

## INTRODUCCION DE NUEVOS SISTEMAS PARA EXPRESAR EL VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES TROPICALES. I. ENERGIA

**R. García Trujillo y O. Cáceres**

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"  
Perico, Matanzas, Cuba**

Se estudió la introducción del sistema de cálculo del valor energético de los forrajes propuestos por el INRA francés (1978) en las condiciones tropicales. Se comprobó que las ecuaciones para el cálculo de la EB para pastos tropicales y la ED del sistema se adaptan a nuestras condiciones. Los cálculos de los valores energéticos de cinco forrajes tropicales mostraron el valor medio de EM 2,16 Mcal/kg MS  $\pm$  0,20, ENL de 1,26 Mcal/kg MS  $\pm$  0,13 y ENE de 1,21 Mcal/kg MS  $\pm$  0,17. Se obtuvo un grupo de ecuaciones para predecir el contenido de EM, ENE, y ENE a partir de la DMO y cuyos  $r^2$  varían entre 0,80 a 0,99.

**Palabras clave:** *Sistema, valor nutritivo, energía*

En los últimos años, en los países desarrollados se han adoptado nuevos sistemas para expresar el valor energético de los alimentos (Blaxter, 1962; Moe y Flatt, 1969; Nehering, 1973; INRA francés, 1978) y también se han introducido nuevos sistemas para expresar el valor proteico (Burroughs, Trenkle y Vetter, 1974; Miller, 1977; Verite, Journet y Jarrige, 1979) y de consumo de MS (INRA, 1978).

Los nuevos sistemas adoptados responden a la necesidad de alimentar una ganadería más eficiente, aumentar la precisión de los sistemas de racionamiento y disminuir los costos de alimentación.

En el grupo de trabajos que se abarca en esta serie abordará la adaptación a las condiciones tropicales de los sistemas energéticos, proteicos y de consumo propuesto por el INRA francés (1978). En el presente trabajo se comprobaron algunas de las ecuaciones para el cálculo del valor energético de los forrajes y la variación que éstos presentan en nuestras condiciones.

### **MATERIALES Y METODOS**

*Bases del sistema.* El sistema energético propuesto por el INRA francés (1978) se basa en calcular los diferentes tipos de energía: bruta (EB), digerible (ED), metabolizable (EM) y la neta, que la separa en energía neta leche (ENL) y carne (ENE) por pasos a través de ecuaciones, las que describimos seguidamente.

$$1. \text{ EB (kcal/kg MO) } = 4\,543 + 2,0113 \text{ PB (g/kg MO) } \pm 32,8 \\ r = 0,935$$

Esta ecuación está determinada para forrajes tropicales, en pruebas realizadas en Guadalupe.

$$2. \text{ ED } = \text{ EB } \times \text{ DE }$$

Donde DE (digestibilidad de la energía) se obtiene a partir de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO).

$$3. \text{ DE (\%)} = 1,0087 \text{ DMO (\%)} - 0,0372 \pm 0,007 \\ r = 0,996$$

$$4. \text{ EM } = \text{ ED } \times \frac{\text{EM}}{\text{ED}}$$

Donde EM relación  $\frac{\text{EM}}{\text{ED}}$  se calcula por la fórmula siguiente:

$$5. \frac{EM}{ED} = 0,8286 - 8,77 \times 10^{-5} FB - 1,74 \times 10^{-4} PB + 0,243 NA$$

$$r = 0,90$$

En esta fórmula, la FB y la PB se expresan en g/kg MS, mientras que NA (nivel de alimentación), se calcula dividiendo el consumo de materia orgánica digerible (MOD) expresado en g/kg<sup>0,75</sup> entre 23, en caso de carneros y 55 en vacas lecheras, que son los requerimientos de mantenimiento para estas especies. Cuando se aplique esta ecuación a datos obtenidos con vacas lecheras, el coeficiente 0,8286 se sustituye por 0,8240.

Tanto la ENL como la ENE se calculan por la fórmula general.

$$6. EN = EM \times K$$

Donde K es la eficiencia con que se convierte la EM en EN. Para leche se denomina KL o eficiencia de lactación, mientras que en el proceso de crecimiento engorde, se utiliza Kme, que une las eficiencias de mantenimiento y engorde. Las fórmulas para calcular las K son las siguientes:

$$7. KL = 0,463 + 0,024 q$$

$$8. Kme (1,5 NA) = \frac{0,3358q^2 + 0,6508q + 0,005}{0,4235q + 0,2830}$$

$$\text{para ambos casos } q = \frac{EM}{EB}$$

En la fórmula 8 Kme está calculada para un nivel de alimentación de 1,5, que es el plano donde los animales ganan cerca de 1 kg/animal/día.

*Bases experimentales de introducción.* Se comprobaron las ecuaciones 1 y 3 para predecir la EB y la DE respectivamente, para lo cual se emplearon 27 determinaciones de calorimetría a igual número de pruebas de digestibilidad de forrajes con carneros, cuya metodología ha sido descrita por García-Trujillo y Cáceres (1982) y 14 análisis de EB que

se realizaron en el Centro de Investigaciones Agronómicas de Guadalupe, a forrajes de Cuba.

Para estudiar las variaciones del contenido de energía de nuestros forrajes se seleccionaron las pruebas de digestibilidad con carneros en los forrajes king grass, pasto estrella jamaicano, pangola común, guinea likoni y sorgo, los que en conjunto aportaron 102 resultados. Con los cálculos de energía se establecieron diferentes ecuaciones de regresión para predecir los contenidos de EM, ENL y ENE a partir de la DMO.

### **RESULTADOS**

Al correlacionar la EB obtenida en los calorímetro con las calculadas para las mismas muestras por la fórmula 1, a partir de la PB y la MO se obtuvo una  $r = 0,92$  como se muestra en la figura 1. La diferencia media entre el valor real y el estimado fue de 2,9% siendo de 4,2% para los valores más bajos y el 1,8% para los más altos.

Con nuestros datos obtuvimos la siguiente ecuación para deducir la DE.

9.  $DE = 1,094 DMO - 4,167 \pm 0,095$   
 $r = 0,914$

Esta ecuación es similar a la ecuación 3 obtenida por los franceses. Sin embargo, en nuestro caso el coeficiente a, aunque negativo, está más alejado de 0. No obstante, al comparar las pendientes de estas ecuaciones (figura 2), se observa que en la zona donde se encuentran la mayoría de la DMO de nuestros forrajes, ambas ecuaciones marchan muy cerca una de otra.

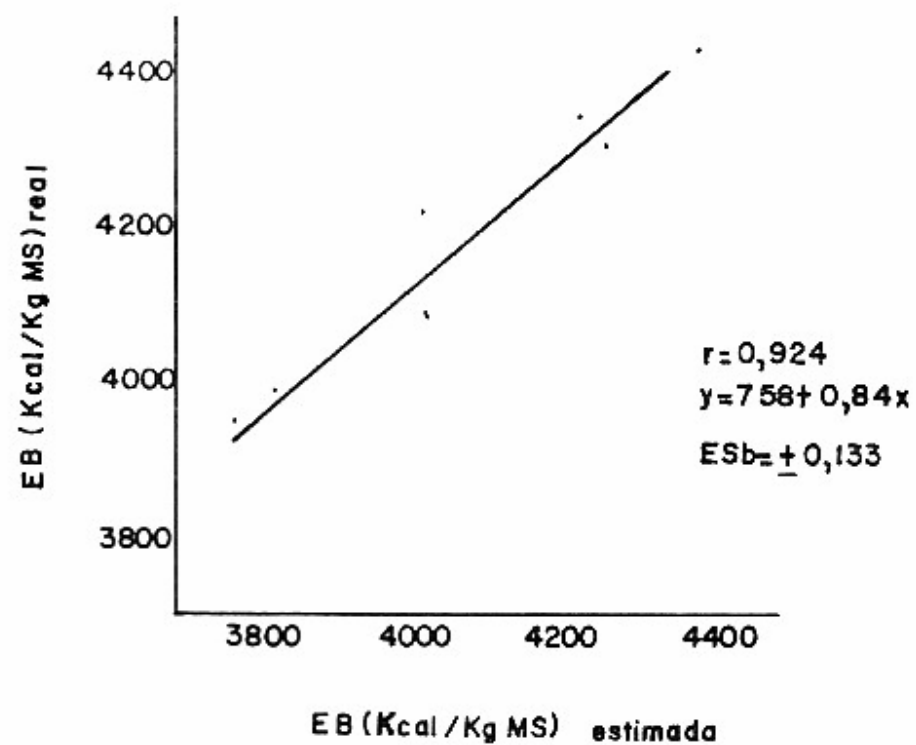


Fig. 1. Correlación entre la EB estimada y real.

Los valores energéticos para los 102 datos analizados (tabla 1) muestran una EM media de 2,16 Mcal/kg MS con su variación principal entre 1,95-2,35 Mcal/kg MS, mientras que la ENL fue superior en un 3,7% a la ENE. El coeficiente de transformación de la ED en EM fue de 0,82, con un ES muy bajo, aunque se registraron valores desde 0,799 en forrajes que se consumieron por debajo del mantenimiento, hasta 0,836 en forrajes consumidos 2,4 veces por encima del mantenimiento. En la tabla 1 también se ofrecen datos de composición química y la DMO promedio de las muestras analizadas.

Las ecuaciones de regresión calculadas, para estimar los contenidos de EM, ENL y ENE de los forrajes a partir de la DMO (tabla 2) muestran coeficientes de determinación alto, que con excepción del sorgo, explican más del 80% de la variación de estos parámetros. No obstante, no se encontraron diferencias significativas entre las ecuaciones por pasto y la general al hacer un análisis de los coeficientes b por el método de Steel y Torrie (1960).

### **DISCUSION**

La alta correlación encontrada entre la EB estimada por la ecuación 1 y la real obtenida por calorimetría, nos permite utilizar esta ecuación para calcular el valor de EB de nuestros forrajes, siendo esta ecuación 1 muy similar a la reportada por Bassa y Stuar (1981) al hacer un análisis del resultado de la literatura. Por otro lado, la ecuación encontrada en este trabajo para estimar la DE a partir de la DMO no justifica la sustitución de la ecuación 3 propuesta por los franceses, ya que son muy similares.

Los valores promedio de EB y ED obtenidos en este trabajo son algo inferiores a los reportados por Butterworth (1964), pero muy similares a los reportados por Demarquilly, Xande y Chenost (1978), para 6 forrajes tropicales. Con relación a los resultados presentados por el Latín American Tables of Feed Composition (1974), nuestros resultados en EB, ED y EM son muy similares a los valores que dan para ovinos, pero algo superiores (5-10%) en la ED y EM para bovinos. Por lo general en las tablas latinoamericanas se dan valores energéticos superiores para ovinos que para bovinos, lo que está relacionado con las ecuaciones bases utilizadas para el cálculo de los valores energéticos.

Tabla 1. Valores energéticos, coeficientes de transformación de la energía y otros parámetros del valor nutritivo (promedio de cinco forrajes tropicales).

|                  | MO         | PB  | FB   | DMO  | NA   | EB   | ED   | EM   | ENL  | ENE  | $\frac{EM}{ED}$ | KL   | Kme  |
|------------------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|
|                  | Mcal/kg MS |     |      |      |      |      |      |      |      |      |                 |      |      |
| $\bar{x}$        | 89,4       | 8,0 | 32,5 | 61,7 | 1,41 | 4,22 | 2,63 | 2,16 | 1,26 | 1,21 | 0,820           | 0,58 | 0,56 |
| $ES \bar{x} \pm$ | 2,6        | 2,4 | 2,9  | 5,2  | 0,29 | 0,12 | 0,24 | 0,20 | 0,13 | 0,17 | 0,006           | 0,01 | 0,03 |

Tabla 2. Ecuaciones para predecir el contenido de EM, ENL y ENE (Mcal/kg MS) a partir de la DMO (%).

| Pasto          | Ecuación                | $r^2$   | ESB $\pm$ | <i>n</i> |
|----------------|-------------------------|---------|-----------|----------|
| Sorgo          | EM = 0,036 DMO – 0,029  | 0,80**  | 0,004     | 15       |
| Pasto Estrella | EM = 0,041 DMO – 0,469  | 0,98*** | 0,001     | 14       |
| King grass     | EM = 0,033 DMO – 0,026  | 0,93*** | 0,002     | 22       |
| Guinea Likoni  | EM = 0,038 DMO – 0,320  | 0,96*** | 0,001     | 23       |
| Pangola        | EM = 0,035 DMO – 0,013  | 0,96*** | 0,001     | 28       |
| General        | EM = 0,037 DMO – 0,148  | 0,89*** | 0,001     | 102      |
| Sorgo          | ENL = 0,026 DMO – 0,348 | 0,83*** | 0,003     | 15       |
| Pasto Estrella | ENL = 0,028 DMO – 0,456 | 0,98*** | 0,001     | 14       |
| King grass     | ENL = 0,024 DMO – 0,271 | 0,95*** | 0,001     | 22       |
| Guinea Likoni  | ENL = 0,026 DMO – 0,433 | 0,97*** | 0,001     | 23       |
| Pangola        | ENL = 0,025 DMO – 0,300 | 0,97*** | 0,009     | 28       |
| General        | ENL = 0,026 DMO – 0,359 | 0,91*** | 0,008     | 102      |
| Sorgo          | ENE = 0,033 DMO – 0,862 | 0,85*** | 0,003     | 15       |
| Pasto Estrella | ENE = 0,034 DMO – 0,845 | 0,99*** | 0,001     | 14       |
| King grass     | ENE = 0,030 DMO – 0,725 | 0,96*** | 0,001     | 22       |
| Guinea Likoni  | ENE = 0,032 DMO – 0,853 | 0,98*** | 0,009     | 23       |
| Pangola        | ENE = 0,032 DMO – 0,762 | 0,99*** | 0,001     | 28       |
| General        | ENE = 0,032 DMO – 0,793 | 0,94*** | 0,008     | 102      |

\*\* P&lt;0,01

\*\*\* P&lt;0,001



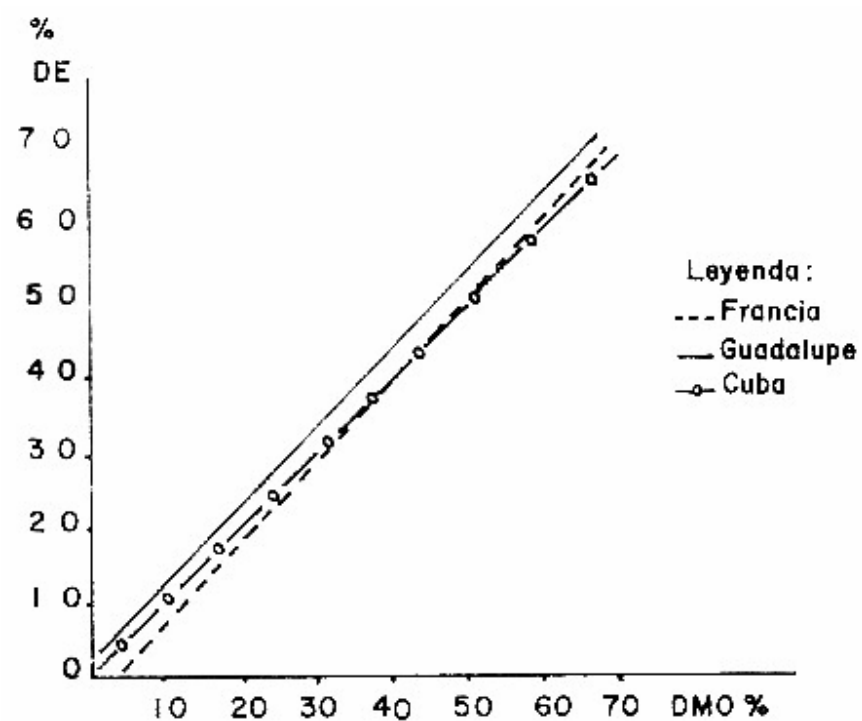


Fig. 2. Pendiente de tres regresiones entre la DMO y la DE.

Las ecuaciones de predicción de los valores de EM, ENL y ENE a partir de la DMO presentan altos coeficientes de regresión, lo que ha sido reportado con anterioridad para condiciones templadas (Van Soest, 1967; Moir, 1974 y Nehering, 1974).

Los resultados de este trabajo muestran que las ecuaciones empleadas para el cálculo de la EB y la ED por el método del INRA francés se ajustan a nuestras condiciones.

### **SUMMARY**

The energy french system (INRA, 1978) was studied for its adaptation to the tropical conditions. The equations for the estimation of BE for tropical pastures and DE was adapted to our conditions. The estimation of the energetic value of five tropical grasses showed medium value of ME, 2,16 Mcal/kg DM  $\pm$  0,20, MNE, 1,26 Mcal/kg DM  $\pm$  0,13 and FNE, 1,21 Mcal/kg DM  $\pm$  0,17. It was obtained equation for predicting the ME, MNE and FNE from OMD with  $r^2$  between 0,8-0,99.

### **REFERENCIAS**

- BASSA, F.C. & STUART, R. 1981. Estudio del contenido de energía neta de dietas integrales a base de paja de caña tratada con amoníaco. Trabajo de Diploma Fac. Pecuaria. ISCAH
- BLAXTER, K.L. 1962. The energy metabolism of ruminants. Charles C. Thomas. Pub. Co. Springfield I 11
- BURROGHS, W.; TRENKLE, A.H. & VETTER, R.L. 1974. **Vet. Med. Small Anim. Clin.** 69:713
- BUTTEWORTH, M.H. 1964. **J. Agric. Sci.** 64:319
- DEMARQUILLY, C.; XANDE, A. & CHENOST, M. 1978. Composition et valeur nutritive des fourrages tropicaux en Alimentation de Ruminants. Ed. INRA Pub. Versailles

- GARCIA-TRUJILLO, R. & CACERES, O. 1982. **Pastos y Forrajes**. Revista de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 5:343'
- INRA. 1978. Alimentation de Ruminants. Ed. INRA Pub. Versailles
- LATIN AMERICAN TABLES OF FEED COMPOSITION. 1974. University of Florida
- MILLER, E.L. 1977. Evaluating the protein contribution of feedstuffs for ruminants. 4to. European, Symp. of the use of fish meal in the animal feeding. London
- MOE, P.W. & FLATT, W.P. 1969. **J. Dairy Sci.** 52:928
- MOIR, K.W. 1974. **J. Agric. Sci.** 83:295
- NEHERING, K. 1973. Hodnotenie krmiv en vysiva a krmenie vysokovzitkovych zvierat. Ed. J. Labuda. Priroda, Bratislava
- NEHERING, K. 1974. Vber den Futterwert verschiedner getreideprodukte. Arch. Tierernahrung. 24:429
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. 1960. Principles and Procedure of Statistics. Mc Graw-Hill Book Company
- VAN SOEST, P.J. 1967. **J. Anim. Sci.** 26:119
- VERITE, R.; JOURNET, M. & JARRIGE, R. 1979. **Livestock Prod Sci.** 6:349