

INFORMACIÓN TÉCNICA

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE CABRAS LECHERAS. I. ENERGÍA METABOLIZABLE¹

Jorge Alberto Elizondo-Salazar²

RESUMEN

Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable. El objetivo de este trabajo es presentar un extracto de los requerimientos nutricionales de energía metabolizable de cabras lecheras a partir de 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 accesible a usuarios potenciales del área Mesoamericana.

Palabras clave: *Capra hircus*, requerimientos nutricionales, energía metabolizable, nutrición de cabras, formulación de raciones.

ABSTRACT

Nutrient requirements of dairy goats. I. Metabolizable energy. The objective of this study is to present the daily metabolizable energy requirements of dairy goats extracted from the recently National Research Council (2007) publication: Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids, with the aim to make this information available to potential users in the Mesoamerican area.

Key words: *Capra hircus*, nutrient requirements, metabolizable energy, goat nutrition, ration formulation.



INTRODUCCIÓN

Las cabras son una parte importante de la vida social y económica de muchas naciones en el mundo. En Costa Rica, el hato caprino ha mostrado un aumento constante como consecuencia de una mayor aceptación y consumo de productos como queso y yogurt elaborados a partir de leche de cabra. A pesar de que estos animales se domesticaron hace miles de años, nos encontramos con que la información referente a estos eficientes animales es escasa, debido a

la poca investigación que se lleva a cabo, comparada con aquella realizada en ganado de leche, ganado de carne, cerdos y aves (Elizondo 2004). A ello se suma que han pasado más de 25 años desde que el National Research Council (NRC 1981) publicó las tablas de requerimientos nutricionales de cabras.

La publicación de los requerimientos nutricionales de cabras del NRC (1981) fue uno de los primeros trabajos en recopilar resultados de investigación en un documento que hiciera referencia a los requerimientos

¹ Recibido: 30 de mayo, 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. Correo electrónico: jaelizon@cariari.ucr.ac.cr

nutricionales de estos animales en diferentes etapas de producción. Dicho documento continúa utilizándose ampliamente como referencia para establecer las necesidades nutricionales de los caprinos. Sin embargo, como los mismos autores lo indican “Este primer reporte del NRC debe considerarse dentro de los límites del conocimiento disponible y los refinamientos se reservan para ediciones subsecuentes conforme la literatura sobre cabras mejora”. Por otra parte, algunos especialistas (Lu y Potchoiba 1990, Sahlú *et al.* 1992) objetan que una porción de los valores recomendados en dichas tablas carecen de fundamento y aplicación, pues se obtuvieron de un número relativamente pequeño de observaciones.

El National Research Council recientemente publicó el libro *Requerimientos Nutricionales para Pequeños Rumiantes: Ovejas, Cabras, Cérvidos y Camélidos del Nuevo Mundo* (NRC 2007), actualizando y mejorando la última publicación de los requerimientos nutricionales de cabras con base en la vasta información que se ha producido en el último cuarto de siglo. Este documento se convierte en una herramienta de vital importancia para aquellas personas vinculadas a la actividad caprina. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es presentar los requerimientos diarios de energía metabolizable para cabras lecheras extraídos a partir de la reciente publicación de los requerimientos nutricionales de pequeños rumiantes, con el fin de hacer esta información más disponible para usuarios del área Mesoamericana.

ENERGÍA

La energía se define como el potencial para realizar un trabajo y solamente se puede medir a partir de su transformación. Aunque el joule o julio (J) en la unidad aceptada internacionalmente para expresar la energía, en muchos trabajos científicos, especialmente americanos, la unidad utilizada es la caloría (cal) que se define como la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un gramo de agua de 16,5 a 17,5 °C (NRC 2007). Una kilocaloría (kcal) representa 1000 calorías y una megacaloría (Mcal) representa 1.000 kilocalorías. Un julio equivale a 4,185 calorías.

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 ganancia de peso (ENg) y energía neta para lactación (EN_l). En años anteriores, el indicador TND se empleó con mayor frecuencia, pero paulatinamente su uso ha disminuido debido a que: 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 y 3) el TND solo contempla las pérdidas por digestión, ignorando la energía perdida por gases, orina y por producción de calor (Kellems y Church 1998, NRC 2001).

En la actualidad el sistema de energía ha sido adoptado para identificar las necesidades energéticas de los rumiantes. En la Figura 1, se presenta de manera simplificada, la forma en que se desglosa el flujo de energía.

Energía total o energía bruta (EB), es la cantidad de calor medido en una bomba calorimétrica. De la energía total consumida por el animal, no toda es utilizada, ya que parte del alimento no se digiere y se pierde. La energía total o bruta, menos la energía perdida en el alimento no digerido se conoce como energía digestible (ED). La energía digestible no presenta muchas ventajas con relación al empleo del TND, pues solamente considera la pérdida de energía presente en las heces (Maynard y Looslie 1979).

La energía digestible menos la energía perdida en la orina y gases dejan la energía conocida como metabolizable (EM), que no contempla el incremento por calor, es decir, la energía que se pierde como resultado de las fermentaciones microbianas y el metabolismo de los nutrientes. Cuando ésta última pérdida de energía se toma en consideración, la energía restante se denomina energía neta (EN), la cuál será empleada por el animal para mantenimiento (EN_m) y producción. La energía neta para mantenimiento corresponde a la porción de energía empleada para mantener el equilibrio energético del animal, de tal manera que el organismo no gana ni pierde energía, la energía restante la podrá

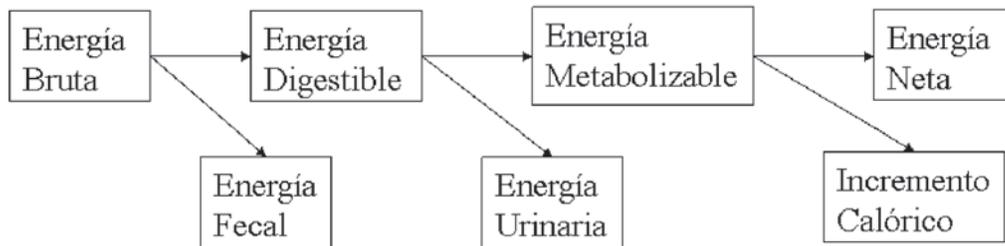


Figura 1. Desglose del flujo de energía (Kellems y Church 1998).

emplear para producción, ya sea ganancia de peso (EN_g) o producción láctea (EN_l) (AFRC 1993, Kellems y Church 1998, NRC 2001).

Con excepción del agua, la energía es el nutriente que mayormente requieren las cabras y la carencia de este elemento provoca un crecimiento lento, retardo en la pubertad, pérdida de peso, baja producción de leche, baja persistencia, lactaciones cortas y bajos porcentajes de concepción, entre otros.

REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA METABOLIZABLE (EM)

Muchos factores pueden influir sobre los requerimientos de energía de las cabras, entre ellos el sexo, el biotipo, el peso, la edad, la composición corporal, el ambiente, la actividad física, el estado de salud, la etapa productiva y reproductiva, entre otros (NRC 2001, Sahlú *et al.* 2004, NRC 2007). Debido al gran número de factores e interacciones que pueden presentarse entre ellos, es difícil lograr establecer de manera exacta y precisa los requerimientos nutricionales de los animales. A pesar de ello y gracias a un gran número de investigaciones científicas, se han logrado establecer los requerimientos nutricionales para diferentes etapas de vida y diferentes estados productivos.

Requerimientos diarios de energía metabolizable para mantenimiento (EM_m)

Los requerimientos de EM_m incluyen las necesidades para todas las funciones corporales y actividad moderada. Estos requerimientos usualmente se expresan con base en el peso metabólico de los

animales, que se define como el peso vivo elevado a la 0,75 potencia ($PV^{0.75}$) (Maynard y Looslie 1979).

Con la cita de 10 referencias, el valor de 0,10138 Mcal/kg $PV^{0.75}$ fue establecido como el requerimiento de energía metabolizable para el mantenimiento de cabras sin distinción de la etapa de vida, edad o biotipo (NRC, 1981). Sin embargo, en la publicación actual (NRC, 2007), ha quedado claro que los requerimientos de EM_m son diferentes de acuerdo a la etapa de vida y género de los animales, y tales requerimientos se pueden obtener de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Etapas de pre-destete (Comprendida entre el nacimiento y los tres meses de edad).

Hembras y machos castrados: 0,107 Mcal/kg $PV^{0.75}$.

Machos enteros: 0,125 Mcal/kg $PV^{0.75}$.

En el Cuadro 1, se presenta de forma resumida los requerimientos energéticos para animales en la etapa de pre-destete con un peso entre los 2 y 18 kilogramos.

Etapas de crecimiento (Comprendida entre el destete y los 18 meses de edad).

Hembras y machos castrados: 0,128 Mcal/kg $PV^{0.75}$.

Machos enteros: 0,149 Mcal/kg $PV^{0.75}$.

En el Cuadro 2, se presenta los requerimientos energéticos para animales en la etapa de crecimiento entre los 10 y 50 kilogramos de peso.

Cuadro 1. Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (EM_m) en Mcal/d y suma de EM_m y energía metabolizable requerida para ganancia de peso (EM_g) de cabras lecheras en la etapa de pre-destete^a. Sahlu *et al.* 2004, NRC 2007.

Género	GPD (g/d)	Peso vivo (kg)								
		2	4	6	8	10	12	14	16	18
Hembras										
EM_m		0,180	0,303	0,410	0,509	0,602	0,690	0,774	0,856	0,935
EM_g+EM_m	25	0,260	0,383	0,490	0,589	0,682	0,770	0,854	0,936	1,015
	50	0,340	0,463	0,570	0,669	0,762	0,850	0,934	1,016	1,095
	100	0,500	0,623	0,730	0,829	0,922	1,010	1,094	1,176	1,255
	150	0,660	0,783	0,890	0,989	1,082	1,170	1,254	1,336	1,415
	200	0,820	0,943	1,050	1,149	1,242	1,330	1,414	1,496	1,575
	250	0,980	1,103	1,210	1,309	1,402	1,490	1,574	1,656	1,735
	300	1,140	1,263	1,370	1,469	1,562	1,650	1,734	1,816	1,895
Machos										
EM_m		0,210	0,354	0,479	0,595	0,703	0,806	0,905	1,000	1,092
EM_g+EM_m	25	0,290	0,434	0,559	0,675	0,783	0,886	0,985	1,080	1,172
	50	0,370	0,514	0,639	0,755	0,863	0,966	1,065	1,160	1,252
	100	0,530	0,674	0,799	0,915	1,023	1,126	1,225	1,320	1,412
	150	0,690	0,834	0,959	1,075	1,183	1,286	1,385	1,480	1,572
	200	0,850	0,994	1,119	1,235	1,343	1,446	1,545	1,640	1,732
	250	1,010	1,154	1,279	1,395	1,503	1,606	1,705	1,800	1,892
	300	1,170	1,314	1,439	1,555	1,663	1,766	1,865	1,960	2,052

^a Etapa comprendida entre el nacimiento y los tres meses de edad.

GPD = ganancia de peso diaria.

Cuadro 2. Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (EM_m) en Mcal/d y suma de EM_m y energía metabolizable requerida para ganancia de peso (EM_g) de cabras lecheras en la etapa de crecimiento^a. Sahlú *et al.* 2004, NRC 2007.

Género	GPD (g/d)	Peso vivo								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
Hembras										
EM_m		0,720	0,976	1,211	1,431	1,641	1,842	2,036	2,224	2,407
EM_g+EM_m	25	0,858	1,114	1,349	1,569	1,779	1,980	2,174	2,362	2,545
	50	0,996	1,252	1,487	1,707	1,917	2,118	2,312	2,500	2,683
	100	1,134	1,528	1,763	1,983	2,193	2,394	2,588	2,776	2,959
	150	1,272	1,804	2,039	2,259	2,469	2,670	2,864	3,052	3,235
	200	1,410	2,080	2,315	2,535	2,745	2,946	3,140	3,328	3,511
	250	1,548	2,356	2,591	2,811	3,021	3,222	3,416	3,604	3,787
	300	1,686	2,632	2,867	3,087	3,297	3,498	3,692	3,880	4,063
Machos										
EM_m		0,838	1,136	1,409	1,666	1,910	2,144	2,370	2,589	2,802
EM_g+EM_m	25	0,976	1,274	1,547	1,804	2,048	2,282	2,508	2,727	2,940
	50	1,114	1,412	1,685	1,942	2,186	2,420	2,646	2,865	3,078
	100	1,252	1,688	1,961	2,218	2,462	2,696	2,922	3,141	3,354
	150	1,390	1,964	2,237	2,494	2,738	2,972	3,198	3,417	3,630
	200	1,528	2,240	2,513	2,770	3,014	3,248	3,474	3,693	3,906
	250	1,666	2,516	2,789	3,046	3,290	3,524	3,750	3,969	4,182
	300	1,804	2,792	3,065	3,322	3,566	3,800	4,026	4,245	4,458

^a Etapa comprendida entre el destete y los 18 meses de edad.

GPD = ganancia de peso diaria.

Etapla adulta (Animales mayores a los 18 meses de edad).

Hembras y machos castrados: 0,120 Mcal/kg PV^{0.75}.

Machos enteros: 0,138 Mcal/kg PV^{0.75}.

En el Cuadro 3, se presenta de forma resumida los requerimientos de energía metabolizable para animales con un peso entre los 20 y 90 kilogramos.

El NRC (2007) recomienda incrementar en un 10% los requerimientos de mantenimiento tanto para los machos como para las hembras cuando se encuentren en actividad reproductiva (Cuadro 4).

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE ENERGÍA METABOLIZABLE PARA ACTIVIDAD (EM_A)

La actividad puede tener una influencia significativa sobre los requerimientos energéticos de los animales, sin embargo, para cuando se elaboró el NRC (1981) existía poca información disponible

para hacer estimaciones precisas de la cantidad de energía requerida para llevar a cabo ciertos tipos de actividad. El NRC (1981) recomienda incrementar los requerimientos de mantenimiento en un 25% para animales en condiciones leves de pastoreo, 50% para condiciones semi-áridas de pastoreo y 75% para condiciones montañosas. Las estimaciones recientes de EM_a varían considerablemente, con rangos entre 0 y 100% de los requerimientos de EM_m para cabras en confinamiento (Lachica y Aguilera 2003). Es importante recalcar que las ecuaciones del NRC (2007) para estimar los requerimientos para mantenimiento, incluyen energía para la actividad de cabras en confinamiento. Para estimar los requerimientos de EM_a para animales en pastoreo, el actual NRC (2007) utiliza la ecuación sugerida por Sahlu *et al.* (2004) que determina un factor de ajuste para actividad (FA_{act}) que debe ser multiplicado por la EM_m estimada.

$$FA_{act} = -0,138896 + (0,058056 \times TPC) - (0,002906 \times DIG) + (0,30129925926 \times DT) + (0,000597 \times TER) + (0,0034375 \times TER^2)$$

Donde TPC = tiempo de pastoreo + tiempo caminando (horas)

DIG = digestibilidad de la materia orgánica o TDN (%)

Cuadro 3. Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (EM_m) en Mcal/d y suma de EM_m y energía metabolizable requerida para ganancia de peso (EM_g) de cabras lecheras adultas^a. Sahlu *et al.* 2004, NRC 2007.

Género	GPD (g/d)	Peso vivo (kg)							
		20	30	40	50	60	70	80	90
Hembras									
EM _m		1,133	1,536	1,906	2,253	2,583	2,899	3,205	3,501
EM _g +EM _m	20	1,269	1,672	2,042	2,389	2,719	3,036	3,341	3,637
	40	1,406	1,808	2,178	2,525	2,855	3,172	3,477	3,773
	60	1,542	1,944	2,314	2,661	2,992	3,308	3,614	3,910
	80	1,678	2,081	2,451	2,798	3,128	3,444	3,750	4,046
	100	1,814	2,217	2,587	2,934	3,264	3,581	3,886	4,182
Machos									
EM _m		1,303	1,766	2,191	2,591	2,970	3,334	3,686	4,026
EM _g +EM _m	20	1,439	1,902	2,328	2,727	3,107	3,471	3,822	4,162
	40	1,576	2,039	2,464	2,863	3,243	3,607	3,958	4,298
	60	1,712	2,175	2,600	2,999	3,379	3,743	4,094	4,435
	80	1,848	2,311	2,736	3,136	3,515	3,879	4,231	4,571
	100	1,984	2,447	2,873	3,272	3,651	4,016	4,367	4,707

^a Mayor a los 18 meses de edad.

GPD = ganancia de peso diaria.

Cuadro 4. Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (EM_m) en Mcal/d y suma de EM_m y energía metabolizable requerida para ganancia de peso (EM_g) de cabras lecheras adultas^a en actividad reproductiva. Sahlu *et al.* 2004, NRC 2007.

Género	GPD (g/d)	Peso vivo (kg)							
		20	30	40	50	60	70	80	90
Hembras									
EM_m		1,248	1,692	2,100	2,482	2,846	3,194	3,531	3,857
$EM_g + EM_m$	20	1,385	1,828	2,236	2,618	2,982	3,331	3,667	3,993
	40	1,521	1,964	2,372	2,754	3,118	3,467	3,803	4,129
	60	1,657	2,101	2,508	2,891	3,254	3,603	3,940	4,266
	80	1,793	2,237	2,644	3,027	3,390	3,739	4,076	4,402
	100	1,929	2,373	2,781	3,163	3,527	3,875	4,212	4,538
Machos									
EM_m		1,434	1,943	2,411	2,850	3,268	3,668	4,055	4,429
$EM_g + EM_m$	20	1,570	2,079	2,547	2,986	3,404	3,805	4,191	4,565
	40	1,706	2,215	2,683	3,123	3,540	3,941	4,327	4,702
	60	1,842	2,352	2,820	3,259	3,676	4,077	4,463	4,838
	80	1,978	2,488	2,956	3,395	3,813	4,213	4,600	4,974
	100	2,115	2,624	3,092	3,531	3,949	4,349	4,736	5,110

^a Mayor a los 18 meses de edad.

GPD = ganancia de peso diaria.

DT= distancia (km)

TER = Escala de tipo de terreno (1 a 5, 1 = plano y 5 = montañoso).

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE ENERGÍA METABOLIZABLE PARA GANANCIA DE PESO (EM_g)

Formular dietas para ganancia de peso era algo sencillo ya que la EM_g de peso se había estimado de tres valores experimentales y se había establecido como 0,00725 Mcal/g de ganancia para todas las tasas de ganancia sin importar biotipo o etapa de vida (NRC 1981). Sin embargo, con el actual NRC (2007), los requerimientos de energía metabolizable (Mcal/d) para ganancia de peso se estiman de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Etapa de pre-destete: 0,00320 Mcal/g GPD.

Etapa de crecimiento: 0,00552 Mcal/g GPD.

Etapa adulta: 0,00681 Mcal/g GPD.

Estos valores muestran la importancia que la etapa de vida impone a la hora de establecer los requerimientos de energía para obtener niveles adecuados de crecimiento. En los Cuadros 1, 2, 3 y 4 se muestran los requerimientos de energía metabolizable para crecimiento considerando ganancias de peso entre los 0 y 300 gramos diarios.

Es importante recalcar que las hembras de primer parto se encuentran todavía en desarrollo y requieren de energía extra para su continuo crecimiento, por lo que debe tomarse en cuenta este aspecto a la hora de estimar los requerimientos nutricionales de estos animales.

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE ENERGÍA METABOLIZABLE PARA PRODUCCIÓN DE LECHE (EM_L)

El NRC (1981) establece que se requieren 1,246 Mcal de EM por cada litro de leche con un 4% de grasa.

Por su parte, el actual NRC (2007) utiliza la siguiente ecuación para estimar los requerimientos de EM_1 .

$$EM_1 \text{ (Mcal/d)} = (\text{kg de leche} \times 1,179943) \times ((1,4694 + (0,4025 \times \% \text{grasa}))/3,079)$$

Esta ecuación estima la energía metabolizable para producción de leche, sin considerar la pérdida o ganancia de peso corporal típica de animales durante la lactancia. Por lo tanto, para estimar los requerimientos de energía de forma más exacta, se asume que el tejido corporal movilizado durante el inicio de la lactancia tiene una concentración de 5,71 Mcal EM/kg (AFRC 1998) y dicha energía se aprovecha con una eficiencia de 0,84 para la producción de leche. En el Cuadro 5, se presenta los requerimientos diarios de EM_1 tomando en consideración diferentes niveles de producción y porcentajes de grasa.

Cuadro 5. Requerimientos de energía metabolizable (Mcal/d) para producción de leche (EM_1). Sahlu *et al.* 2004, NRC 2007.

Producción láctea (kg)	Grasa (%)				
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1	1,026	1,103	1,180	1,257	1,334
2	2,052	2,206	2,360	2,514	2,669
3	3,078	3,309	3,540	3,772	4,003
4	4,103	4,412	4,720	5,029	5,337
5	5,129	5,515	5,900	6,286	6,672
6	6,155	6,618	7,081	7,543	8,006
7	7,181	7,721	8,261	8,801	9,340

REQUERIMIENTOS DIARIOS DE ENERGÍA METABOLIZABLE PARA GESTACIÓN (EM_{gest})

Ha sido ampliamente reconocido que es en las últimas etapas de gestación donde se requiere energía adicional para el crecimiento fetal. Sin embargo, existe poca literatura específica que ayude a determinar dicho requerimiento en cabras. El NRC (1981) sugiere incrementar el requerimiento de energía en 1,42 Mcal EM/d durante los dos últimos meses de gestación. Este valor incluye un 20% adicional para partos múltiples.

En la actual edición, el NRC (2007) utiliza el método sugerido por Sahlu *et al.* (2004) para predecir los requerimientos de EM_{gest} , el cuál toma en consideración el número de crías, el peso promedio esperado de las mismas y el número de días en gestación de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$EM_g \text{ (Mcal/d)} = (-15,467 - (1,1439 \times \text{PENAC}) + (0,26316 \times \text{DIA}) - (0,0021667 \times \text{NC}) - (0,0010963 \times \text{DIA}^2) + (0,011772 \times \text{PENAC} \times \text{DIA}) - (0,98352 \times \text{PENAC} \times \text{NC}) + (0,011735 \times \text{PENAC} \times \text{DÍA} \times \text{NC})) \times 0,239$$

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

DIA = día de gestación.

NC = número de crías.

En el Cuadro 6, se presenta los requerimientos de energía metabolizable para cabras con diferentes días en gestación, número de crías y peso promedio esperado al nacimiento.

Cuadro 6. Requerimientos de energía metabolizable (Mcal/d) de cabras lecheras en gestación (EM_{gest}). Sahlu *et al.* 2004, NRC 2007.

Peso al nacimiento (kg)	Número de crías			
	Día	1	2	3
2	100	0,079	0,169	0,260
	105	0,181	0,299	0,418
	115	0,346	0,520	0,695
	125	0,458	0,689	0,919
	135	0,518	0,805	1,092
3	145	0,526	0,869	1,212
	100	0,132	0,268	0,404
	105	0,263	0,440	0,618
	115	0,484	0,745	1,007
	125	0,652	0,998	1,344
4	135	0,768	1,199	1,629
	145	0,832	1,347	1,861
	100	0,186	0,367	0,548
	105	0,344	0,581	0,818
	115	0,621	0,971	1,320
125	0,846	1,308	1,769	
	135	1,018	1,592	2,166
	145	1,139	1,824	2,510

LITERATURA CITADA

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford, UK. CAB International. 159 p.
- AFRC. 1998. The nutrition of goats. New York, U.S.A. CAB International. 118 p.
- Elizondo, J. 2004. Requerimientos nutricionales de las cabras. ECAG-Infoma. 29:35-40.
- Kellems, RO; Church, DC. 1998. Livestock feeds and feeding. 4 ed. Upper Saddle River, N. J., USA. Prentice-Hall, Inc. 546 p.
- Lachica, M; Aguilera, JF. 2003. Estimation of energy needs in the free-ranging goat with particular reference to the assessment of its energy expenditure by the ¹³C-bicarbonate method. Small Rumin. Res. 49:303-318.
- Lu, CD; Potchoiba, MJ. 1990. Feed intake and weight gain of growing goats fed diets of various energy and protein levels. J. Anim. Sci. 68:1751-1759.
- Maynard, LA; Looslie, JK. 1979. Animal nutrition. 7 ed. New York, NY, USA. McGraw-Hill, Inc. 602 p.
- NRC (National Research Council). 1981. Nutrient requirements of goats. Washington, DC, U.S.A. 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). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.
- Sahlu, T; Fernández, JM; Lu, CD; Potchoiba, MJ. 1992. Influence of dietary protein on performance of dairy goats during pregnancy. J. Dairy Sci. 75:220-227.
- Sahlu, T; Goetsch, AL; Luo, J; Nsahlai, IV; Moore, JE; Galyean, ML; Owens, FN; Ferrell, CL; Johnson, Z. B. 2004. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. Small Rumin. Res. 53:191-219.