

NOTA TÉCNICA

ESTIMACIÓN LINEAL DE LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL NRC PARA GANADO DE LECHE¹Jorge Elizondo²

RESUMEN

Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para ganado de leche. Se determinaron ecuaciones de regresión lineal para calcular en forma directa los requerimientos nutricionales del ganado de leche (TND, ED, EM, ENL, PC, Ca, P, Vitamina A y Vitamina D) en diferentes etapas fisiológicas: mantenimiento, gestación y producción del ganado de leche. Se utilizó como base la tabla de requerimientos nutricionales del NRC. En todas las ecuaciones se calculó el coeficiente de determinación para conocer el grado de ajuste.

ABSTRACT

Nutrient requirements of dairy cattle. Linear regression equations have been obtained to directly calculate nutrient requirements of dairy cattle (TDN, DE, ME, NEL, CP, Ca, P, Vitamin A and Vitamin D) on different physiological stages: maintenance, pregnancy and milk production based on NRC nutrient requirements tables. The R-square was calculated for each equation to establish the degree of adjustment.



INTRODUCCIÓN

El ganado bovino posee entre sus características el convertir, en productos de alta calidad nutritiva, materiales que no pueden ser aprovechados por el hombre ni por otros animales monogástricos (Maynard *et al.* 1981). Sin embargo, no por esta razón debemos alimentarlos deficientemente, pues tienen que satisfacer una serie de requerimientos nutricionales para poder vivir y producir. Según Holmes y Wilson (1987), la cantidad de nutrimentos requeridos por el animal depende de: peso corporal, tasa de crecimiento, nivel de producción, gestación, actividad diaria. La meta de la alimentación de los bovinos debe dirigirse en lo posible a proporcionar los nutrimentos para que el animal llene todas sus necesidades (Wiktorsson 1983, Orskov 1990).

Dichas necesidades se han estimado a través de diversas investigaciones, las cuales a su vez han contribuido a la elaboración de las tablas de requerimientos de nutrientes del NRC (National Research Council).

Con base en estas tablas se calculan los requerimientos para producción, gestación y mantenimiento. Los nutricionistas las emplean para el cálculo de dietas completas, empleando para ello dos herramientas básicas; el cálculo manual y más recientemente el uso de paquetes de cómputo. De cualquier forma que se utilicen, presentan el inconveniente de que hay que estar interpolando entre los valores establecidos en las tablas, pues en ellas se presentan solamente determinados rangos. Además, las operaciones de cálculo manual son tediosas y con frecuencia ocurren errores sistémicos. En cuanto al uso de computadoras se debe eliminar toda posibilidad de introducción de errores. Por estas razones es necesario emplear un modelo simple de cálculo que permita establecer de manera sencilla los requerimientos nutricionales del ganado lechero.

Con este propósito, el presente trabajo tiene el objetivo de transformar los valores de las tablas en modelos de cálculo fácilmente programables, permitiendo una mayor versatilidad y facilidad de uso.

¹ Recibido para publicación el 23 de abril del 2001. Parte del proyecto "Germoplasma forrajero", inscrito con el número 737-97-006 en la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Tel: (506) 279-5840/279-5850. E-mail: jaelizon@cariari.ucr.ac.cr.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron los valores de requerimientos nutricionales de las tablas del NRC (1989) y se empleó la misma estructura de cálculos de requerimientos expuestos en ellas. Se tomaron los valores de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (ENL) en megacalorías. El Total de nutrientes digestibles (TND), la proteína cruda (PC), los valores de calcio (Ca) y fósforo (P) en gramos. Los valores de vitamina A y vitamina D se expresan en unidades internacionales (UI).

El modelo usado es una regresión lineal (Steel y Torrie 1988) donde la variable independiente será el peso vivo del animal en un rango de 400 a 800 kilogramos de peso vivo y el porcentaje de grasa en la leche en un rango de 3,0 a 5,5 %.

Para el cálculo de los requerimientos de mantenimiento y gestación se empleó el peso vivo del animal en kilogramos y para el cálculo de los requerimientos de cada litro de leche se utilizó el porcentaje de grasa.

En todas las ecuaciones se calculó el coeficiente de determinación para conocer el grado de ajuste. Se empleó el paquete estadístico Statistix para Windows versión 2 (Analytical software 1998). Con base en el modelo expuesto se calculó una ecuación para cada uno de las variables TND, ED, EM, ENL, PC, Ca, P, Vitamina A y Vitamina D en cada etapa fisiológica, a saber: mantenimiento, gestación y producción de leche.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Requerimientos para mantenimiento

Las ecuaciones de predicción de la energía de mantenimiento estimadas, dependiendo del peso vivo (PV) del animal, son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{TND (Kg)} &= 1,0273 + 0,0053 \text{ PV} \\ \text{ED (Mcal)} &= 4,5356 + 0,0235 \text{ PV} \\ \text{EM (Mcal)} &= 3,9389 + 0,0205 \text{ PV} \\ \text{ENL (Mcal)} &= 2,3578 + 0,0122 \text{ PV} \end{aligned}$$

Puede notarse a partir de las ecuaciones como la energía de mantenimiento se incrementa a razón de 0,0053 gramos de TND y de 0,0235; 0,0205 y 0,0122 megacalorías de ED, EM y ENL respectivamente por cada kilogramo de aumento en el peso vivo del animal.

En la Figura 1 se aprecia la similitud entre los valores indicados en las tablas del NRC y las curvas des-

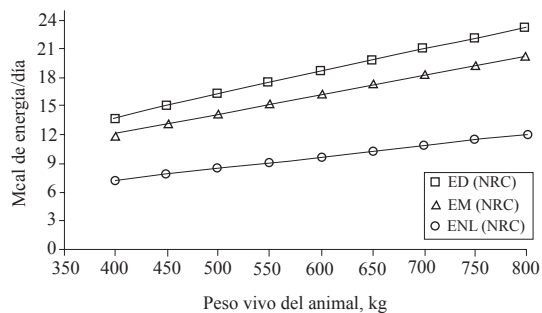


Figura 1. Requerimientos de energía para mantenimiento de ganado de leche. Cartago, Costa Rica, 2001.

critas por las ecuaciones obtenidas. El grado de ajuste encontrado fue superior al 99,9 %.

La ecuación de predicción de la proteína cruda es:

$$\text{PC (g)} = 152,11 + 0,4217 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,9988)$$

Nótese en este caso como los requerimientos de proteína cruda para mantenimiento se incrementan a razón de 0,42 gramos por cada kilogramo de peso vivo adicional.

La curva descrita por la ecuación se muestra en la Figura 2 junto con los valores de requerimientos de proteína cruda para mantenimiento indicados en las tablas del NRC.

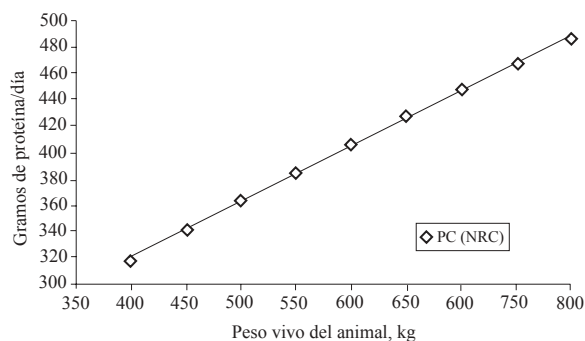


Figura 2. Requerimientos de proteína para mantenimiento de ganado de leche. Cartago, Costa Rica, 2001.

Las ecuaciones de predicción de minerales y vitaminas son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Ca (g)} &= 0,04 \text{ PV} & (R^2 = 1,0) \\ \text{P (g)} &= 0,2889 + 0,029 \text{ PV} & (R^2 = 0,994) \end{aligned}$$

$$\text{Vit. A (U.I.)} = 4444,44 + 76,667 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\text{Vit. D (U.I.)} = 222,22 + 30,0 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,996)$$

Requerimientos para mantenimiento y gestación

Las ecuaciones de predicción de la energía para mantenimiento de vacas secas en los dos últimos meses de gestación se detallan a continuación:

$$\text{TND (Kg)} = 1,3578 + 0,00707 \text{ PV}$$

$$\text{ED (Mcal)} = 5,9896 + 0,031 \text{ PV}$$

$$\text{EM (Mcal)} = 5,0169 + 0,0260 \text{ PV}$$

$$\text{ENL (Mcal)} = 2,958 + 0,0161 \text{ PV}$$

La ecuación de predicción de la proteína cruda es:

$$\text{PC (g)} = 292,76 + 1,5147 \text{ PV}$$

Las Figuras 3 y 4 muestran los requerimientos de energía y proteína respectivamente para mantenimiento y últimos dos meses de gestación (vacas secas), considerando los valores indicados en las tablas del NRC y las curvas descritas por las ecuaciones obtenidas. En ambos casos el grado de ajuste encontrado fue superior al 99,6 %. Nótese a partir de las ecuaciones descritas, como los requerimientos de energía se incrementan a razón de 0,007 gramos de TND y de 0,031; 0,026 y 0,016 Mcal de ED, EM y ENL respectivamente por cada kilogramo de peso vivo (PV), en tanto que los requerimientos de proteína cruda se incrementan a razón de 1,51 gramos.

Las ecuaciones de predicción de minerales y vitaminas son las siguientes:

$$\text{Ca (g)} = 0,066 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\text{P (g)} = 0,04 \text{ PV} \quad (R^2 = 1,0)$$

$$\text{Vit. A (U.I.)} = 444,44 + 76,667 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\text{Vit. D (U.I.)} = 222,22 + 30 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,996)$$

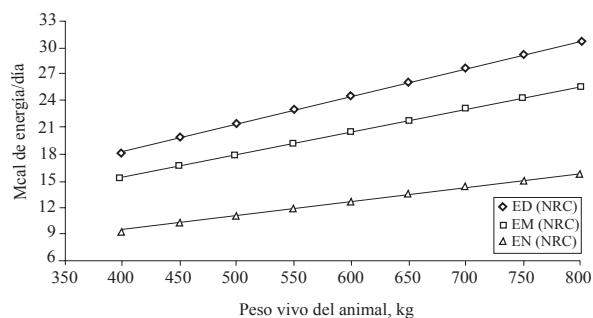


Figura 3. Requerimientos de energía para mantenimiento y gestación de ganado de leche. Cartago, Costa Rica, 2001.

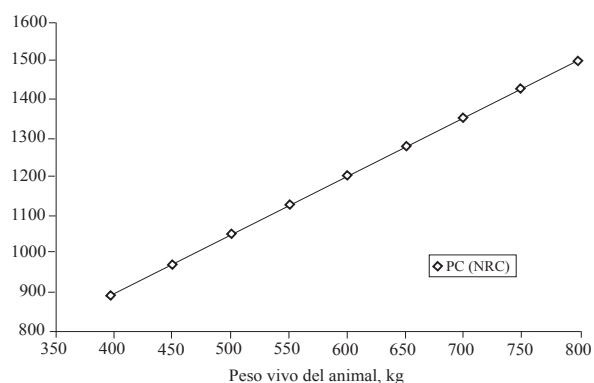


Figura 4. Requerimientos de proteína para mantenimiento y gestación de ganado de leche. Cartago, Costa Rica, 2001.

Requerimientos para producción de leche

Adicionalmente a los requerimientos de mantenimiento y gestación hubo que considerar las necesidades nutricionales para producción láctea. Para calcular dichos requerimientos por kilogramo de leche producida, considerando diferentes porcentajes de grasa (%G), se utilizan las siguientes ecuaciones de predicción:

$$\text{TND (Kg)} = 0,1539 + 0,042 \%G \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\text{ED (Mcal)} = 0,6701 + 0,1874 \%G \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\text{EM (Mcal)} = 0,5772 + 0,1646 \%G \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\text{ENL (Mcal)} = 0,3569 + 0,0949 \%G \quad (R^2 = 1)$$

A partir de la información obtenida, se destaca que los requerimientos de TND se incrementan a razón de 0,042 gramos por cada punto porcentual de grasa en la leche, mientras que los de ED, EM y EN se incrementan a razón de 0,1874; 0,1646 y 0,0949 Mcal respectivamente (Figura 5).

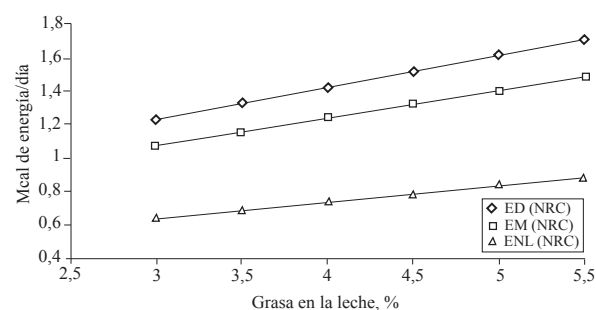


Figura 5. Requerimientos de energía para producción láctea de ganado de leche. Cartago, Costa Rica, 2001.

La ecuación de predicción de la proteína cruda es:

$$PC (g) = 43,610 + 11,543 \%G \quad (R^2 = 0,999)$$

En cuanto a los requerimientos de proteína cruda, notamos que las necesidades se incrementan a razón de 11,54 gramos por cada punto porcentual de grasa (Figura 6).

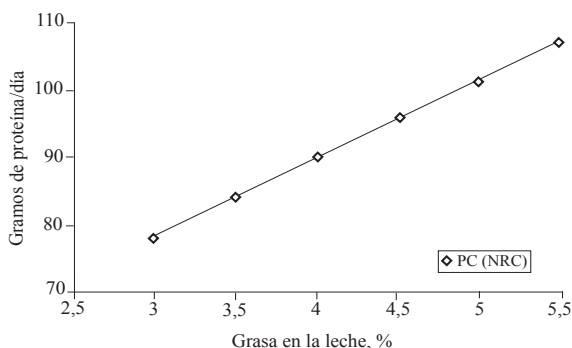


Figura 6. Requerimientos de proteína para producción láctea de ganado de leche. Cartago, Costa Rica, 2001.

Las ecuaciones de predicción de minerales son las siguientes:

$$Ca (g) = 1,29 + 0,48 \%G \quad (R^2 = 0,999)$$

$$P (g) = 0,7912 + 0,2966 \%G \quad (R^2 = 0,999)$$

Puede observarse en todas las ecuaciones obtenidas como el coeficiente de determinación es bastante alto, con valores superiores a 0,99.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las ecuaciones de regresión calculadas permiten estimar los requerimientos nutricionales del ganado de leche con una alta confiabilidad.

El empleo de estas ecuaciones permitirá efectuar cálculos de requerimientos en distintas etapas de los animales en forma individualizada.

Los requerimientos de un animal en producción podrían calcularse de la siguiente manera:

Ecuación de predicción de requerimientos de mantenimiento + Ecuación de predicción de requerimientos de producción de leche x litros de leche que produce cada animal.

LITERATURA CITADA

- ANALYTICAL SOFTWARE. 1998. Statistix for Windows: User's manual. Florida, U.S.A. 333 p.
- HOLMES, C; WILSON, G. 1987. Milk production from pasture. New Zeland. Butter Worths. 319 p.
- MAYNARD, L.; LOOSLI, J.; HINTZ, H.; WARNER, R. 1981. Nutrición animal. 4ta edición. México, McGraw-Hill. 640 p.
- NRC (National Research Council). 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.
- ORSKOV, E. 1990. Nutrición de los rumiantes: principios y prácticas. Zaragoza, España. Ed. Acribia. 199 p.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. México. McGraw Hill. 633 p.
- WIKTORSSON, H. 1983. Plano general de nutrición para vacas lecheras. *In*: Broster, W.; Swan, H. eds. Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. p 109-125.