J., L. Banu, and P.R. Larsen. 1991. Type I iodothyronine deiodinase is a selenocysteine-containing enzyme. Nature. 349:438-440.

Besong, S., J. Jackson, S. Trammell, and D. Amaral-Phillips. 1996. Effect of supplemental Chromium picolinate on liver triglycerides, blood metabolites, milk yield, and milk composition in early-lactation cows. J. Dairy Sci. 79(Suppl. 1):97. (Abstr.)

Blood, D.Ch. y Henderson, J.A. Medicina Veterinaria. 4a. Ed. México Interamericana, 1976.

Bouchard, R., and Il. R. Conrad. 1973b. Sulfur requirement of lactating dairy cows. L Sulfur Balance and dietary supplementation. J. Dairy Sci. 56: 1276-1282.

Bronner, F. 1987. Intestinal calcium absorpction: Mechanisms and applications. J. Nutr. 117:1347-1352.

Burton, J., B. Mallard, and D. Mowat. 1993. Effects of supplemental chromium on immune responses of periparturient and early-lactation dairy cows. *J. Anim. Sci.* 71:1532-1539.

Crampton, E.W. y Harris, L.E. *Applied animal nutrition*. 2a. Ed. Freeman and Company, San Francisco (1969).

De Alba, J. *Alimentación del ganado en América Latina*. 2a. Ed. Fournier, México, D.F. (1973).

DeLuca, H.F. 1979. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. *Nutr.Rev.* 37:161-193.

Etgen, W.M. y Reaves, P.M. *Dairy cattle feeding and management*. 6a. Ed. John Coibey y Sons, New York (1978).

Garret, W.A., Meyer, J.H. y Lofgreen. The comparative energy requirements of sheep and cattle For maintenance and gain. *Anim. Sci.* 18: 528-547 (1959).

Gawthorne, J.M., J. Waston, and E.L. Stokstad. 1971. Automated methylmalonic acid assay. *Anal. Biochem.* 42:555-559.

Gengenbalch, G.P. 1994. PhD thesis, Department of Animal Science and Interdepartmental Nutrition Program, North Carolina State University, Raleigh, NC.

Grace, N.D., J. Lee, A. Mills, and A. F. Death. 1997. Influence of Se status on milk Se status on milk Se concentrations in dairy cows. *N.Z. J. Ag. Res.* 40:75-78.

Graham, T. W. 1991. Trace element deficiencies in cattle. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.* 7:153-215.

Jenkins, K. J., and M. Hidiroglu. 1991. Tolerance of the prerumiant calf for excess manganese or zinc in milk Replacer. *J. Dairy Sci.* 74:1047-1053.

Kegley, E. B. and J. W. Spears. 1993. Bioavailability of feed grade copper sources (oxide, sulfate or lysine) in growing cattle. *J. Anim, Sci.* 71 (Suppl. 1):27 [Abstract].

Lehninger, A.L. Bioenergetics. The molecular basis of biological energy transformations, W.A. Benjamin, Inc., New York (1969).

López-Guisa, J.M., and L.D. Satter. 1992. Effect of copper and cobalt addition on digestion and growth in heifers fed diets containing alfalfa silage or corn crop residues. *J. Dairy Sci.* 75:247-256.

Mallonne, P. G., D.K. Beede, P. L Schneider, S.J. Caputo, and C.J. Wilcox. 1982b. Acute response of lactating Holstein cows to dietary potassium deficiency. *J. Dairy Sci.* 65(Suppl.1):112.

Maynard, L.A. y Loosli, J.K. *Animal nutrition*. 6a. Ed. MacGraw-Hill Book Company, New York (1969).

McAllister, M.M., D. II. Gould, M. F. Raisbeck, B.A. Cummings, and C.H. Loncragan. 1997. Evaluation of ruminal sulfide concentrations and seasonal outbreaks of polioencephalomalacia in beef cattle in a feedlot. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 211:1275-1279.

McDonald, P., Edwards, P.A. y Greenhalgh, J.F.D. *Animal nutrition*. 2a. Ed. Oliver and Boyd, Edinburgh (1973).

Mde, P.W. y Tyrrell, H.F. Efficiency of conversion of digested energy to milk, *J. Dairy Sci.* 58: 602-610 (1975).

Mertz, W. 1993. Chromium in human nutrition: A review. *J. Nutr.* 123:626-633.

Mills, C.F., and G.K. Davis. 1987. Molybdenum. Pp. 429-463 in *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Vol. 1, W. Mertz, ed. New York: Academic.

National Academy of Sciences. National Research Council: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 5a. Ed. Washington D.C. (1978).

National Research Council: *Nutrient Requirements of Beef Cattle*: National Academy Press: Washington, (1984).

National Research Council: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* : National Academy Press: Washington (1989).

National Research Council: Nutrient Requirements Of Dairy Cattle 7TH revised ed. Washington, D.C.: National Academy Press (2001).

Nockels, C.F., J. DeBonis, and J. Torrent. 1993. Stress induction affects copper and zinc balance in calves feed organic and inorganic copper and zinc sources. *J. Anim. Sci.* 71:2539-2545.

Pérez, D.M. Manual sobre ganado lechero. Patronato para apoyo de la investigación pecuaria, México, D.F. (1978).

Phillippo, M., W.R. Humphries, and Garthwaite. 1987. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status and growth in cattle. *J. Ag. Sci. Camb.* 109:315-320.

Rabiansky, P.A., L.R. McDowell, J. Velasquez-Percira, N.S. Wilkinson, S.S. Percival, F.G. Martin, D.B. Bates, A.B. Johnson, T.R. Batra, and E. Salgado-Madriz. 1999. *J. Dairy Sci.* 82:2642-2650.

Rotruck, J. T., A. L. Pope, H. E. Ganther, A. B. Swanson, D.G. Hafeman, and W. G. Hockstra. (1973). Seleniu: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 179:588-590.

S.H.R.H. Mémorandum Técnico Núm. 352. México, D.F., abril de 1976.

Schmidt, G.H. *Biology of Lactation*. 1a. Ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco (1971).

Smith, R.M. 1997. Cobalt. Pp. 357-387 in *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*, B.O'Dell and R. Sunde, eds. New York: Mareel Dekker, Inc.

Underwood, E. J. 1997. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. 4th ed. New York: Academic Press.

Underwood, E.J. 1981. *The Mineral Nutrition of Livestock*. 2nd Ed. Slough, England: Commonwealth Agricultural Bureaux.

Underwod, E.J. and N.F. Suttle1999. Copper. In *the mineral Nutrition of Livestock*, 3rd edition. CABI Publishing, New York, pp. 283-342.

Valdiviezo, G.R., Nava, S.S. y Escobosa, L.A. 1975 Praderas tecnificadas tipo temascalcingo en el Centro Nacional para la Educación, investigación y extensión de la Zootecnia.

Weeth, H.J., Haverland, L.H. y Cassard, D.W. 1966 Consumption of sodium chloride water by heifers, *J. Anim. Sci.* 19: 845-851 (1960).

Yang, W., D. Mowat, A. Subiyatno, and R. Liptrap. 1996. Effects of chromium supplementation on early-lactation performance of Holstein cows. *Can. J. Anim. Sci.* 76:221-230.