Aprovechamiento Energético del Alimento en la Producción de Leche en Cabras.

Ignacio Tovar Luna.
Universidad Autónoma Chapingo.
Unidad Regional Universitaria de Zonas Àridas. Bermejillo, Dgo.

Aprovechamiento Energético del Alimento en la Producción de Leche en Cabras.

Ignacio Tovar Luna.

Universidad Autónoma Chapingo
Unidad Regional Universitaria de Zonas Àridas. Bermejillo, Dgo.

Energía es definida como el potencial para desarrollar trabajo. La energía es necesaria para todos los procesos vitales. Los alimentos son la fuente de energía para los humanos y los animales. Las cabras, y todos los seres vivos, requieren consumir la energía necesaria para realizar el trabajo (reacciones químicas) de mantener los procesos vitales (**necesidades de mantenimiento**: actividad muscular (pulsaciones del corazón, actividad física (mantenerse parado, caminar, pastorear, masticar, etc.); transporte activo (movimiento de sustancias disueltas en contra de gradientes de concentración); energía asociada a procesos de síntesis de constituyentes esenciales en las células de todos los órganos del cuerpo, tales como enzimas y hormonas; energía usada para mantener la temperatura del cuerpo, energía usada para mantener los órganos de los sentidos activos, transmisión de los impulsos nerviosos, etc) (Flatt y Moe, 1972). La estimación de las necesidades de mantenimiento es muy importante dado que puede representar hasta el 100% de gasto de energía en animales no productivos y 50% en animales con niveles altos de producción (Cannas et al., 2008).

Si un animal no consume alimento la demanda o necesidad de energía continua y si no la obtiene eventualmente morirá. Un animal en ayuno obtiene la energía requerida para mantener los procesos vitales del catabolismo de las reservas de energía de su propio cuerpo, inicialmente de glucógeno, y luego de la grasa y proteína. Un animal alimentado, tiene la necesidad primaria de energía para satisfacer el requerimiento de mantenimiento y prevenir el catabolismo de los tejidos del su cuerpo. Cuando un animal consume alimento para mantenimiento, toda la energía en convertida en calor. En un animal en ayuno, la cantidad de calor (energía) producida o liberado es igual a la energía contenida en los tejidos catabolisados (compuestos químicos), el cual, cuando es medido en condiciones especificas, es conocido como metabolismo basal (FHP) o metabolismo de ayuno (McDonald *et al*., 2011), y tal cantidad de energía se dice que es el requerimiento de energía neta para mantenimiento (EN_m).

Cuando el animal consume alimento que le suministre energía superior a lo requerido para satisfacer las necesidades de mantenimiento, entonces ese excedente es usado para producción (**necesidades para producción**). En animales jóvenes, la energía es almacenada en nuevos tejidos, principalmente en forma de

proteína, y conforme los animales van alcanzando su madurez, la energía se almacena principalmente en forma de grasa. En hembras preñadas, la energía es almacenada en productos de la concepción (fetos y placenta), y en hembras lactantes, en leche (NRC. 1981). El objetivo de este ejercicio es presentar un bosquejo muy general de la utilización de la energía de los alimentos en las cabras lecheras.

Partición de la energía del alimento en el animal

Como se menciono anteriormente, los alimentos son la fuente de energía para los animales. La energía es almacenada en los alimentos en compuestos químicos (carbohidratos, lípidos y proteínas), también nombrada energía química. Los animales también almacenan la energía en los mismos compuestos químicos. La energía contenida en un alimento (EB) fluye en el animal a través de muchos pasos intermediarios en la utilización de los nutrientes. En el diagrama 1 se presenta la mayoría de dichos pasos.

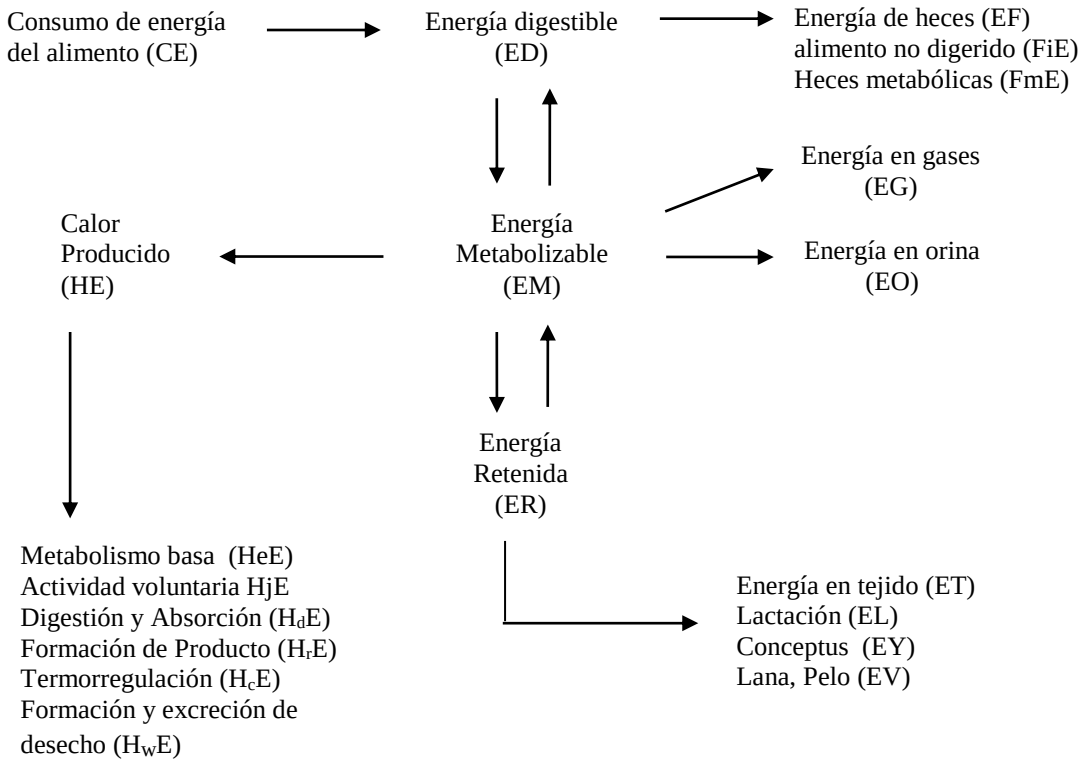

Figura 1. Flujo de la energía del alimento en el animal (NRC, 1981).

Las definiciones y abreviaciones de los términos usados en el diagrama se encuentran en la publicación. Brevemente, consumo de energía del alimento (EC), es la energía bruta del alimento consumido. Una fracción de la energía consumida se pierde del animal por las heces (EF), y la diferencia de sustraer ésta de la EC (EC – EF) se le llama energía digestible aparente (ED). Parte de la energía se pierde a través de la orina (EU) y gases (EG). La energía restante (EM = EC-EF-EU-EG) se le llama energía metabolizable (EM) . Parte de la EM puede ser recuperada como producto (RE=energía retenia)) tales como energía en tejido ó ganancia de peso (TE) , energía en leche (EL), energía en conceptus (EY), energía en lana y pelo (EV), o también puede perderse como calor (HE).
El valor de contenido y consumo de energía bruta de un alimento provee muy poca información útil como fuente de energía para el animal, simplemente no nos dice cuanto es aprovechable o disponible para el animal.

Términos usados en energía nutricional:

Joule (J) es equivalente a 10^7 ergs, donde 1 erg es la cantidad de energía gastada en acelerar 1 g 1 centímetro por segundo. El joule internacional (j) es definido como la energía liberada por 1 ampere internacional fluyendo a través de una resistencia de 1 ohm en 1 segundo.

Caloría (cal) es definida como la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de 1 gr de agua de 14.5 a 15.5°C a una atmosfera de presión. Ambos, el joule y la caloría son tan pequeños que los nutricionistas usan múltiplos de estos.

Kilocaloría (kcal) y el **kilojoule (kJ)** son 1000 veces más grades que la caloría y el joule.

Megacaloría (Mcal) y M**egajoule (MJ)** son 1000 veces más grandes que la kcal y el kJ.

Energía bruta (EB) es la cantidad de energía en forma de calor liberada cuando un compuesto orgánico es completamente oxidado a dióxido de carbono y agua.

Peso metabólico (PV $^{0.75}$) es el peso del animal en kilogramos elevado a la potencia fraccional de ¾. Es útil en la comparación de tasas metabólicas de animales maduros de diferente tamaño.

El valor de ED de un alimento tiene algo de valor para la medición de los requerimientos del animal y para la valoración del alimento, ya que la energía que se pierde en las heces está asociada con la capacidad de una dieta de satisfacer los requerimientos de energía del animal. La cantidad de energía que se pierde en las heces es una función de las características físicas y químicas del alimento consumido y en menor grado del nivel de consumo (cantidad de alimento consumido por día).

La EM es de más valor que la ED por considerar las pérdidas de energía en la orina y los gases. La cantidad de energía que se pierde en los gases y en la orina tienden a ser poco variables (Reid, 1966; ARC, 1980), por lo que el valor de EM en la mayoría de las dietas usadas en rumiantes es de 0.82 de la ED (NRC, 2001). La EM representa la energía que es disponible para el animal y ser usada en los procesos de mantenimiento y/o producción McDonald *et al*., 2011).

Eficiencia de utilización de EM para mantenimiento y síntesis de leche en cabras

La eficiencia con la que se usa la EM, tanto en cabras como en otras especies, depende de en que compuestos químicos está contenida y de la función para la cual los compuestos químicos son usados por el animal (ARC, 1980; McDonald et al., 2011). La eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento y producción de leche en cabras ha sido estudiada y reportada por AFRC (1998) y Sahlu et al. (2004), Luo et al. (2004), Nsahlai et al. (2004), NRC (2007), INRA (2007), y Tovar-Luna et al. (2010ab), etc. El AFRC (1998) adopto las ecuaciones de predicción de la eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento (km), ganancia de peso (kf) y lactación (kl) presentadas por el ARC (1980), las que ya habían sido presentadas en el ARC en 1965, y que fueron propuestas por Blaxter (1962). En la tabla 1 se muestran los valores de km, kl, y kf, y las ecuaciones de predicción de éstas en función de qm.

Tabla 1. Eficiencia de utilización de la EM por rumiantes para mantenimiento, crecimiento, lactación y gestación.

EM en la dieta (MJ/kg MS)	7.4	9.2	11.0	12.9
Metabolisabilidad (q_m, EM/EB)	0.4	0.5	0.6	0.7
Mantenimiento (k_m)	0.643	0.678	0.714	0.750
Lactación (k_l)	0.560	0.595	0.630	0.665
Crecimiento (k_f)	0.218	0.396	0.474	0.552
Gestación (k_g)	0.133	0.133	0.133	0.133
Ecuaciones: $k_m = 0.35\ q_m + 0.503$				
$k_g = 0.78\ q_m + 0.006$				
$k_l = 0.35\ q_m + 0.420$				

ARC (1980), McDonald et al. (2011)

Los valores de eficiencia para lactación mostrados son aplicables cuando no ocurren cambios en el peso vivo del animal, lo cual es extremadamente difícil que no ocurra, y cuando ocurre se requiere hacer los ajustes por ganancia de peso (k_g = 0.75) o por movilización de tejido asumiendo que es utilizado para producción de leche (k_l= 0.84; ARC, 1980).

Reportes más recientes en los que se estudió la eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento y producción de leche fueron hechos por Luo *et al*. (2004) y Nsahlai *et al*. (2004), respectivamente. Ambos reportes usaron datos de estudios publicados en los que se tenía valores de FHP o RE y consumo de EM; usando análisis de regresión, tomando como variable dependiente FHP o RE y como variable independiente el consumo de EM. Los valores de la pendiente se tomaron como estimadores de k_m = 0.691 y de k_{l-d} = 0.624 (método 1) y de 0.589 (método 2, se sugiere revisar los artículos originales para ver los detalles de ambos métodos). Ambos valores de eficiencia fueron usados en la estimación de requerimientos por el NRC (2007). Ambos sistemas (AFRC, 1998; y reportes del American Institute for Goat Research. Lansgton University. Oklahoma, USA) asumen que la eficiencia de utilización de la EM es constante con la edad, a través de la lactancia, y con diferente concentración de la EM en la ración.

El tener estimaciones de la eficiencia con que usa la energía de los alimentos en los procesos de mantenimiento y producción para las cabras nos permite hacer estimaciones más confiables de la cantidad de alimento que se tiene que suministrar para satisfacer el requerimiento del nivel de producción deseado. Sin embargo, para que el comportamiento animal sea predecible las estimaciones tanto de la eficiencia como de los requerimientos deben aplicarse a animales semejantes a aquellos animales en los que se hicieron las estimaciones y condiciones climáticas similares.

Literatura citada

AFRC, 1998. The Nutrition of Goats. CAB International, Oxon, UK, pp. 41–51.

ARC. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party. Commonwealth Agriculture Bureau, Farnham Royal, UK.

Blaxter, K. L. 1962. The Energy Metabolism of Ruminants. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas.

Cannas, A., A. S. Atzori, F. Boe, y A. M. A. Teixeira. 2008. Energy and Protein Requirements of Goats. In: A. Cannas y G. Pulina (Editors). Dairy Goats Feeding and Nutrition. CABI. Pg. 118.

Ferrell, C. L. 1988. Energy Metabolism. In: D. C. Church (Editor). The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hall,Inc. pg.250.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, y R. G. Wilkinson. 2011. Animal Nutrition. Seventh Edition. Prentice Hall.

NRC, 1981. Nutrient Requirements of Goats. Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy Press, Washington, DC.

NRC. 1981. Nutritional Energetics of Domestic animals and Glossary of Energy Terms. National Academic Science. Washington, DC.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC

NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and new world Camelids. National Academy Press, Washington, DC.

Nsahlai, I.V., Goetsch, A.L., Luo, J., Johnson, Z.B., Moore, J.E., Sahlu, T., Ferrell, C.L., Galyean, M.L., Owens, F.N., 2004. Metabolizable energy requirements of lactating goats. Small Rum. Res. 53, 253–273.

Luo, J., Goetsch, A.L., Nsahlai, I.V., Johnson, Z.B., Sahlu, T., Moore, J.E., Ferrell, C.L., Galyean, M.L., Owens, F.N., 2004a. Maintenance energy requirements of goats: predictions based on observations of heat and recovered energy. Small Rum. Res. 53, 221–230.

Luo, J., Goetsch, A.L., Sahlu, T., Nsahlai, I.V., Johnson, Z.B., Moore, J.E., Galyean, M.L., Owens, F.N., Ferrell, C.L., 2004b. Prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and gain of preweaning, growing, and mature goats. Small Rum. Res. 53, 231–252.

Sahlu, T., Goetsch, A.L., Luo, J., Nsahlai, I.V., Moore, J.E., Galyean, M.L., Owens, F.N., Ferrell, C.L., Johnson, Z.B., 2004. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations, and future research to improve them. Small Rum. Res. 53, 191–219.

Shirley, R. L. 1986. Nitrogen and Energy Nutrition of Ruminants. Academic Press, Inc. Pg. 89.