

## Repercusión del sistema de valoración energética sobre el coste de raciones para vacas lecheras - Effect of feed evaluation system on the cost of rations for dairy cows

**Martínez Marín, Andrés L.; Pérez Hernandez, Manuel ; Pérez Alba, Luis; Gómez Castro, Gustavo.**

Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Carretera Madrid-Cádiz, Km. 396. 14071, Córdoba, España

Email: [andresluismartinez@gmail.com](mailto:andresluismartinez@gmail.com)

---

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar la valoración de las necesidades y los aportes de energía calculados según sistemas históricos y modernos de alimentación para vacas lecheras -unidades alimenticias escandinavas (UA), energía neta grasa (ROSTOCK), energía metabolizable (MAFF), energía neta de lactación (NRC) y unidades forrajeras leche (INRA)- con el fin de investigar la repercusión de aquella en el coste de la ración diaria. Las necesidades energéticas se expresaron como energía neta de lactación (ENL) y se calcularon a intervalos de 30 días en leche (DEL) para una vaca Holstein adulta de 680 kg de peso vivo con una producción de 10000 kg de leche en 305 días y un intervalo entre partos de un año. El aporte de ENL según cada sistema se calculó a partir de diez raciones optimizadas con el programa CPM-Dairy 1.0 para satisfacer las necesidades nutritivas de la vaca modelo cada 30 DEL. Exceptuando los valores obtenidos con el sistema de unidades alimenticias y el comienzo inmediato de la lactación, las diferencias entre las necesidades de ENL calculadas según los distintos sistemas fueron relativamente bajas (entre 1,1 y 7,5%) y achacables fundamentalmente a la valoración energética del cambio de peso. El aporte calculado de energía mostró diferencias importantes entre los sistemas, oscilando de 19,1 a 25,2%. A lo largo de la lactación, los aportes calculados fueron inferiores a las necesidades en todos los sistemas, con la excepción de NRC y MAFF a 30 y 270 DEL, respectivamente, y UA desde 90 DEL. La diferencia promedio estuvo comprendida entre  $-1,4 \pm 1,1$  Mcal d<sup>-1</sup> (4,5 ± 2,9%; MAFF) y  $-5,5 \pm 1,7$  Mcal d<sup>-1</sup> (15,6 ± 4,5%; INRA). El coste unitario de la Mcal varió notablemente entre sistemas (de 18,7 a 25,5%) al igual que el coste de satisfacer los requerimientos diarios de energía (de 13,5 a 50,2%). Se concluyó que, independientemente de cual sea la precisión real, el sistema de valoración de energía empleado en la formulación tiene una importante repercusión sobre el coste de las raciones para vacas lecheras.

**PALABRAS CLAVE:** Energía | Nutrición | Formulación | Rumiantes.

---

## ABSTRACT

The objective of the present work was to compare energy requirements and supply calculated according to old and modern feed evaluation systems for dairy cattle - Scandinavian feed units (UA), net energy fat (ROSTOCK), metabolizable energy (MAFF), net energy of lactation (NRC) and milk fodder units (INRA) - to assess the differences in the cost of the ration. The energy requirements were expressed as net energy of lactation (NEL) and were calculated every 30 days in milk (DIM) for a mature Holstein cow weighing 680 kg, producing 10000 kg of milk in 305 days, and calving every year. Ten rations optimized with CPM-Dairy 1.0 to satisfy the nutritional requirements of the model cow every 30 DIM were used to compare the calculated NEL supply according to the systems being evaluated. Except for the values obtained according to the feed units system and the onset of lactation, the differences between the systems in the calculated energy requirements were relatively low (from 1.1% to 7.5%) and mainly attributable to the energy value assigned to the live weight change. The differences between the systems in the NEL supply of the rations were high and oscillated between 19.1% and 25.2%. The calculated supplies were smaller than the requirements in all the systems throughout lactation, except for UA from 90 DIM and NRC and MAFF at 30 and 270 DIM, respectively. The average differences were in the range from  $-1.4 \pm 1.1$  Mcal d<sup>-1</sup> (4.5 ± 2.9%; MAFF) to  $-5.5 \pm 1.7$  Mcal d<sup>-1</sup> (15.6 ± 4.5%; INRA). The cost of the Mcal differed between the systems (from 18.7% to 25.5%) and the same was true for the cost of satisfying the daily energy requirements (from 13.5% to 50.2%). It was concluded that, without taking into account the real accuracy, the energy evaluation system used in the formulation affects considerably the cost of rations for lactating dairy cattle.

**KEYWORDS:** Energy | Nutrition | Formulation | Ruminants.

---

## INTRODUCCIÓN

La ciencia de la nutrición de los rumiantes ha experimentado un avance enorme en los últimos cien años. Se han propugnado numerosos sistemas para la valoración de las necesidades y los aportes de energía en vacas lecheras, basados en dos principios establecidos tempranamente (Gouin, 1935): la digestibilidad de los nutrientes, y la capacidad de los mismos para reemplazarse como fuentes de energía realmente utilizable (energía neta) por el organismo animal.

El mayor exponente de los sistemas basados en la digestibilidad de los nutrientes ha sido el de nutrientes digestibles totales (TDN) que fue usado durante décadas en Estados Unidos aunque no sin críticas a sus errores y limitaciones (Maynard, 1953). El primer sistema de energía neta para vacas lecheras fue el de unidades alimenticias desarrollado por Hansson (1934) en los países escandinavos. Otros sistemas europeos de energía neta destacables son el de energía neta grasa introducido por los

investigadores del instituto Oskar Kellner (Schiemann y col., 1971), y, mucho más extendido, el de unidades forrajeras leche desarrollado en Francia por los investigadores de INRA (1978; 1988; 2007). En Estados Unidos, los trabajos realizados por los investigadores del grupo de Beltsville a finales de los años 60 y comienzos de los años 70 del siglo XX (Moe y col., 1970; 1971; 1972) impulsaron la utilización de un sistema basado en la energía neta de lactación (NRC, 1978; 1989; 2001). Por otro lado, un sistema de energía metabolizable desarrollado a partir de los conceptos propuestos por Blaxter (1962) y presentado inicialmente por ARC (1965) ha sido utilizado en el Reino Unido durante las tres últimas décadas (MAFF, 1975; ARC, 1980; AFRC, 1993).

A los sistemas empíricos se han unido en años recientes modelos mecanicistas más o menos complejos (CNCPS, 1990; CPM-Dairy, 1998; FIM, 2004; Molly, 2007; NorFor, 2007). Estos sistemas pretenden integrar la información derivada de las pruebas experimentales con el conocimiento de los principios digestivos y metabólicos subyacentes (Baldwin, 1995).

Cada nuevo sistema de valoración nutricional o revisión de los existentes ha intentado mejorar la precisión de los cálculos de las necesidades y los aportes nutritivos integrando los avances en el conocimiento de la fisiología y el metabolismo de los rumiantes, de forma que su aplicación práctica contribuyera a una mayor eficiencia productiva y/o medioambiental. Sin embargo, en su desempeño profesional, el nutricionista elige generalmente un sistema en función de la información de que dispone sobre el mismo y, sobre todo, según preferencias personales basadas o no en la experiencia previa. Por otra parte, se ha demostrado en otras especies que el sistema empleado para el diseño de las raciones puede repercutir sobre el coste de las mismas (Martínez-Marín, 2009).

El objetivo del presente trabajo fue comparar la valoración de las necesidades y los aportes de energía calculados según sistemas de alimentación para vacas lecheras publicados en los últimos cien años e investigar la repercusión de aquella en el coste de la ración.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Definición de la vaca modelo**

El animal modelo fue una vaca Holstein de 5 años de edad y tres partos, con un peso vivo (PV) al tercer parto de 680 kg y un índice de estado de carnes (IEC) de 3,75 en una escala de 1 a 5 (NRC, 2001). La producción lechera se fijó en 10000 kg en una lactación de 305 días, con un porcentaje de grasa y proteína al pico de 3,5 y 3,1%. La producción diaria de leche y grasa, proteína y lactosa, se calculó según INRA (2007) y CNCPS (1990), respectivamente.

### **Cálculo de necesidades energéticas**

El valor energético y la producción de leche corregida al 4% de grasa (LCG4%) se calcularon según NRC (2007). Las reservas de energía disponibles al parto y el cambio de PV y de IEC a lo largo de la lactación

se calcularon de acuerdo con Williams y col. (1989). Las necesidades de gestación se valoraron a partir de 190 días desde la concepción y, al igual que el peso del ternero al nacimiento, se calcularon según NRC (2001). Las necesidades energéticas se expresaron como energía de lactación (ENL) y se calcularon según Hansson (1934) –UA-, Schiemann y col. (1971) -ROSTOCK-, MAFF (1975) -MAFF-, NRC (2001) -NRC- e INRA (2007) -INRA- (tabla 1) a intervalos de 30 días de lactación (DEL).

**Tabla 1.** Factores utilizados para el cálculo de las necesidades energéticas.

Sistema (unidades)	Mantenimiento (d <sup>-1</sup> )	LCG4% (kg <sup>-1</sup> )	Gestación (d <sup>-1</sup> )			Cambio de peso (kg <sup>-1</sup> )	
			7 <sup>o</sup> mes	8 <sup>o</sup> mes	9 <sup>o</sup> mes	-	+
UA (UA)	0,67*PV/100	0,37	0,6	0,8	1	N/D	N/D
ROSTOCK <sup>a</sup> (EFr)	26*PV <sup>3/4</sup>	285	480	810	1365	1620	2000
MAFF <sup>b</sup> (MJ EM)	8,3 + 0,091*PV	1,694	1,13*exp(0,0106*DEG)			28	34
NRC (Mcal ENL)	0,08*PV <sup>3/4</sup>	0,75	(((0,00318*DEG)- 0,0352)*(PT/45))/0,21 8			VEg <sup>c</sup> *0,82	VEg *0,85
INRA (UFL)	(0,041*PV <sup>3/4</sup> ) *1,1	0,44	0,00072*PT* exp(0,116*SEG)			4,0	4,5

<sup>a</sup>El valor total calculado debe incrementarse en 10%. <sup>b</sup>ENL = EM\*kl; donde kl=0,62. <sup>c</sup>VEg depende del IEC. Abreviaturas: DEG, días de gestación; EFr, energía neta grasa para vacuno (1000 EFr=2,5 Mcal ENL); EM, energía metabolizable; ENL, energía neta de lactación; IEC, índice de estado de carnes; KI, eficiencia de lactación; LCG4%, leche corregida al 4% de grasa; PT, peso del ternero al nacimiento; PV, peso vivo; SEG, semana de gestación; UA, unidades alimenticias (1 UA=2,1 Mcal ENL); UFL, unidades forrajeras leche (1 UFL=1,7 Mcal ENL); VEg, valor energético del cambio de peso.

### Cálculo y valoración energética de las raciones

Para comparar la valoración del aporte de energía, se optimizaron 10 raciones con el programa informático CPM-Dairy 1.0 capaces de satisfacer las necesidades nutritivas de la vaca modelo a intervalos de 30 DEL. Las restricciones empleadas en la optimización se muestran en la tabla 2. El contenido energético de las raciones según cada sistema se derivó a partir del valor energético de los alimentos incluidos en las mismas (datos no mostrados). El contenido energético de los alimentos se calculó para cada sistema a partir de los datos de composición química de CPM-Dairy 1.0 y se convirtió a ENL utilizando los factores apropiados reseñados en las publicaciones de referencia.

**Tabla 2.** Restricciones aplicadas en CPM-Dairy 1.0.

Ingredientes (kgMS d-1)	Límite		Nutrientes	Límite	
	mín.	máx.		mín.	máx.
Heno alfalfa	0,00	6,00	IMS % REQ	95	105
Silo maíz	0,00	5,00	EM % REQ	100	100
Heno avena	0,00	2,00	PM % REQ	100	100
Paja cereales	0,00	1,00	FND <sub>e</sub> % MS	22	25
Cebada molida	1,00	100,00	FND % MS	S/L	S/L
Maíz molido	1,00	3,00	CNE % MS	30	40
Harina soja 44	0,00	100,00	Forraje % MS	40	60
Harina girasol 28	0,00	3,00	Grasa % MS	3,5	7,0
Pulpa remolacha	0,00	4,00	Isoleucina% REQ	90	120
Salvado trigo	0,00	3,00	Metionina % REQ	85	120
Cebadilla desh.	0,00	3,00	Lisina % REQ	90	120
Gluten feed 20	0,00	4,00	Péptidos % REQ	110	300
Semilla algodón	0,00	1,00	NH <sub>3</sub> ruminal % REQ	110	300
Melaza remolacha	0,00	1,00			
Cascarilla soja	0,00	3,00			
Gluten meal 65	0,00	100,00			
Pulpa cítricos	0,00	3,00			
Premix	0,85	0,85			

Abreviaturas. CNE, carbohidratos no estructurales, EM, energía metabolizable; FND<sub>e</sub>, fibra neutrodetergente efectiva; FND, fibra neutrodetergente, IMS, ingesta de materia seca; MS, materia seca; PM, proteína metabolizable; REQ, requerimientos; S/L, límites no aplicados al modelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Necesidades energéticas

Las diferencias en los valores obtenidos (tabla 3) fueron relativamente pequeñas exceptuando a UA en todas las fases y a INRA al comienzo de la lactación. Así, las necesidades difirieron un máximo de 49,0% a 30 DEL, oscilando entre 25,9 Mcal d<sup>-1</sup> (INRA) y 38,6 Mcal d<sup>-1</sup> (UA). A partir de 60 DEL, la diferencia mínima fue 2,0 Mcal d<sup>-1</sup> (5,6%) y la máxima fue 6,6 Mcal d<sup>-1</sup> (23,7%), mientras que sin tener en cuenta a UA, las diferencias oscilaron entre 0,4 Mcal d<sup>-1</sup> (1,1%) y 2,6 Mcal d<sup>-1</sup> (7,5%).

Las bajas necesidades calculadas en INRA a 30 DEL pueden achacarse al elevado valor energético del cambio de peso (6,80 Mcal kg<sup>-1</sup> en INRA vs 5,75; 4,15 y 4,05 Mcal kg<sup>-1</sup> en NRC, MAFF y ROSTOCK, respectivamente). Por el contrario, las mayores necesidades de UA al comienzo de la lactación y más bajas que el resto de los sistemas al final de la misma serían debidas precisamente a la no valoración energética del cambio de peso. De hecho, suponiendo que no ocurriera cambio de peso, la diferencia entre todos los sistemas a lo largo de la lactación habría oscilado entre 0,7 y 1,8 Mcal d<sup>-1</sup> (2,3 y 4,6%). Vermorel y Coulon (1992) señalaron que el valor energético del cambio de peso tiene una repercusión mucho más importante en el cálculo de



las necesidades al comienzo de la lactación, cuando la movilización de las reservas corporales de energía es mayor. En este sentido una nueva evaluación de las necesidades según los modelos FIM (2004) y NorFor (2007) (datos no mostrados) reveló que las necesidades de FIM (2004) fueron sólo ligeramente superiores a NorFor (2007) a lo largo de la lactación con diferencias comprendidas entre 0,2 Mcal d<sup>-1</sup> (0,6%) y 2,0 Mcal d<sup>-1</sup> (5,5%), con la excepción de 30 DEL, momento en que la movilización de reservas fue más intensa (-1,82 kg d<sup>-1</sup>), cuando la diferencia alcanzó 4,8 Mcal d<sup>-1</sup> (17,1%). La ENL del cambio de peso de FIM (2004) es 3,60 Mcal kg<sup>-1</sup> mientras que NorFor (2007) da un valor de 5,93 Mcal kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 3.** Necesidades de ENL (Mcal d<sup>-1</sup>) a lo largo del ciclo productivo según distintos sistemas de valoración energética.

Día de lactación	Sistema				
	UA	ROSTOCK	MAFF	NRC	INRA
30	38,6	30,9	32,4	28,4	25,9
60	36,9	36,0	36,9	35,5	34,5
90	35,9	37,3	37,9	37,1	37,0
120	34,8	36,4	36,9	36,3	36,3
150	34,0	35,9	36,3	35,9	36,1
180	32,9	35,3	35,6	35,3	35,8
210	32,0	34,8	35,0	34,9	35,7
240	30,7	33,9	33,9	34,2	35,4
270	29,0	32,7	32,6	33,3	34,8
300	27,9	31,9	32,2	34,5	33,7

En un estudio sobre diferentes sistemas de valoración de energía para vacas lecheras, De Brabander y col. (1982) concluyeron que la correcta valoración energética del cambio de peso es necesaria para mejorar la precisión de la predicción de los resultados productivos. Según Agnew y Yan (2000) la energía del cambio de peso no puede considerarse constante y debe calcularse en relación al IEC y al momento de la lactación para tener en cuenta factores tales como el llenado intestinal y la composición química de los tejidos corporales. De los sistemas comparados en el presente trabajo solamente NRC (2001) considera el valor energético del cambio de peso variable en función del IEC.

### Valoración energética de las raciones

La valoración de la energía aportada por las raciones obtenidas con CPM-Dairy 1.0 (tabla 4) mostró diferencias entre sistemas comprendidas entre 5,8 Mcal d<sup>-1</sup> (19,1%) y 7,2 Mcal d<sup>-1</sup> (25,2%). La mayor valoración correspondió a UA debido probablemente a la sobrevaloración energética de la proteína de los alimentos que hace este sistema para tener en cuenta la mayor eficiencia de utilización de la misma en el crecimiento y la lactación (Hansson, 1934). La menor valoración correspondió a INRA, lo que puede achacarse a la

corrección aplicada en sus cálculos (reducción aproximada de 10% en los valores obtenidos) para tener en cuenta el efecto negativo de las interacciones digestivas asociadas con un elevado porcentaje de concentrado en la ración. El porcentaje de concentrado en las raciones obtenidas osciló entre 49,5 y 59,5%, siendo el decremento aplicado por INRA del orden de 2 Mcal d<sup>-1</sup> para raciones con un 50% de concentrado. Excluyendo a UA, las diferencias quedaron comprendidas entre 13,6 y 19,0%. Vermorel y Coulon (1998) encontraron diferencias inferiores al 10% entre los valores de ENL de 15 alimentos calculada según los sistemas francés, holandés, alemán y norteamericano. No obstante, los valores comparados por estos autores fueron recalculados a partir de publicaciones previas y corregidos para un nivel de alimentación de mantenimiento con excepción del sistema americano cuyos valores correspondían a un nivel de alimentación tres veces superior a mantenimiento. En el presente trabajo, los valores de ENL comparados fueron los obtenidos para una composición química de referencia, aplicando las ecuaciones apropiadas de cada sistema tal y como haría un nutricionista profesional.

**Tabla 4.** Coste (€ d<sup>-1</sup>) y aporte de ENL (Mcal d<sup>-1</sup>) según distintos sistemas de valoración energética de las raciones obtenidas con CPM-Dairy v.1.

Día de lactación	Coste	Aporte energético				
		UA	ROSTOCK	MAFF	NRC	INRA
30	3,908	30,8	26,6	29,2	29,5	24,8
60	4,082	36,5	31,4	34,2	33,6	30,1
90	4,135	38,0	33,1	35,8	34,8	31,4
120	4,036	37,1	32,6	35,2	34,1	30,9
150	3,857	36,1	31,8	34,5	33,7	30,3
180	3,918	36,7	31,9	34,3	33,3	29,6
210	3,867	36,2	31,6	33,9	32,9	29,1
240	3,803	35,8	31,1	33,5	32,4	28,6
270	3,683	34,9	30,5	32,7	31,5	28,0
300	3,667	34,2	29,9	32,1	31,2	27,5

Por otro lado, cabe resaltar que el cálculo del contenido en ENL de las raciones mediante la ecuación de Donker (1989) basada en fibra ácidodetergente (datos no mostrados) resultó en valores muy próximos a los obtenidos según INRA, con diferencias comprendidas entre -0,7 y 2 Mcal d<sup>-1</sup> (media 0,15 ± 0,76 Mcal d<sup>-1</sup>). Por el contrario, la diferencia media de los valores de Donker (1989) con el resto de sistemas osciló entre -1,9 ± 0,8 Mcal d<sup>-1</sup> (ROSTOCK) y -6,5 ± 0,9 Mcal d<sup>-1</sup> (UA). La inclusión de los efectos asociativos en la valoración de INRA justificaría la similitud con los valores obtenidos según la ecuación de Donker (1989) ya que ésta fue derivada de un metanálisis de pruebas experimentales en el que la energía aportada por las raciones fue calculada a partir de los registros de peso vivo, cambio de peso y producción y composición de la leche. De acuerdo con Kaustell y col. (1997), la inclusión de efectos asociativos en los sistemas de valoración energética podría mejorar la capacidad de predicción de los resultados productivos.

## Repercusión económica

La valoración económica de las raciones utilizando precios medios de materias primas de mercado correspondientes al año 2006 (expresados en euros) resultó en diferencias notables del coste unitario de la Mcal entre sistemas. De acuerdo con los datos presentados en la tabla 4, el mayor precio medio correspondió a INRA con  $0,135 \pm 0,009$  €/Mcal y el menor a UA con  $0,110 \pm 0,006$  €/Mcal. Las diferencias a lo largo de la lactación oscilaron entre 18,7 y 25,5%. El coste de satisfacer las necesidades energéticas ( $\text{€ Mcal}^{-1} \times \text{Mcal d}^{-1}$ ) reflejó las diferencias encontradas en la valoración de las necesidades y, sobre todo, de los aportes (tabla 5). Las diferencias estuvieron comprendidas en el rango de 13,5 a 50,2%, mientras que excluyendo a UA se situaron entre 9,2 y 24,7%. En promedio, las raciones de INRA fueron las más caras ( $4,627 \pm 0,218$  €  $\text{d}^{-1}$ ) y las de MAFF las más baratas ( $4,071 \pm 0,273$  €  $\text{d}^{-1}$ ).

**Tabla 5.** Coste (€  $\text{d}^{-1}$ ) necesario para satisfacer las necesidades de ENL de la vaca modelo según distintos sistemas de valoración energética.

Día de lactación	Sistema				
	UA	ROSTOCK	MAFF	NRC	INRA
30	4,902	4,542	4,342	3,749	4,092
60	4,133	4,680	4,391	4,296	4,692
90	3,913	4,663	4,396	4,415	4,884
120	3,793	4,514	4,244	4,283	4,755
150	3,638	4,344	4,066	4,093	4,585
180	3,520	4,342	4,058	4,165	4,726
210	3,424	4,246	3,990	4,118	4,748
240	3,254	4,136	3,865	4,001	4,708
270	3,074	3,957	3,684	3,896	4,594
300	2,985	3,924	3,671	4,071	4,482

## CONCLUSIONES

El valor energético asignado a los distintos procesos corporales por los sistemas de alimentación comparados es ligeramente diferente, correspondiendo la mayor discrepancia al cambio de peso. No obstante, la valoración global de las necesidades de energía es relativamente similar exceptuando al sistema de unidades alimenticias que precisamente no tiene en cuenta las variaciones de peso a lo largo de la lactación. Por el contrario, las diferencias en la valoración del contenido energético de los alimentos son notables y se reflejan en el coste de satisfacer las necesidades diarias de energía. Cabe concluir que el coste de las raciones para vacas lecheras depende del sistema de valoración de energía empleado en la formulación, al margen de cual se su precisión real.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AFRC. Energy and Protein Requirements of Ruminants. Wallingford: CAB International, 1993.
2. Agnew, R.E., Yan, T. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 2000, vol. 66, p. 197-215.
3. ARC. Nutrient Requirements of Farm Livestock No. 2. Ruminants. London: Agricultural Research Council, 1965.
4. ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureau, 1980.
5. Baldwin, R.L. Modelling Ruminant Digestion and Metabolism. London: Chapman and Hall, 1995.
6. CNCPS. Cornell Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets. Search: Agriculture n° 34. Ithaca: Cornell University Agricultural Experiment Station, 1990.
7. CPM-Dairy. Cornell-Pennsylvania-Miner software version 1.0. Cooperative project developed at University of Pennsylvania, 1990.
8. De Brabander, D.L., Ghekiere, P.M., Aerts, J.V., Buyisse, F.X. Tests of 6 energy evaluation systems for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 1982, vol. 9, p. 457-469.
9. Donker, J.D. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. *J. Dairy Sci.*, 1989, vol. 72, p. 2942-2948.
10. FIM. Feed Into Milk: A New Applied Feeding System for Dairy Cows. Thrumpton: Nottingham University Press, 2004.
11. Gouin, R. Alimentación Racional de los Animales Domésticos 2ª ed. Barcelona: Salvat Editores, 1935.
12. Hansson, N. Alimentación de los Animales Domésticos. Madrid: Imp. Juan Pueyo, 1934.
13. INRA. Alimentation des Ruminants. París: Ed. INRA, 1978.
14. INRA. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. París: Ed. INRA, 1988.
15. INRA. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. París: Ed. Quae, 2007.
16. Kaustell, K., Tuori, M, Huhtanen, P. Comparison of energy evaluation systems for dairy cows feeds. *Livest. Prod. Sci.*, 1997, vol. 51, p. 255-266.
17. MAFF. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Technical Bulletin No. 33. London: HMSO, 1975.
18. Martínez-Marín, A.L. NRC e INRA para raciones de caballos de ocio basadas en forrajes secos y concentrados granulados. *Arch. Zootec.*, 2009, vol.58, p.333-344.
19. Maynard, L.A. Total digestible nutrients as a measure of feed energy. *J. Nutr.*, 1953, vol. 51, p. 15-22.
20. Moe, P.W., Flatt, W.P., Tyrrell, H.F. Net energy value of feeds for lactation. *J. Dairy Sci.*, 1972, vol. 55, p. 945-958.
21. Moe, P.W., Tyrrell, H.F., Flatt, W.P. Partial efficiency of energy use for maintenance, lactation, body gain and gestation in the dairy cow. En Schürch, A., Wenk, C. (ed.), Proceedings of 5th EAAP Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals, Publication no. 13, 1970, p. 65-68.
22. Moe, P.W., Tyrrell, H.F., Flatt, W.P. Energetics of body tissue mobilization. *J. Dairy Sci.*, 1971, vol. 54, p. 548-553.
23. Molly v3.0. A dynamic, mechanistic, metabolic model of a dairy cow. University of California. Davis, 2007.

24. NorFor. Nordic Feed Evaluation System: feeding standards in the NorFor plan. NorFor report No. 2. July 2007. [Consulta: 2 Febrero 2008] Disponible en: [http://www.norfor.info/Files/pdf-dokumenter/artikler/Feeding\\_Standards\\_ver\\_12\\_aug07.pdf](http://www.norfor.info/Files/pdf-dokumenter/artikler/Feeding_Standards_ver_12_aug07.pdf)
25. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 5<sup>th</sup> rev. ed. Washington DC: National Academy Press, 1978.
26. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 6<sup>th</sup> rev. ed. Washington DC: National Academy Press, 1989.
27. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 7<sup>th</sup> rev. ed. Washington DC: National Academy Press, 2001.
28. Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W., Chudy, A. Energetische Futterbewertung und Energienormen. Berlin: VEB/DLV, 1971.
29. Van der Horning Y., Alderman, G. Livestock feed resources and feed evaluation in Europe present situation and future prospects III. 2. Ruminants. Livest. Prod. Sci., 1988, vol. 19, p. 217-278.
30. Vermorel, M., Coulon, J.B. 1992. Comparaison des systèmes d'alimentation énergétique. INRA Prod. Anim., 1992, vol. 5, p. 289-298.
31. Vermorel, M., Coulon, J.B. Comparison of the National Research Council energy system for lactating cows with four European systems. J. Dairy Sci., 1998, vol. 81, p. 846-855.
32. Williams, C.B., Oltenacu, P.A., Sniffen, C.J. Application of neutral detergent fiber in modelling feed intake, lactation response, and body weight change in dairy cattle. J. Dairy Sci., 1989, vol. 72, p. 652-663.

**REDVET: 2010, Vol. 11 N° 04**

Recibido 15.11.09 / Ref.Prov. NOV0910B/ Revisado 22.12.09 / Aceptado: 10.03.10  
Ref.Def. 041003\_REDVET / Publicado: 01.04.10

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030310.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040410/041003.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.  
Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>