

## NOTA TÉCNICA

# ESTIMACIÓN LINEAL DE LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL NRC PARA CABRAS<sup>1</sup>

Jorge Elizondo<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para cabras.** Se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal para calcular los requerimientos nutricionales de las cabras (TND, ED, EM, EN, PC, PD, Ca, P, Vitamina A y Vitamina D) en diferentes etapas fisiológicas: mantenimiento, crecimiento y producción de leche, se utiliza como base las tablas 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 goats.** Linear regression equations have been obtained to calculate nutrient requirements of goats (TDN, DE, ME, NE, TP, DP, Ca, P, Vitamin A and Vitamin D) on different physiological stages: maintenance, growth and milk production, based on NRC nutrient requirements tables. The R-square was calculated for each equation to establish the degree of adjustment.



### INTRODUCCIÓN

Las explotaciones caprinas han jugado un papel muy importante en muchas culturas del mundo y en los últimos años, su población se ha visto aumentada debido a una creciente e importante demanda de alimentos ricos en proteína, consecuencia del crecimiento de la población humana y de una mayor exigencia en la calidad de los productos animales que consume (Devendra y McLeroy 1982). Dicha demanda ha sido en parte satisfecha con caprinos gracias a su condición de rumiantes, son capaces de procesar forrajes y residuos de cosechas no aptos para consumo humano, convirtiéndolos en alimentos de alta calidad nutricional.

La crianza y explotación de cabras es una actividad que incrementa la producción de proteínas de alto valor biológico por medio de su carne y leche, y además puede ser una fuente de ingresos para muchas familias (French 1975, Gall 1981), ofreciendo una serie de ven-

tajas: como una baja inversión de capital, poco espacio, capacidad reproductiva alta y son de fácil manejo (Gall 1981).

Es reconocido por muchos la rusticidad y la fácil adaptación de estos pequeños rumiantes a diferentes climas, superficies de tierra y tipos de manejo (Devendra y Burns 1970, French 1975, Gall 1981) sin embargo, con la apertura de los mercados y la globalización mundial, cualquier actividad productiva debe ser manejada eficientemente y la explotación caprina no escapa a esta exigencia.

Por lo tanto, para tener éxito, se debe, entre otras cosas, satisfacer al máximo los requerimientos nutricionales de los animales. Por esta razón muchas investigaciones han contribuido a la elaboración de las tablas de requerimientos de nutrientes del NRC (National Research Council). Con base en dichas tablas se calculan los requerimientos para ganancia de peso, producción láctea,

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 19 de marzo de 2002. Inscrito en Vicerrectoría de Investigación, proyecto No. 737-98-005.

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. E-mail: jaelizon@cariari.ucr.ac.cr

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 programas especializados. De cualquier forma que se utilicen, presentan el inconveniente de que hay que estar interpolando entre los valores establecidos en la tabla, 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 un paquete computacional se debe eliminar toda posible introducción de errores. Por estas razones es necesario emplear un modelo simple de cálculo que permita establecer los requerimientos de las cabras.

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.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron los valores de requerimientos nutricionales de las tablas del NRC (1981) 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 (EN) en megacalorías. El Total de Nutrientes Digestibles (TND), la Proteína Cruda (PC), la Proteína Digestible (PD), 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 donde la variable independiente será el peso vivo del animal en un rango de 10 a 100 kilogramos, el porcentaje de grasa en la leche en un rango de 2,5 a 6,0% y la ganancia de peso diaria en un rango de 50 a 150 gramos.

Para el cálculo de los requerimientos de mantenimiento se empleó el peso vivo del animal en kilogramos, para la ganancia de peso diario el incremento de peso en gramos por día y para el cálculo de los requerimientos de lactación se utilizó el porcentaje de grasa en la leche. Para los requerimientos de gestación, se tomaron los valores constantes mostrados en la tabla, los cuales se emplean en cabras en los dos últimos meses de gestación.

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, EN, PC, PD, Ca, P, Vitamina A y Vitamina D en cada etapa fisiológica, a saber: mantenimiento, crecimiento 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:

$$\begin{aligned} \text{TND (g)} &= 111,6 + 8,0164 \text{ PV} \\ \text{ED (Mcal)} &= 0,4927 + 0,0353 \text{ PV} \\ \text{EM (Mcal)} &= 0,4000 + 0,0289 \text{ PV} \\ \text{EN (Mcal)} &= 0,2240 + 0,0163 \text{ PV} \end{aligned}$$

Puede notarse a partir de las ecuaciones como la energía de mantenimiento se incrementó a razón de 8,01 gramos de TND y de 0,035, 0,029 y 0,016 megacalorías de ED, EM y EN respectivamente por cada kilogramo de aumento en el peso vivo del animal.

En la Figura 1 se aprecia la variación entre los valores reportados en las tablas del NRC y las curvas descritas por las ecuaciones obtenidas. El grado de ajuste encontrado fue superior al 99,5%.

Las ecuaciones de predicción de la proteína son:

$$\begin{aligned} \text{PC (g)} &= 15,667 + 1,1315 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,995) \\ \text{PD (g)} &= 10,600 + 0,7782 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,995) \end{aligned}$$

Nótese en este caso como los requerimientos de proteína para mantenimiento se incrementan a razón de 1,13 y 0,78 gramos de PC y PD respectivamente por cada kilogramo de peso vivo adicional.

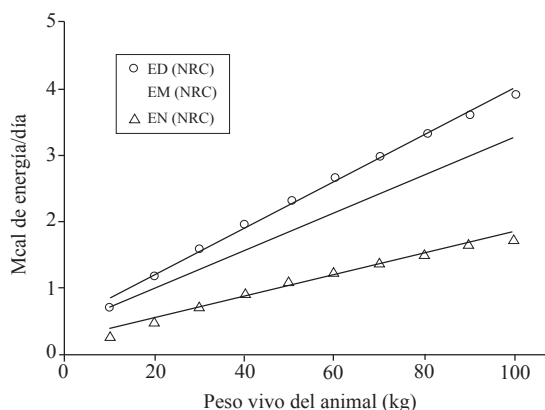
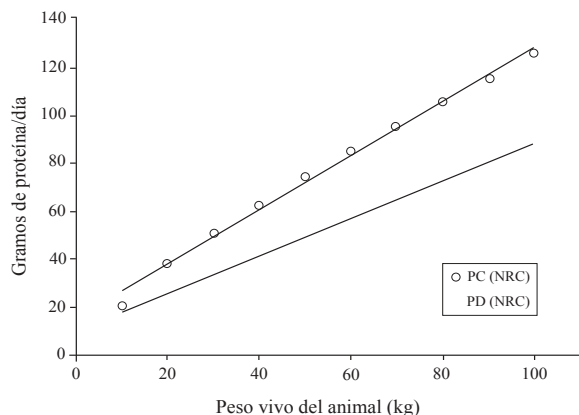


Figura 1. Requerimientos de energía para mantenimiento.

Las curvas de ambas ecuaciones se muestran en la Figura 2 junto con los valores de requerimientos de proteína para mantenimiento reportados en las tablas del NRC.



**Figura 2.** Requerimientos de proteína para mantenimiento.

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

$$\begin{aligned} \text{Ca (g)} &= 0,4667 + 0,0442 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,995) \\ \text{P (g)} &= 0,3267 + 0,0310 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,995) \\ \text{Vit. A (UI)} &= 260 + 21,8 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,996) \\ \text{Vit. D (UI)} &= 59.600 + 4,3327 \text{ PV} \quad (R^2 = 0,994) \end{aligned}$$

### Requerimientos adicionales

Además de los requerimientos de mantenimiento hay que considerar las necesidades nutricionales para gestación, crecimiento y producción láctea.

### Requerimientos para gestación

En el Cuadro 1 se muestran los requerimientos nutricionales adicionales para los dos últimos meses de gestación.

**Cuadro 1.** Requerimientos adicionales para gestación (hembras de todos los tamaños).

TND (gr)	ED (Mcal)	EM (Mcal)	EN (Mcal)	PC (gr)	PD (gr)	Ca (gr)	P (gr)	Vit. A UI	Vit. D UI
397	1,74	1,42	0,8	82	57	2	1,4	1100	213

### Requerimientos para crecimiento

Las ecuaciones de predicción de la energía para crecimiento estimadas se detallan a continuación:

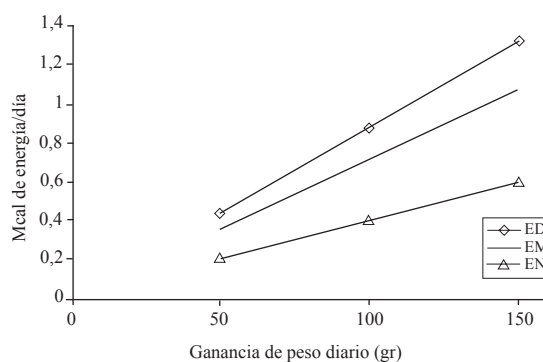
$$\begin{aligned} \text{TDN (g)} &= 0,0 + 2,0 \text{ GPD} \\ \text{ED (Mcal)} &= 0,0 + 0,0088 \text{ GPD} \\ \text{EM (Mcal)} &= 0,0 + 0,0072 \text{ GPD} \\ \text{EN (Mcal)} &= 0,0 + 0,004 \text{ GPD} \end{aligned}$$

Las ecuaciones de predicción de la proteína para crecimiento son:

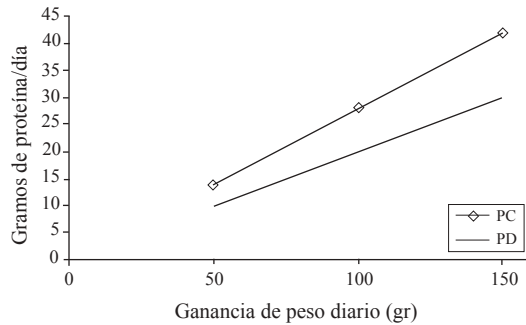
$$\begin{aligned} \text{PC (g)} &= 0,0 + 0,28 \text{ GPD} \\ \text{PD (g)} &= 0,0 + 0,2 \text{ GPD} \end{aligned}$$

Las Figuras 3 y 4 muestran la relación de la ganancia de peso diaria con respecto a las necesidades de energía y proteína respectivamente. En ambos casos el grado de ajuste encontrado fue del 100%.

Nótese a partir de las ecuaciones descritas, como los requerimientos de energía se incrementaron a razón de 2,0 gramos de TND y de 0,0088, 0,0072 y 0,004 Mcal de ED, EM y EN respectivamente por cada gramo de ganancia de peso diaria, en tanto que los requerimientos de proteína se incrementaron a razón de 0,28 y 0,20 gramos de PC y PD respectivamente.



**Figura 3.** Requerimientos de energía para crecimiento.



**Figura 4.** Requerimientos de proteína para crecimiento.

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

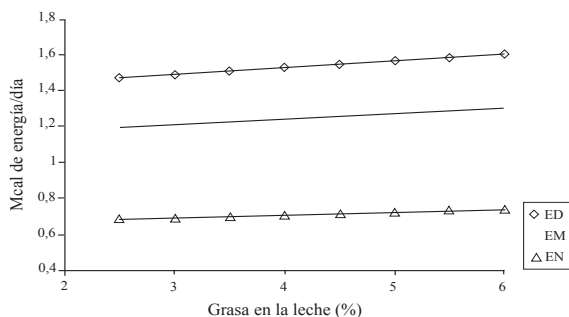
$$\begin{aligned} \text{Ca (g)} &= 0,3333 + 0,01 \text{ GPD} \quad (R^2 = 0,75) \\ \text{P (g)} &= 0,2333 + 0,007 \text{ GPD} \quad (R^2 = 0,75) \\ \text{Vit. A (UI)} &= 33,333 + 5 \text{ GPD} \quad (R^2 = 0,987) \\ \text{Vit. D (UI)} &= 0,0 + 1,08 \text{ GPD} \quad (R^2 = 1) \end{aligned}$$

#### Requerimientos para producción de leche

Las ecuaciones de predicción de la energía por kilogramo de leche producida considerando el porcentaje de grasa (%G) son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{TDN (g)} &= 309,69 + 9,1905 \%G \quad (R^2 = 0,999) \\ \text{ED (Mcal)} &= 1,37 + 0,04 \%G \quad (R^2 = 1) \\ \text{EM (Mcal)} &= 1,1192 + 0,0317 \%G \quad (R^2 = 0,994) \\ \text{EN (Mcal)} &= 0,6283 + 0,0183 \%G \quad (R^2 = 0,984) \end{aligned}$$

Para el caso de los requerimientos de energía por cada kilogramo de leche producida, debe considerarse el porcentaje de grasa. A partir de la información obtenida, se destaca que los requerimientos de TND se incrementan a razón de 9,19 gramos por cada punto porcentual de grasa en la leche, mientras que los de ED, EM y EN se incrementan a razón de 0,04, 0,03 y 0,02 Mcal respectivamente (Figura 5).

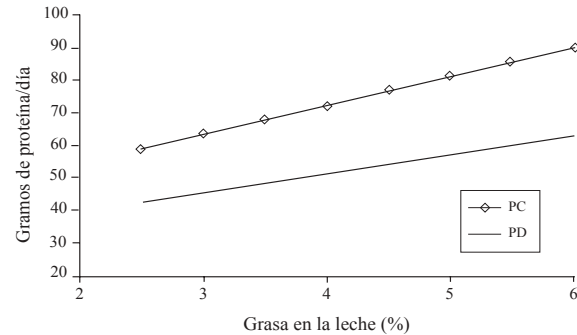


**Figura 5.** Requerimientos de energía para producción.

Las ecuaciones de predicción de la proteína son:

$$\begin{aligned} \text{PC (g)} &= 36,905 + 8,9048 \%G \quad (R^2 = 0,999) \\ \text{PD (g)} &= 27,0 + 6,0 \%G \quad (R^2 = 1) \end{aligned}$$

En cuanto a los requerimientos de proteína, las necesidades de PD y PC se incrementan a razón de 8,9 y seis gramos respectivamente por cada punto porcentual de grasa en la leche (Figura 6).



**Figura 6.** Requerimientos de proteína para producción.

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

$$\begin{aligned} \text{Ca (g)} &= 1,1071 + 0,3571 \%G \quad (R^2 = 0,714) \\ \text{P (g)} &= 0,7750 + 0,25 \%G \quad (R^2 = 0,714) \\ \text{Vit. A} &= 3800 \text{ UI/kg de leche a cualquier porcentaje de grasa.} \\ \text{Vit. D} &= 760 \text{ UI/kg de leche a cualquier porcentaje de grasa.} \end{aligned}$$

Puede observarse que en todas las ecuaciones obtenidas el coeficiente de determinación fue bastante alto, con valores superiores a 0,98. Solamente las ecuaciones para determinar las necesidades de calcio y fósforo en las etapas de crecimiento y producción presentaron un coeficiente de determinación medio (0,75 y 0,714 respectivamente).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las ecuaciones de regresión calculadas permitieron estimar los requerimientos nutricionales de los animales caprinos con una alta confiabilidad.

El empleo de estas ecuaciones permitirá efectuar cálculos de requerimientos en distintas etapas de

desarrollo y estado fisiológico 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 ganancia de peso + Ecuación de predicción de requerimientos de producción de leche x litros de leche que produce.

### AGRADECIMIENTO

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al señor Carlos Boschini por la revisión y los valiosos aportes que realizó al borrador de este trabajo.

### LITERATURA CONSULTADA

- ANALYTICAL SOFTWARE. 1998. Statistix for Windows. User's manual. Florida, U.S.A. 333 p.
- DEVENDRA, C.; BURNS, M. 1970. Goat production in the tropics. Technical Communication No. 19. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, Bucks, England. 184 p.
- DEVENDRA, C.; MCLEROY, G. 1982. Goat and sheep production in the tropics. Intermediate Tropical Agricultural Series. Longman Group Ltd. Essex, U.K. 271 p.
- FRENCH, M. 1975. Observaciones sobre las cabras. FAO. Roma. 234 p.
- GALL, C. 1981. Goat production. Academic Press Inc. N.Y, U.S.A. 619 p.
- NRC. 1981. Nutrient requirements of goats. National Academy Press. Washington D.C, U.S.A. 91 p.