



CÁLCULO DE LA ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN Y SU PREDICCIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA FIBRA

GREGORIO GARCÍA LAGOMBRA, Ph.D.

CENTRO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

El material consignado en esta publicación puede ser reproducido por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El IDIAF agradece a los usuarios incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se utilice.

Cita correcta:

García, Gregorio. 2008. Cálculo de la energía neta para lactación y su predicción desde el punto de vista de la fibra. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO. 27p.

AGRIS: F02

DESCRIPTORES: animal; nutrición; energía; lactación; fibra; alimentos; predicción; dominicana

Coordinación general:
Unidad Difusión IDIAF

Revisión:
Comité Técnico Centro Producción Animal

Maquetación y diseño:
Vladimir Eusebio

Diseño de portada:
Vladimir Eusebio

www.idiaf.org.do

IDIAF 2008®



**INSTITUTO DOMINICANO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES (IDIAF)**

CENTRO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

CÁLCULO DE LA ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN Y SU
PREDICCIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA FIBRA

PREPARADO POR:

GREGORIO GARCÍA LAGOMBRA, Ph.D.
INVESTIGADOR TITULAR, IDIAF
SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

CONTENIDO

	Pagina
I-INTRODUCCIÓN.....	7
II-ESQUEMAS BÁSICOS DE LA PARTICIÓN ENERGETICA PARA USO EN NUTRICIÓN ANIMAL.....	7
III-PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LA ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN.....	12
IV-EVALUACION DE LA ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN BASADO EN EL CONTENIDO DE FIBRA DE LOS ALIMENTOS.....	17
V- CONCLUSIONES.....	25
VI-REFERENCIAS.....	26

I-INTRODUCCIÓN

La energía es un tópico extensamente revisado por los especialistas, en razón de su relación con los nutrientes.

El sistema de energía neta es uno de los últimos métodos desarrollados con fines de predecir, con mayor precisión, las necesidades de energía para los animales. Es muy importante conocer los aspectos básicos de este sistema, sus fortalezas, debilidades y algunos de los acercamientos o vías que sirven para predecir esta necesidad, a través del contenido de fibra de los ingredientes o alimentos.

El objetivo de este trabajo es conocer cuáles son los procedimientos y alternativas viables que se requieren para hacer las predicciones de energía neta, conocido como el método más seguro para determinar los niveles energéticos de los ingredientes y alimentos, tomando como base los cálculos obtenidos del componente fibra de estos recursos alimenticios.

II-ESQUEMAS BASICOS DE LA PARTICIÓN ENERGETICA PARA USO EN NUTRICIÓN ANIMAL

Para entender el proceso energético con que se maneja la nutrición animal, es preciso que se entiendan los componentes básicos en que esta dividida la fracción de la célula vegetal. Para estos fines hay que entender que existe una parte de la célula que se denomina de alta digestibilidad y la cual esta formada por metabolitos celulares fácilmente degradables y por el otro lado están los componentes de menor digestibilidad, compuestos por una serie de elementos asociados al componente fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina).

COMPOSICIÓN DE LA CÉLULA VEGETAL Y ANÁLISIS QUE DETERMINA CADA FRACCIÓN.

CONTENIDO CELULAR	PARED CELULAR		
Proteínas, Cenizas, Lípidos, Hidratos de carbono, Ácidos orgánicos, Sustancias nitrogenadas.	F.N.D. ¹		
	Hemicelulosa	F.A.D. ²	
		Celulosa	L.A.D. ³
			Lignina

1 = Fibra neutro detergente, 2 = Fibra ácido detergente,

3 = Lignina ácido detergente

Fuente: Bassi, 2006.

Bassi (2006) define los términos energéticos importantes, para entender los aspectos relacionados con la energía y que ayudan de una manera u otra a conocer con mas profundidad, los conceptos relacionados con la energía y fibra. Estos conceptos sirven para realizar los cálculos que son requeridos para poder definir los niveles energéticos de cada ingrediente o alimento para animales. Esta información se presenta a continuación:

•ENERGÍA BRUTA (EB):

Se puede definir como la cantidad de energía química existente en los alimentos, que puede convertirse en energía calórica y medirse en unidades tales como megacalorías/kilogramo de materia seca (Mcal/Kg MS.) o mega joules/kilogramo de materia seca (Mj/Kg MS). Esta se mide en una bomba calorimétrica.

Del total de la energía bruta contenida en los alimentos, sólo una parte podrá ser aprovechada por los animales, ya que otra se pierde en las heces. La fracción de energía restante, que no se pierde en heces, es la conocida como energía digestible y se manifestará en función de la digestibilidad del forraje, ingrediente o alimento utilizado.

•ENERGÍA DIGESTIBLE (ED):

Es la energía resultante de la diferencia entre la energía ofrecida en el alimento menos la que se pierde en heces. Se puede determinar al multiplicar la energía bruta del forraje por su digestibilidad.

$$ED = EB \times \text{Dig MS}$$

•ENERGÍA METABOLIZABLE (EM):

Es la energía que resulta de restar la energía que se pierde por orina y gases digestivos (principalmente metano) a la energía digestible. Generalmente, por orina se pierde 10 % y por metano un 8 %. Estos valores fluctúan de acuerdo al tipo de alimento y animal. De todas maneras se puede estimar que la energía metabolizable es alrededor de un 82% de la energía digestible.

$$EM = ED \times 0.82$$

A partir del análisis de los componentes de la pared celular se puede llegar a estimar mediante fórmulas la digestibilidad aproximada del forraje. Para esto se utilizan varias ecuaciones, pero como ejemplo citaremos las siguientes:

$$\text{DMS}(\%) = \frac{\text{Total de alimento consumido} - \text{Total excretado}}{\text{Total de alimento consumido}} \times 100$$

*DMS = Digestibilidad de la materia seca. Van Soest 1982

$$\text{DMS}(\%) = (100 - \text{FND}) \times 0,98 + \text{FND}\%/100 \times (147,3 - 79,8 \times \log_{10}(\text{LDA}/\text{FAD} \times 100)) - 12,9$$

Fuente: Bassi 2006

•ENERGÍA NETA:

Es la energía del alimento que queda disponible para fines útiles, o sea, para el mantenimiento corporal y los distintos procesos productivos. La energía neta se puede clasificar en EN para mantenimiento (ENm) y EN para producción (ENp) y para el caso de ganado de leche en producción, se utiliza la EN de lactación (**EN_L**). El incremento calórico que se produce en el proceso de síntesis de leches es menor que el que se origina en la producción de carne, lo cual resultará en valores similares en cuanto a la ENm y la ENp,

Al desdoblar los distintos tipos de energía de los alimentos, se desencadena una partición de la energía, la cual se puede sintetizar bajo el siguiente esquema:

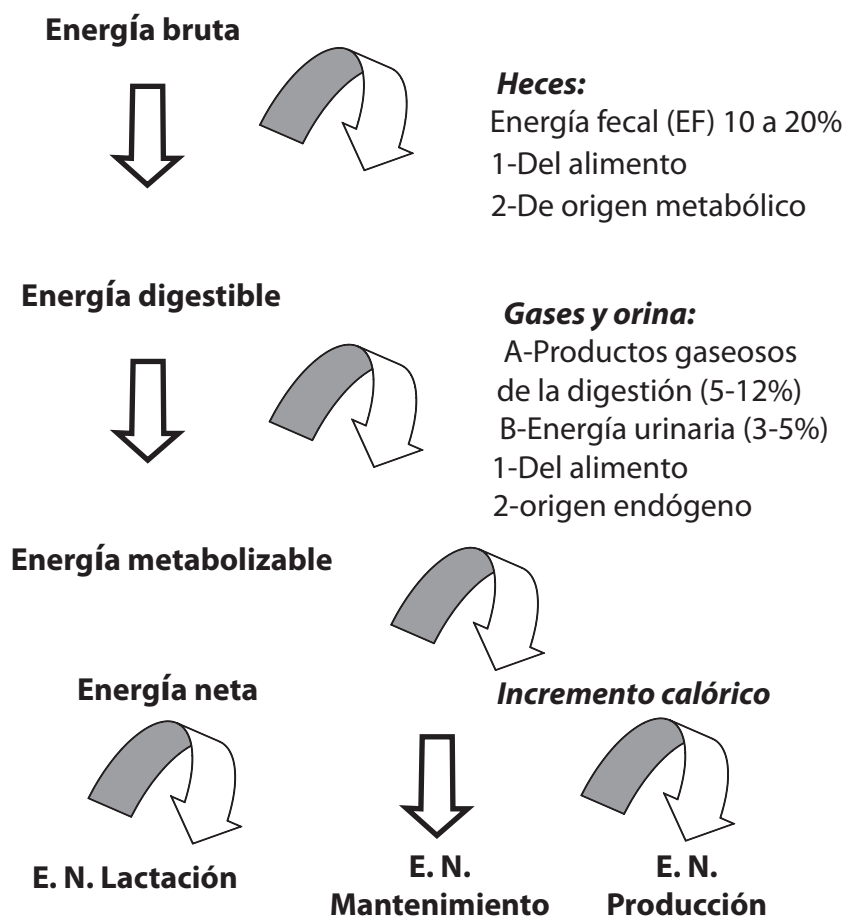


FIGURA 1.- ESQUEMA CONVENCIONAL DEL METABOLISMO ENERGÉTICO CON SUS PERDIDAS ESPERADAS (NRC 1966; Reid 1962 y Bassi 2006).

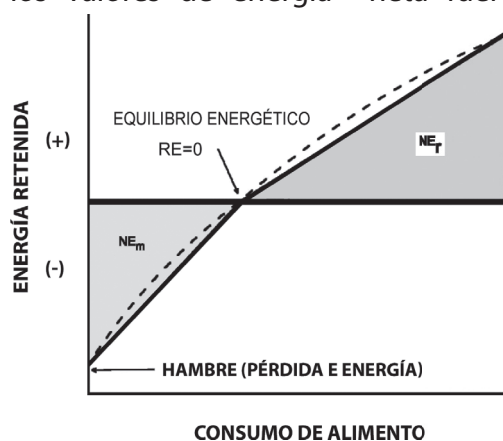
III-PROCEDIMIENTOS PARA PREDECIR LOS TÉRMINOS ENERGÉTICOS Y LA ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN

Cualquier paso dado con fines de conocer o utilizar el sistema de energía neta es un mejoramiento o refinamiento de la utilización de la energía. Kromann (1973) indica que la energía neta es el mejor sistema de energía, por medio del cual se puede expresar el valor energético de los ingredientes toscos o de los requerimientos de energía de ciertos estadios fisiológicos de un animal.

El valor energético de los alimentos es expresado por la NRC (1981), de la manera siguiente:

EN = Incremento de la energía retenida (ER)/incremento de la energía consumida (EC).

Esta es una expresión de la habilidad del alimento para promover retención de energía (RE) a cierto nivel de consumo. Cuando los valores de energía neta fueron medidos por diferente



experimentos, hubo una relación lineal entre la ER y el consumo de alimento hasta cierto punto (se alcanza equilibrio energético o cuando la ER se iguala a 0). Sin embargo, esta se hace curvilínea por el rango total de medición (desde 0 hasta consumo

Figura 2. Representación de la relación entre ER Energía Retenida y la EN (Energía Neta). La línea intermitente muestra la curvilinearidad entre la ER y el consumo de alimento y la línea sólida son las aproximaciones lineares (NRC 1981).

libre o *ad libitum*). Esto trae consigo la idea de utilizar la Energía Neta para Mantenimiento (EN_m) y la Energía Neta para Producción (EN_p). Sin embargo, esto no pasa en el sentido teórico, porque a nivel celular solo existe un solo metabolismo y las células no se diferencian entre mantenimiento y producción en energía metabolizable o energía neta.

El concepto EN_m ha sido definido como la tasa metabólica basal. El concepto EN_g es el valor que tiene el alimento para promover la retención de energía en los animales en crecimiento, alimentados sobre los niveles de mantenimiento. La EN_L se considera como el valor que posee un alimento para promover la secreción de energía en leche, cuando se alimenta sobre las necesidades de mantenimiento. La combinación de la EN_m y la EN_g (Ganancia), es frecuentemente utilizada en ganado de carne, pero no es aplicada prácticamente en el caso de ganado de leche, en razón de las diferencias obvias existentes entre estos dos sistemas de producción.

En realidad, es el mismo concepto, pero se asume que los requerimientos de energía para mantenimiento son utilizados con *la misma eficiencia* que la energía para producción de leche, por lo cual no hay que separarlos en 2 componentes, como en el caso de la ganadería de carne. Esto significa que para los cálculos de energía para vacas en lactación solo se usa un solo termino (EN_L), el cual se acerca más a los cálculos de requerimientos energéticos.

La EN_L es una medida de los requerimientos energéticos de la leche producida y puede variar de acuerdo a sus porcentajes de grasa (NRC 1989; Webster 1979; Lofgreen *et al.* 1968; Garret *et al.* 1983 y Moe *et al.* 1973).

Los requerimientos energéticos indicados por el National Research Council (1989) están basados en los porcentajes de grasa, los cuales fueron fijados a 0.74 Mcal/Kg. en leche corregida a 4% de grasa y pueden ser observados en la ecuación.

$$EN_L \text{ (Mcal/Kg. leche)} = 0.3512 + (0.0962 \text{ (\% grasa)})$$

El sistema de energía neta es un acercamiento muy refinado con respecto a los valores de energía cruda (EC), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y nutrientes digestibles totales (NDT), pero aún persisten ciertas inconsistencias en el área de los requerimientos de energía para mantenimiento (ENm) (Knox y Handley 1973).

Las funciones fisiológicas en progreso, ejercen influencias en la asignación de los valores de EN en los ingredientes o alimentos para ganado lechero, los cuales poseen funciones simultáneas tales como mantenimiento, crecimiento, gestación y lactación. Un simple valor energético puede ser utilizado (EN_L) para el cálculo de los requerimientos energéticos del animal y el valor energético de los ingredientes.

Es importante indicar que el sistema de la EN_L , fue desarrollado utilizando datos de los balances energéticos de la calorimetría respiratoria. En contraste, los animales que no están en lactación (vacas secas), difieren marcadamente en los requerimientos energéticos, razón por la cual se utilizan los términos ENm y ENg en vez de EN_L .

La relación específica entre EM y EN_L , fue estudiada y se describieron varias funciones fisiológicas en equivalentes de energía de la leche. Se efectuaron ajustes por el costo de energía de la utilización del nitrógeno sobre la cantidad requerida por un animal, para el caso en que el balance energético de los tejidos fuera cero y por el costo energético de la preñez, entre otros aspectos. Como resultado de estos ajustes, la EN_L pudo contar con la respuesta total (producción de leche) por cualquier cambio en el consumo de energía.

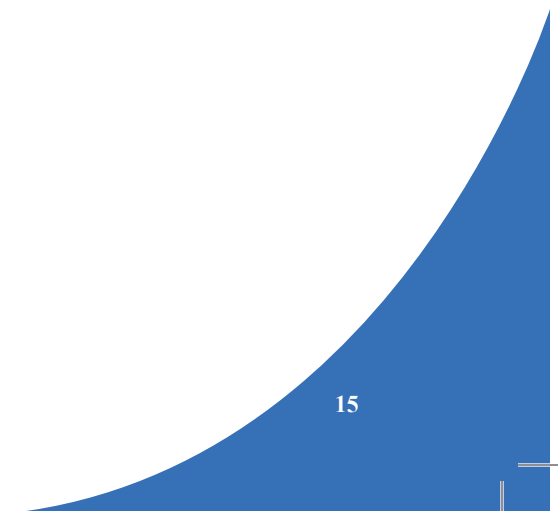
La producción de la energía de la leche (PEL) y la EM pueden ser relacionadas por las siguientes dos ecuaciones:

$$\text{PEL (Kcal/kg}_{0.75}\text{)} = 0.608 \text{ EM (Kcal/Kg}^{0.75}\text{)} - 67.7$$

$$\text{EM (Kcal/kg}^{0.75}\text{)} = 1.547 \text{ PEL (Kcal/Kg}^{0.75}\text{)} + 122.1$$

Además, los requerimientos de mantenimiento de energía a una PEL determinado fueron calculados fijando la EM en cero (0) usando las dos ecuaciones. Los dos valores estimados (-67.77 y -78.9), tuvieron un average de -73.3. Los resultados fueron casi idénticos al valor estimado a la tasa metabólica en ayuno. La denominación K_L es igual a K_M , lo cual finalmente implica el concepto de que la energía para mantenimiento y lactación pueden ser utilizados como un simple valor para lactación en animales lecheros (por ejemplo $EN_m = EN_L$).

La relación entre Nutrientes Digestibles Totales (NDT) y la EN_L fué desarrollada por la NRC (1978) y se ilustra en la próxima ecuación (NRC 1981 y Moe *et al.* 1972):



$$EN_L = 0.0245 \text{ NDT (\% MS)} - 0.12$$

Puede ser importante mostrar el grupo de ecuaciones ofrecidas por la NRC (1989), las cuales indican paso a paso como se obtiene la EN_L (NRC1981 y Moe *et al.* 1972):

$$ED \text{ (Mcal/Kg MS)} = 0.04409 * \text{NDT (\% MS)}$$

$$EM \text{ (Mcal/Kg MS)} = -0.45 + 1.01 ED$$

$$ENm \text{ (Mcal/Kg MS)} = -1.12 + 1.37 EM - 0.138 EM^2 + 0.0105 EM^3$$

$$ENg \text{ (Mcal/Kg MS)} = -1.65 + 1.42 EM - 0.174 EM^2 + 0.0122 EM^3$$

La mayoría de las dietas tuvieron más de 56% de NDT. De acuerdo a esto, la evaluación de forrajes de baja calidad (menos de 50% de NDT) es una extrapolación de los experimentos realizados con dietas de vacas lactantes y los resultados pueden ser riesgosos.

Los requerimientos energéticos para lactación pueden ser predecidos del valor energético de la leche

$$EL \text{ (Mcal/Kg MS)} = 0.009464 \text{ GM} + 0.004900 \text{ SNG} - 0.0564$$

Leyenda: EN_L = Energía neta para lactación, ED = Energía digestible, EM = Energía metabolizable, ENm = Energía neta mantenimiento, EN_G = Energía neta ganancia, EL = Energía/Kg. de leche, GM = Grasa de mantequilla y SNG = Sólidos no grasos.

IV-EVALUACIÓN DE LA ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN (EN_L) BASADA EN EL CONTENIDO DE FIBRA DE LOS ALIMENTOS FORRAJEROS

La calidad de los forrajes depende del contenido de la pared celular (CPC) y sus componentes denominados fibra neutra detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD). Estos dos tipos de fibra han sido estudiados extensivamente, con fines de predecir el valor energético de los forrajes. Esto se refiere al contenido de la relación FND/FAD del forraje o a la respuesta del estado fisiológico del material a utilizar (Van Soest 1982 y Schingoethe *et al.* 1988).

Orskov (1975) indica que la fermentación ruminal puede influenciar la eficiencia de la utilización de energía, ejerciendo efectos en la fermentación (control del exceso de H_2), afectando la utilización de los ácidos grasos volátiles (AGV'S) e influenciando la partición de la energía dietética del animal hospedero.

Las vacas lecheras, las cuales dependen grandemente del concentrado, necesitan mantener una buena capacidad buferizante a nivel ruminal, para así evitar problemas ulteriores en la digestibilidad de las dietas para proveer las cantidades requeridas de energía para lactación. Además, la FND debe de ser ajustada, con fines de que sea parte importante de la dieta y porque necesita estar en una relación con los carbohidratos estructurales y la lignina (Williams *et al.* 1989 y Colucci *et al.* 1989).

Como un predictor energético, la FND posee ciertas deficiencias con alimentos alternos (sub-productos y materiales no convencionales tales como los granos de destilería, semillas de algodón entera, etc.) altos en grasa, cenizas y melazas.

Otra fuente de variación es el masticado/ruminación. Los problemas se inician con el tamaño de partícula. Si los factores de corrección de Van Soest (1982) son utilizados, entonces un buen ajuste y conversión del NDT a EN_L podría ser posible. Grandes reducciones en este sistema son asignados a alimentos con altos niveles de FND y baja lignificación. En adición, alimentos toscos con tamaño de partícula finos, son penalizados grandemente, dada su baja digestión y tasas de pasaje más rápido.

La propuesta de Mertens (1982), para la predicción de la EN_L , indica que la FND puede ser utilizada para definir la energía en ganado lechero por ser una expresión inversa a la EN_L . Los principales constituyentes de la FND (celulosa, hemicelulosa y lignina) son importantes para el *status* fibroso y es directamente proporcional al valor forrajero, el cual es una reflexión del tamaño de partícula y el contenido de la pared celular.

El contenido de la FAD es también utilizado para predecir el valor de la EN_L de los alimentos toscos, pero este no incluye la fracción de la fibra que es digerida en forma lenta (hemicelulosa) y la parte indigestible o lignina. Como resultado, la FAD esta cercanamente relacionada con el NDT en la etapa de consumo de mantenimiento y en cambio la FND se convierte en una opción más segura para calcular la EN_L , ya que mide mejor las reducciones en digestibilidad, volumen de alimento y actividad de masticación.

para calcular la EN_L , ya que mide mejor las reducciones en digestibilidad, volumen de alimento y actividad de masticación.

Los efectos asociativos positivos mencionados por Oliveros *et al.* (1989) y Ferrel (1988), son importantes para obtener la máxima expresión energética y los niveles de fibra en la ración y para reducir el riesgo de que los animales no consuman un alto contenido de una ración, cuando son alimentados con niveles excesivos de granos. Los resultados de los estudios de Mertens (1982) indican un óptimo de 34 a 38 % de FND para vacas en un nivel de producción alrededor de 16-24 kilogramos de leche corregida por grasa (FCM).

Es muy importante incluir 75% de FND de forraje tosco picado en dietas de ganado lechero para mantener mejores estimados de la EN_L de la FND. Al llevar a cabo un experimento, la FND varió inversamente con la producción de leche, porque la FND varia inversamente con la EN_L en los alimentos (Coppock 1987).

La ecuación sumativa para predecir la EN_L fue desarrollada por Conrad *et al.* (1984), tomando en cuenta los componentes del contenido y la pared celular. Fue importante obtener la composición química, máximos eficientes de digestibilidad y tres veces el mantenimiento de los componentes celulares para calcular esta ecuación. La relación de la superficie de los componentes celulares (FND y Lignina) fue también incluido.

ECUACION SUMATIVA:

$$EN_L = 2.28 ((0.93 + F + 0.92 (1-A-P-NDF) + 0.75 (NDF-L) (1-L^{2/3} / NDF)^{2/3})) - 0.10$$

(P = PROTEINAS, F = LIPIDOS, A= CENIZAS Y L = LIGNINA).

Uno de los últimos puntos que debe de ser mencionado es la digestibilidad. Esta debe de ser el punto inicial para medir la EN_L , porque cuando los alimentos tienen diferentes digestibilidades, consecuentemente poseen diferentes valores energéticos. Sin embargo, la medición de esta por regresión parcial puede ser obtenida con una mejor estimación cuando utilizamos el consumo de alimento comparado con mantenimiento (Moe *et al.* 1972).

A través del tiempo se han buscado métodos más precisos para obtener datos sobre la energía de los alimentos. Por ejemplo Morrison (S/F) en la Universidad de Cornell planteó el sistema de Energía Neta Estimada (ENE), el cual expresa esta en Mcal/100 libras, como una manera de mejorar la seguridad y cuya formula es la siguiente:

$$ENE \text{ (Mcal/100 lbs M.S.)} = (1.393 \text{ NDT}) - (34.63).$$

Donde M.S. = materia seca y NDT = nutrientes digestibles totales.

Flatt *et al.* (S/F) en Beltsville, Maryland, desarrollaron el sistema de Energía Neta de Lactancia (EN_L), el cual se basa en la valoración de los valores energéticos por cálculos de la calorimetría indirecta y en los requerimientos totales de energía de la vaca en producción. Los detalles se presentan a continuación:

CONCEPTOS PARA CALCULAR LA EN_L :

- Una vaca en lactancia utiliza la EM de las reservas corporales en leche con una eficiencia de 82-84%
- Una vaca en lactancia convierte la EM del alimento directamente en leche con una eficiencia de 64-65%.

- Una vaca en lactancia convierte la EM del alimento en reservas corporales con una eficiencia de 72-75%.
- Una vaca seca convierte la EM del alimento en reservas corporales con una eficiencia de 58-60%.
- La eficiencia de utilización de la EM del alimento para mantenimiento de una vaca es de 60-70%.

El Sistema de Nutrientes Digestibles Totales (NDT), fue el método mas utilizado en los Estados Unidos de América y a pesar de que es un concepto basado en digestibilidad, se ha utilizado como una medida energética.

FÓRMULA:

$$\text{NDT (\%)} = \frac{\text{DPC} + \text{DFC} + (\text{DEE} \times 2.25) + \text{DELN}}{\text{Kg. de MS}}$$

DPC= Digestibilidad de proteína cruda, DFC= Digestibilidad de la fibra cruda,

DEE= Digestibilidad del extracto etéreo y DELN =Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno.

El obstáculo en el caso del sistema de NDT, es que no toma en cuenta las perdidas energéticas que generalmente se ocasionan por la orina, gases y el incremento calórico.

Este paso previo para la determinación del NDT, conlleva al proceso de la determinación de la *Energía Neta de Lactancia*. A partir de esta etapa se pueden desarrollar las siguientes ecuaciones:

ECUACIÓN DE NDT DE INGREDIENTES:

$$\text{NDT (\% MS)} = 1.15 \text{ PC\%} + 1.75 \text{ EE\%} + 0.45 \text{ FC\%} + 0.0085 \text{ ELN}^2 + 0.25 \text{ ELN\%} - 3.4$$

ECUACIÓN DE NDT PARA PASTOS Y LEGUMINOSAS:

$$\text{NDT (\%MS)} = 81.86\% - 0.857(\text{ FAD\%, MS})$$

NOTA: FAD = Fibra Ácido Detergente.

ECUACIÓN DE NDT PARA ENSILAJES DE MAÍZ Y SORGO:

$$\text{NDT (\%MS)} = 75.96\% - 0.85/0.125 - ((0.00209) (\text{FAD\%, MS}))$$

NOTA: FAD = Fibra Ácido Detergente.

ECUACIÓN DE ENERGÍA NETA PARA LACTACIÓN:

$$\text{EN}_L (\text{Mcal/Kg.}) = (0.0245 \text{ NDT}) - 0.12$$

ECUACIÓN DE ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO:

$$\text{EN}_M (\text{Mcal/Kg.}) = (0.029\text{NDT}) - 0.29$$

ECUACIÓN DE ENERGÍA NETA PARA GANANCIA DE PESO:

$$\text{EN}_G (\text{Mcal/Kg.}) = (0.0207\text{NDT}) - 0.5$$

En algunos lugares, se utilizan metodologías que difieren cuando son comparadas con las del Continente Americano, para conocer el valor energético de los ingredientes. Para el caso de Inglaterra y otras partes de Europa, los términos energéticos utilizados están basados en la medida de Joules (1 Kcal = 4.184 Kj).

MacDonald *et al.* (2002), indican que la precisión de cualquier sistema energético, depende de la seguridad de la estimación del valor energético con que una dieta o ingrediente pueda ser calculado. Se indica que el valor energético de un ensilaje de gramíneas puede variar en niveles de 8 a 12 MJ/Kg., dependiendo del tipo de gramínea utilizada o del proceso de preparación del ensilaje. Ellos presentan un ejemplo de la predicción de la energía metabolizable (EM) de ensilajes, tomando como referencia el contenido de la Fibra Acido Detergente Modificada (FADM, g/Kg. MS).

$$EM \text{ (MJ/Kg. MS)} = 15.33 - 0.0152 \text{ FADM}$$

También se presenta otra alternativa para determinar la digestibilidad de los ingredientes por la fermentación *in vitro* y la predicción del valor de la EM para forrajes en rumiantes, tomando como base la materia orgánica digestible de los ingredientes. La formula es la siguiente:

$$EM \text{ (MJ/Kg. MS)} = 0.016 \text{ MODI}$$

Nota: MODI = Grms de materia orgánica digestible del ingrediente / kg de MS.

McDonald *et al.* (2002), indican que en el Reino Unido se utilizan las siguientes ecuaciones para predecir el contenido energético de los alimentos compuestos para pollos, cerdos y rumiantes.

ECUACIÓN FORMULAS POLLOS:

$$EM \text{ (MJ/Kg. alimento)} = 0.01551 \text{ PC} + 0.03431 \text{ OIL} + 0.01169 \text{ STA} + 0.01301 \text{ SUG}$$

Esta ecuación asigna lógicamente factores derivados por cada constituyente del ingrediente.

ECUACIÓN FORMULAS CERDOS:

$$EM \text{ (MJ/Kg. MS)} = 0.018 \text{ PC} + 0.0315 \text{ OIL} + 0.0163 \text{ ELN} - 0.0149 \text{ FC}$$

Esta ecuación esta basada en estudios europeos compilados por la Asociación Europea de Producción Animal y toma en cuenta la fibra cruda en vez de la FND.

$$ED \text{ (MJ/Kg. MS)} = 17.47 + 0.0079 \text{ PC} + 0.0158 \text{ OIL} - 0.031 \text{ ASH} - 0.0140 \text{ FND}$$

Esta ecuación se inicia con un valor constante y continua ajustando hacia arriba con los valores de proteína y grasa y hacia abajo con los valores de ceniza y fibra.

ECUACIÓN FORMULAS RUMIANTES:

$$EM \text{ (MJ/Kg. MS)} = 0.014 \text{ DIGY} + 0.025 \text{ OIL}$$

Esta ecuación está basada mayormente en aspectos biológicos en vez de químicos y evaluación de alimentos, que incluye ajustes por grasa.

NOTA: EM = energía metabolizable, ED = energía digestible, PC= Proteína cruda,

FC= Fibra Cruda, OIL = Lípidos extraídos con solvente orgánico después de hidrólisis con ácidos, STA= Almidón, SUG = Azúcares totales expresados como

sacarosa, FND = Fibra neutro detergente determinada por el método que incluye tratamiento con amilasa para remover almidón y DIGY = Digestibilidad estimada en el laboratorio por el tratamiento e incubación de la FND con enzimas celulasas y gamanasa.

V-CONCLUSIONES

De acuerdo a la discusión presentada en este manuscrito, se puede concluir que si se estudia el contenido, se estaría en capacidad de dar respuesta a la mayoría de los problemas que se encuentran frecuentemente en el campo de alimentación animal, para poder determinar con un mínimo de exactitud, los valores energéticos de muchos de los ingredientes utilizados para la alimentación animal.

Este tipo de documento es importante para los países tropicales, en razón de que al no contarse con un sistema de evaluación profundo de la composición energética de mucho de los productos y sub-productos agroindustriales y de cosecha, se hace difícil diseñar sistemas de alimentación que satisfagan las necesidades con la exactitud requerida para cumplir con los programas establecidos de producción de carne y leche que se manejen.

Esperamos que estas informaciones sirvan de ayuda a los técnicos y productores para que así puedan conocer en valores energéticos de ingredientes y alimento en el campo de la nutrición animal, para que esto les permita ser más eficientes en el campo de la producción animal.

VI-REFERENCIAS

- Bassi, Tabaré. 2006. **Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes** (en línea). Cátedra de manejo de pasturas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Lomas de Zamora, AR. Consultado el 27 de abril 2007. Disponible en <http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm>
- Colucci, P.; McLeod, G.; Grovum, W.; Cachill, L.; McMillan, I. 1989. Comparative digestion in sheep and cattle fed different forage to concentrate ratios at high and low intakes. *J. Dairy Sci.* 72:1774-1785.
- Coppock, C. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy Cows from alternate feed sources. *J. Dairy Sci.* 70:1110-1119.
- Ferrell, C. 1988. Energy metabolism. The ruminant animal. *Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice Hall, NJ. 564 p.
- Flatt, D.; Moe, R.; Tyrrell, T. S/F. Bestville Experimental Station. Agriculture Department. Bestville, Maryland. U.S.A.
- Garrett, W.; Johnson, D. 1983. Nutritional Energetics of Ruminants. *J. Animal Sci.* 55: 478-497.
- Knox, K.; Handley, T. 1973. The California Net Energy System: Theory and Application. *J. Animal Sci.* 37:190-199.
- Kromann, R. 1973. Evaluation of net energy systems. *J. of Animal Science* 37: 201-212.
- Lofgreen, G.; Garrett, W. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Animal Sci.* 27: 793-806.
- Moe, P.; Tyrrell, H. 1973. The rationale of various energy systems for ruminants. *J. Animal Sci.* 37: 183-189.
- Moe, P.; Flatt, W.; Tyrrell, T. 1972. Net energy value of feeds for lactation. *J. Dairy Sci.* 55: 945-957.
- NRC (National Research Council, US). 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth ed. National Academy of Science Press. Washington, DC.

- NRC (National Research Council, US). 1981. Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms. 2nd ed. National Academy Press. Washington, DC.
- McDonald, P.; Edwards, R.; Greenhalgh, J.; Morgan, C. 2002. Animal nutrition. Pearson. Prentice Hall. 6th Edition Harlow. Cornell University. New York. US.
- Oliveros, B.; Klopfestein, T.; Goedeken, F.; Nelson, M.; Hawkins, E. 1989. Corn fiber as an energy supplement in high-roughage diets fed to steer and lambs. J. Animal Sci. 67: 1784-1792.
- Orskov, E. R. 1975. Manipulation of rumen fermentation for maximum food utilization. World Review Nutrition and Diet. 22: 152-182.
- Osuji, P.O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. J. Range Management 27:437-443.
- Schingoethe, D.; Byers, F.; Schelling, G. 1988. Nutrient needs during critical periods of the life cycle. The Ruminant Animal. Prentice Hall. New Jersey, US.
- Van Soest, P. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O&B Webster, A.J.F. Prediction of the energy requirement for growth in beef cattle. World Rev. Nutr. Diet. 30:189-226.
- Webster, A. 1979. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 2 2nd. ed. O&B Books, Inc. Oregon, US.
- Williams, C.; Oltenacu, P.; Sniffen, C. 1989. Application of neutral detergent fiber in modeling feed intake, lactation response and body weight changes in dairy cattle. J. Dairy Sci. 72: 652-663.



**Instituto Dominicano de Investigaciones
Agropecuarias y Forestales**

Calle Rafael Sánchez # 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo
Domingo, República Dominicana

Tel.: 809-567-8999 / Fax:: 809-567-9199

www.idiaf.org.do

idiaf@idiaf.org.do

Centro de Producción Animal

Km 24, Pedro Brand, Santo Domingo Oeste,
República Dominicana

Tel.: 809-559-8763 / Fax: 809-559-8770

E-mail: panimal@idiaf.org.do