

INFORMACIÓN TÉCNICA

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE CABRAS LECHERAS. III. MINERALES Y VITAMINAS¹

Jorge Alberto Elizondo-Salazar²

RESUMEN

Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. III. Minerales y vitaminas. Este trabajo presenta un extracto de los requerimientos nutricionales de minerales y vitaminas de cabras lecheras con base en la reciente publicación del National Research Council (NRC 2007): Requerimientos Nutricionales de Pequeños Rumiantes: Ovejas, Cabras, Cérvidos y Camélidos del Nuevo Mundo, con el fin de hacer esta información más accesible a usuarios potenciales del área mesoamericana.

Palabras clave: *Capra hircus*, formulación de raciones, pequeños rumiantes, nutrición de cabras, alimentación de cabras.

ABSTRACT

Nutrient requirements of dairy goats. III. Minerals and vitamins. The objective of this study is to present the daily mineral and vitamin requirements of dairy goats, obtained from the recent National Research Council (2007) publication: Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids, to make this information available to potential users in the Mesoamerican area.

Key words: *Capra hircus*, ration formulation, small ruminants, goat nutrition, goat feeding.



INTRODUCCIÓN

Las cabras forman uno de los grupos más importantes de animales productores de leche, tanto en las regiones templadas como tropicales y su importancia se ve reflejada en el constante aumento que la población caprina mundial ha experimentado en los últimos años. Un incremento del 26,4% ocurrió entre los años de 1993 y el 2003, pasando de 604,7 a 764,5 millones, con el mayor crecimiento presente en regiones tropicales, tales como Asia (27,1%), África (24,1%) y las

Américas (0,7%) (FAO, 2003 citado por Boyazoglu *et al.* 2005).

A pesar del continuo crecimiento, el sector caprino ha recibido significativamente menor apoyo cuando se compara con otras especies animales como el ganado de leche, ganado de carne, aves y cerdos. Sin embargo, en los últimos 25 años la investigación en la nutrición de cabras se ha desarrollado significativamente, ya que ésta juega un papel esencial y especial en toda explotación caprina. La alimentación del pequeño rumiante

¹ Recibido: 6 de julio, 2007. Aceptado: 18 de enero, 2008. Parte del Proyecto inscrito en Vicerrectoría de Investigación No. 737-98-005, de la Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. jaelizond@cariari.ucr.ac.cr

representa entre 50 y 85% de los costos totales de producción de leche, y la nutrición impacta directamente sobre los diferentes componentes de un sistema de producción como por ejemplo la salud y la reproducción. Por esta razón, las cabras deben ser alimentadas de tal forma que se ofrezca a cada animal los nutrientes para llenar sus necesidades y la mejor forma de hacerlo es conociendo de manera precisa sus requerimientos nutricionales. Los minerales y vitaminas forman parte de los nutrientes requeridos por las cabras y deben ser suplidos en la dieta, pues cumplen una serie de funciones de vital importancia para un adecuado crecimiento y desempeño reproductivo.

Recientemente el National Research Council (NRC 2007) publicó el libro *Requerimientos Nutricionales para Pequeños Rumiantes: Ovejas, Cabras, Cérvidos y Camélidos del Nuevo Mundo*, actualizando y mejorando la última publicación (NRC 1981) con base en la amplia información que se ha producido en el último cuarto de siglo (Elizondo 2008 a, b). Debido a la gran importancia científica y práctica que dicho documento representa, se pretende con este trabajo presentar los requerimientos diarios de minerales y vitaminas para cabras lecheras extraídas a partir de la reciente publicación de los requerimientos nutricionales de pequeños rumiantes, con el fin de hacer esta información accesible a los usuarios del área mesoamericana.

MINERALES

Un número de elementos inorgánicos son esenciales para el normal crecimiento y reproducción de los animales. Aquellos requeridos en cantidades de gramos son referidos como macrominerales y este grupo incluye el calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S). Los macrominerales son importantes componentes estructurales del hueso y otros tejidos y sirven como constituyentes de fluidos corporales. Juegan un papel preponderante en el mantenimiento del balance ácido-base, presión osmótica, potencial eléctrico de las membranas y transmisión de impulsos nerviosos. Aquellos elementos requeridos en miligramos o microgramos son referidos como microminerales, minerales trazas u oligoelementos. Este grupo incluye el cobalto (Co), molibdeno (Mo), selenio (Se), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso

(Mn) y tal vez el cromo (Cr) y flúor (F). Los elementos trazas están presentes en los tejidos corporales en bajas concentraciones. En ocasiones sirven como componentes de metalo-enzimas y cofactores enzimáticos o como componentes de hormonas en el sistema endocrino (Jurgens 1993, NRC 2001, McDowell 2003, Gropper *et al.* 2005, NRC 2005).

Disponibilidad de minerales en los alimentos

Es importante comprender que el contenido total de un mineral en un ingrediente particular o en una ración completa tiene poco significado a menos que se determine su disponibilidad biológica. Ningún elemento se absorbe o se utiliza en su totalidad y alguna cantidad siempre se pierde en los procesos digestivos y metabólicos. Antes de que un nutriente esencial puede tener valor nutricional, debe estar en una forma tal que pueda ser digerido, absorbido y transportado a la parte del cuerpo donde se le pueda utilizar (Peeler 1972).

La absorción de los minerales se ve afectada por varios factores, entre ellos el tipo de ración, la forma química del elemento, la proporción de minerales presentes en la dieta, el pH intestinal, el tipo de alimento, la edad y el sexo del animal. Factores tales como el ambiente, niveles hormonales, enfermedades, parásitos, procesamiento del alimento y el contenido dietético de grasa, energía y otros minerales pueden tener también algún efecto (Peeler 1972, McDowell 2003). El NRC (2007) reporta valores de absorción verdadera en cabras lecheras de 45 y 65% para el calcio y fósforo respectivamente.

VITAMINAS

Las vitaminas son un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas que son factores esenciales de muy alta actividad biológica y que son requeridas en pequeñas cantidades para el mantenimiento y crecimiento de las células y para el funcionamiento de los tejidos. Estas deben ser suplidas en la dieta, ya sea porque el organismo no las puede sintetizar o no las puede sintetizar en cantidades suficientes para una óptima salud y desempeño, tanto productivo como reproductivo (Stipanuk 2000, NRC 2001, Gropper *et al.* 2005).

Las vitaminas se diferencian de los demás macronutrientes orgánicos en que éstas no son catabolizadas a CO_2 y H_2O para satisfacer parte de los requerimientos energéticos y no son utilizadas para propósitos estructurales, por lo que las vitaminas son requeridas en cantidades mucho más pequeñas que los carbohidratos, proteínas y grasas. Las vitaminas se distinguen de los minerales por su naturaleza orgánica en lugar de inorgánica (Stipanuk 2000, Gropper 2005).

Las vitaminas se clasifican como solubles en grasas (liposolubles) o solubles en agua (hidrosolubles). Las vitaminas tienen diversas funciones las cuales incluyen participación en muchos ciclos metabólicos, función inmunológica de las células y regulación genética. Una deficiencia clínica de vitaminas resulta en una enfermedad específica de deficiencia, como raquitismo cuando la vitamina D es deficiente. Una deficiencia subclínica pueden ocurrir donde los signos clínicos de la deficiencia no son evidentes pero el desempeño o la salud animal general es menor que la óptima (Basu y Dickeson 1996).

Casi todos los alimentos contienen algunas de las diversas vitaminas, sin embargo, su concentración varía considerablemente. En las plantas, la concentración de vitaminas se ve afectada por el tiempo de cosecha, procesamiento y condiciones de almacenamiento, al igual que la especie y parte de la planta (semilla, tallos, hojas). En el tejido animal, el hígado y los riñones son generalmente buenas fuentes de la mayoría de vitaminas. Las levaduras y otros microorganismos son también excelentes fuentes, particularmente del complejo B (Kellems y Church 1998).

Como regla general, las vitaminas son fácilmente destruidas por el calor (especialmente en combinación con exposición al aire), luz solar, condiciones de oxidación o almacenamiento que permiten el crecimiento de hongos (Kellems y Church 1998).

REQUERIMIENTOS DE MINERALES Y VITAMINAS

Un componente factorial fue utilizado para describir los requerimientos de minerales en cabras por el NRC (2007). Los requerimientos de mantenimiento

incluyen las pérdidas endógenas fecales y las pérdidas en la orina. Los requerimientos de lactación serán considerados como la concentración del mineral en la leche multiplicada por la producción de leche corregida al 4% de grasa. Los requerimientos de preñez están definidos como la cantidad del mineral retenida dentro del tracto reproductivo, que incluye el feto y el útero en cada día de gestación. Para la mayoría de minerales este requerimiento es considerado solamente en el último tercio de la gestación. Los requerimientos de crecimiento están expresados como la cantidad del mineral retenida por cada kilogramo de peso ganado y se calculan como la ganancia de peso diaria esperada. La suma de los requerimientos tanto para mantenimiento, lactación, preñez y crecimiento es el requerimiento verdadero de los tejidos por el mineral y se refieren como los requerimientos del mineral absorbido. La dieta debe suplir esta cantidad para todos los tejidos.

Los rumiantes requieren de las vitaminas liposolubles: A, D, E y K. Sin embargo, las vitaminas A y E son las únicas con un requerimiento absoluto en la dieta. La vitamina K es sintetizada por los microorganismos del rumen y del intestino. La vitamina D se sintetiza en la piel por la radiación ultravioleta. Muchos ingredientes naturales contienen vitamina A, precursores de la vitamina A y vitamina E, y bajo algunas circunstancias estas dos vitaminas no requerirán ser suplementadas. Pero, considerar solo el contenido vitamínico en los ingredientes y la síntesis de vitamina D por la exposición a la luz solar, tiene cierto riesgo ya que existe una gran variabilidad en la concentración de vitaminas en los alimentos y en la exposición de los animales a la luz solar, especialmente cuando se considera que los sistemas de manejo actuales tienden hacia un mayor confinamiento con menor exposición a la luz y menor cantidad de forrajes frescos, por lo que existe una creciente necesidad de agregar fuentes alimenticias que suplan de vitaminas A, D y E (NRC 2001, 2007).

Los microorganismos ruminales sintetizan la mayor parte de las vitaminas solubles en agua, como la tiamina, la riboflavina, la niacina, la piridoxina, el ácido fólico, la biotina, la colina, el ácido pantoténico, la vitamina C, y los ingredientes comúnmente utilizados en la alimentación animal, generalmente contienen altas concentraciones de estas vitaminas. Las deficiencias de éstas son raras en animales con un rumen funcional (NRC 2001, 2007).

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE MINERALES Y VITAMINAS PARA MANTENIMIENTO

El NRC (2007) propone las siguientes ecuaciones para el cálculo de los requerimientos de Ca, P, vitamina A y vitamina E para el mantenimiento de cabras lecheras.

$$\text{Calcio, g} = ((0,623 \times \text{CMS}) + 0,228)/0,45 \quad (1)$$

$$\text{Fósforo, g} = (0,081 + (0,88 \times \text{CMS}))/0,65 \quad (2)$$

$$\text{A, RE/kg} = 31,40 \times \text{PV} \quad (3)$$

$$\text{E, UI/kg} = 5,30 \times \text{PV} \quad (4)$$

Donde:

CMS = Consumo de materia seca en kilogramos.

PV = Peso vivo del animal en kilogramos.

RE = Equivalentes de retinol. 1 RE = 1 µg de trans-retinol, 5 µg de trans β-caroteno, o 7 µg de otros carotenoides pro-vitamina A. Además, 671 UI de vitamina A/mg de β-caroteno y 436 UI de vitamina A/mg de otros carotenoides comunes (NRC 2007).

UI = Unidades internacionales.

En el Cuadro 1, se presentan los requerimientos de minerales y vitaminas para mantenimiento de animales adultos con un peso entre los 20 y 90 kilogramos.

Cuadro 1. Requerimientos de Ca, P y vitaminas A y E para el mantenimiento de cabras lecheras adultas de acuerdo al peso corporal. NRC 2007.

Peso corporal kg	Minerales ¹		Vitaminas	
	Ca g/d	P g/d	A RE/d	E UI/d
20	1,2	0,8	628	106
25	1,4	1,0	785	133
30	1,5	1,1	942	159
40	1,9	1,5	1256	212
50	2,2	1,8	1570	265
60	2,6	2,2	1884	318
70	2,9	2,5	2198	371
80	3,3	2,8	2512	424
90	3,6	3,2	2826	477

¹Estimado utilizando un consumo de materia seca igual a 2,5% del peso corporal.

RE = equivalentes de retinol.

UI = unidades internacionales.

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE MINERALES Y VITAMINAS PARA CRECIMIENTO

Las siguientes ecuaciones son las propuestas por el NRC (2007) para el cálculo de los requerimientos de Ca, P, vitamina A y vitamina E para la ganancia de peso de cabras lecheras en crecimiento.

$$\text{Calcio, g} = (11 \times \text{GPD})/0,45 \quad (5)$$

$$\text{Fósforo, g} = (6,50 \times \text{GPD})/0,65 \quad (6)$$

$$\text{A, RE/kg} = 100 \times \text{PV} \quad (7)$$

$$\text{E, UI/kg} = 10 \times \text{PV} \quad (8)$$

Donde:

GPD = Ganancia de peso diario en kilogramos.

PV = Peso vivo del animal en kilogramos.

RE = Equivalentes de retinol.

UI = Unidades internacionales.

En el Cuadro 2, se presenta de forma resumida los requerimientos de minerales y vitaminas para animales con un peso entre los 10 y 40 kilogramos y ganancias de peso diarias entre los 25 y 300 gramos.

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE MINERALES Y VITAMINAS PARA PRODUCCIÓN DE LECHE

Las siguientes ecuaciones son las propuestas por el NRC (2007) para el cálculo de los requerimientos de Ca, P, vitamina A y vitamina E para producción de leche.

$$\text{Calcio, g} = (1,40 \times \text{Leche})/0,45 \quad (9)$$

$$\text{Fósforo, g} = (1,00 \times \text{Leche})/0,65 \quad (10)$$

$$\text{A, RE/kg} = 53,50 \times \text{PV} \quad (11)$$

$$\text{E, UI/kg} = 5,60 \times \text{PV} \quad (12)$$

Donde:

Leche = Producción de leche en kilogramos.

PV = Peso vivo del animal en kilogramos.

RE = Equivalentes de retinol.

UI = Unidades internacionales.

En el Cuadro 3, se presentan los requerimientos diarios de minerales y vitaminas para producción de leche considerando diferentes niveles de producción.

Cuadro 2. Requerimientos de Ca, P y vitaminas A y E para el mantenimiento y suma de mantenimiento y ganancia de peso de cabras lecheras en crecimiento. NRC 2007.

Peso corporal kg	Ganancia de peso diaria g	Minerales ¹		Vitaminas	
		Ca g/d	P g/d	A RE/d	E UI/d
10	0	0,9	0,5	1.000	100
	25	1,5	0,7	1.000	100
	50	2,1	1,0	1.000	100
	100	3,3	1,5	1.000	100
	150	4,5	2,0	1.000	100
	200	5,7	2,5	1.000	100
20	0	1,2	0,8	2.000	200
	25	1,8	1,1	2.000	200
	50	2,4	1,3	2.000	200
	100	3,6	1,8	2.000	200
	150	4,9	2,3	2.000	200
	200	6,1	2,8	2.000	200
30	250	7,3	3,3	2.000	200
	0	1,5	1,1	3.000	300
	25	2,2	1,4	3.000	300
	50	2,8	1,6	3.000	300
	100	4,0	2,1	3.000	300
	150	5,2	2,6	3.000	300
40	200	6,4	3,1	3.000	300
	300	8,9	4,1	3.000	300
	0	1,9	1,5	4.000	400
	25	2,5	1,7	4.000	400
	50	3,1	2,0	4.000	400
	100	4,3	2,5	4.000	400
40	150	5,6	3,0	4.000	400
	200	6,8	3,5	4.000	400
	300	9,2	4,5	4.000	400

¹ Estimado utilizando un consumo de materia seca igual a 2,5% del peso corporal.

RE = equivalentes de retinol.

UI = unidades internacionales.

Es importante hacer notar que los requerimientos de minerales para una cabra adulta en lactación se deben sumar, considerando los requerimientos para mantenimiento y lactación. Mientras que los requerimientos de vitaminas a considerar son solo los presentados en el Cuadro 3. Así por ejemplo, una cabra de 50 kilogramos de peso vivo que produce 3 kg de leche por día, requiere 11,5 g de Ca (9,3 + 2,2), 5,7 g de P (4,6 + 1,1), 2675 RE de vitamina A y 280 UI de vitamina E.

Cuadro 3. Requerimientos de Ca, P y vitaminas A y E para producción de leche en cabras. NRC 2007.

Producción láctea kg	Minerales		Vitaminas ¹	
	Ca g/d	P g/d	A RE/d	E UI/d
1	3,1	1,5	2.675	280
2	6,2	3,1	2.675	280
3	9,3	4,6	2.675	280
4	12,4	6,2	2.675	280
5	15,6	7,7	2.675	280
6	18,7	9,2	2.675	280
7	21,8	10,8	2.675	280

¹ Estimado para animales con un peso corporal de 50 kg.

RE = equivalentes de retinol.

UI = unidades internacionales.

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE MINERALES Y VITAMINAS PARA GESTACIÓN

Para el cálculo de los requerimientos de minerales y vitaminas para animales en gestación, se recomienda utilizar las siguientes ecuaciones:

$$\text{Calcio, g} = (0,23 \times \text{NC} \times \text{PENAC})/0,45 \quad (13)$$

$$\text{Fósforo, g} = (0,132 \times \text{NC} \times \text{PENAC})/0,65 \quad (14)$$

$$\text{A, RE/kg} = 45,5 \times \text{PV} \quad (15)$$

$$\text{E, UI/kg} = 5,6 \times \text{PV} \quad (16)$$

Donde:

PENAC = Peso promedio esperado de las crías al nacimiento (kg).

NC = Número de crías.

PV = Peso vivo del animal en kilogramos.

RE = Equivalentes de retinol.

UI = Unidades internacionales.

El Cuadro 4, presenta los requerimientos de minerales y vitaminas para cabras lecheras en gestación, considerando el número de crías y peso promedio esperado al nacimiento.

Similar al caso de producción láctea, los requerimientos de minerales para una cabra adulta en gestación

Cuadro 4. Requerimientos de Ca, P y vitaminas A y E para producción de leche en cabras. NRC 2007.

Peso al nacimiento (kg)	Número de crías							
	1				2			
	Minerales		Vitaminas		Minerales		Vitaminas	
	Ca	P	A	E	Ca	P	A	E
	g/d	g/d	RE/d	UI/d	g/d	g/d	RE/d	UI/d
2	1,0	0,4	2.275	280	2,0	0,8	2.275	280
3	1,5	0,6	2.275	280	3,1	1,2	2.275	280
4	2,0	0,8	2.275	280	4,1	1,6	2.275	280

RE = equivalentes de retinol.

UI = unidades internacionales.

deben ser sumados considerando los requerimientos para mantenimiento y gestación. Mientras que los requerimientos de vitaminas a considerar son solamente los presentados en el Cuadro 4. Así por ejemplo, una cabra de 50 kilogramos de peso vivo, con más de 100 días de gestación, con solamente una cría en el vientre, cuyo peso esperado al nacimiento es de 3 kilogramos requiere: 10,8 g de Ca (9,3 + 1,5), 5,2 g de P (4,6 + 0,6), 2.275 RE de vitamina A y 280 UI de vitamina E.

Es importante hacer énfasis en que los requerimientos para gestación deben ser considerados solamente durante los últimos 50 días de preñez.

LITERATURA CITADA

- Basu, TK; Dickeson, JW. 1996. Vitamins in human health and disease. Wallingford, U.K. CAB International. 345 p.
- Boyazoglu, J; Hatziminaoglou, I; Morand-Fehr, P. 2005. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. *Small Ruminant Research* 60:13-23.
- Elizondo, J. 2008a. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable. *Agronomía Mesoamericana* 19(1): 115-122.
- Elizondo, J. 2008b. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. II. Proteína metabolizable. *Agronomía Mesoamericana* 19(1): 123-130.
- Gropper, SS; Smith, JL; Groff, JL. 2005. *Advanced nutrition and human metabolism*. California, USA. Thomson Wadsworth. 600 p.
- Jurgens, MH. 1993. *Animal feeding and nutrition*. 7ed. Iowa, USA. Kendall/Hunt Publishing Company. 580 p.
- Kellems, RO; Church, DC. 1998. *Livestock feeds and feeding*. 4ed. Upper Saddle River, NJ, USA. Prentice-Hall, Inc. 546 p.
- Mc Dowell, LR. 2003. *Minerals in animal and human nutrition*. 2ed. Amsterdam, The Netherlands. Elsevier Science B. V. 644 p.
- NRC (National Research Council). 1981. *Nutrient requirements of goats*. Washington, DC, USA. National Academy Press. 91 p.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 7 rev. ed. Washington, DC, USA. National Academy Press. 381 p.
- NRC (National Research Council). 2005. *Mineral tolerance of animals*. 2 rev. ed. Washington, DC, USA. National Academy Press. 496 p.
- NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.
- Peeler, HT. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. *J. Anim. Sci.* 35:695-712.
- Stipanuk, MH. 2000. *Biochemical and physiological aspects of human nutrition*. Philadelphia, USA. W. B. Saunders Company. 1007 p.