

INTRODUCCION DE NUEVOS SISTEMAS PARA EXPRESAR EL VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES TROPICALES. III. VALIDACION DE LOS SISTEMAS ENERGETICOS Y PROTEICOS

R. García-Trujillo y O. Cáceres

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

Se realizaron tres pruebas con vacas lecheras consumiendo forraje al que se le determinó la digestibilidad con carneros y se analizó un grupo de experimentos de ceba de toros con miel/urea y diferentes niveles de suplementación con proteína para estimar la precisión de los sistemas energéticos y proteicos propuestos por García-Trujillo y Cáceres (1983) para evaluar los forrajes en Cuba. Se empleó para la evaluación de la EM y la PB los estandar de requerimientos del NRC-1978 y para la ENL y el PDI estandar francés (INRA-1978). Los resultados arrojaron que los errores de estimación (consumo/requerimientos) para la EM y la ENL fueron de $1,31\% \pm 7,17$ y $-2,55\% \pm 6,8$ respectivamente, mientras que para la PB y el PDI fueron de $-13,5\% \pm 8,9$ y $-2,21\% \pm 9,2$. La regresión consumo PDI o PB con la ganancia de peso fue logarítmica y superior para el PDI ($r^2 = 0,955$) que para la PB ($r^2 = 0,785$). Se demostró la posibilidad del empleo del sistema de cálculo de la EM y los standar del NRC-78 en vacas lecheras de mediana producción así como el sistema PDI en nuestras condiciones.

Palabras clave: *Sistema, valor nutritivo, digestibilidad*

La validación de cualquier sistema propuesto es un requisito indispensable para su introducción a la práctica de producción.

El grado de precisión alcanzado en la predicción de la producción animal ha sido una de las principales causas que han motivado la sustitución de unos sistemas por otros (Blaxter, 1962; Vermorel, 1978). No obstante, éste no es el único factor a tomar en cuenta, ya que el grado de información que brinda el sistema, la posibilidad de ahorrar alimentos costosos, la factibilidad del cálculo de sus elementos y su posibilidad de aplicación, son aspectos de peso en la toma de decisión, sobre la utilización de un sistema u otro.

En la validación de un sistema intervienen dos elementos fundamentales, el valor nutritivo que se asume de los alimentos y los requerimientos de los animales, por lo que la precisión no estará solo en dependencia de la validez del método de cálculo del valor energético, proteico, etc, de los alimentos, sino también de los requerimientos animales que pueden o no adaptarse a nuestras condiciones.

El estudio que se hace de la precisión de los sistemas energéticos y proteicos en este trabajo se basó en los resultados obtenidos en varias pruebas de evaluación de forrajes realizadas con vacas lecheras, así como en el procesamiento de un grupo de experimentos de ceba de toros con dietas de miel/urea, suplementados con diferentes fuentes y niveles de proteína.

MATERIALES Y METODOS

Pruebas con vacas lecheras. Se realizaron tres pruebas de evaluación de forrajes en pruebas conjuntas de vacas lecheras y carneros que incluían los forrajes de bermuda cruzada-1, guinea SIH-127 y king grass.

Cada prueba constó de 3 a 4 períodos experimentales, empleándose de 6 a 8 vacas F-2 (Holstein x Cebú) con más de 90 días de lactancia y 6 carneros machos de la raza criolla.

Las vacas y los carneros fueron alimentados con el mismo forraje, el cual fue suministrado continuamente durante 3 ó 4 semanas, previa una adaptación de las vacas de 21 días, donde se le suprimió el suministro de concentrados.

Cada período experimental se formó por la unión de los datos o muestras de 5 días.

Las vacas se alojaron en boxer de 4 x 4 m donde se les suministraba la comida en dos raciones diarias (9:00 a.m. y 4:00 p.m.) a un nivel del 10% por encima del consumo, además de tener libre acceso al agua y sales minerales. El ordeño mecanizado se realizó a las 5:00 a.m. y a las 3:00 p.m.; la leche se pesó diariamente y se tomaron muestras para su análisis en días alternos según AOAC (1960).

Las vacas fueron pesadas dos veces a la semana, al final de cada período, después del ordeño de la mañana.

Los carneros se emplearon para determinar la digestibilidad de los forrajes y fueron alojados en jaulas de metabolismo, siguiéndose el mismo procedimiento experimental que el reportado por García-Trujillo y Cáceres (1982) al igual que para los forrajes y las muestras.

Los contenidos de EM, ENL, PDIN y PDIE e los forrajes se calcularon según la metodología descrita en los trabajos procedentes de esta serie (Cáceres y García Trujillo, 1982a y b), empleándose para validar la PB y la EM los requerimientos de estos nutrientes propuestos por el NRC (1978) y para la ENL, PDIN y PDIE los requerimientos franceses (INRA-1978).

La metodología para el cálculo del grado de predicción fue la siguiente:

- a) Se calculó el consumo de nutrientes.
- b) Para el cálculo de los requerimientos se tuvo en cuenta el peso vivo, producción de leche al 4%, variación de peso vivo e incremento de las necesidades energéticas de mantenimiento.

- c) En el sistema PDI se tuvo en cuenta el ajuste del PDIN por reciclo de nitrógeno (11,5 g PDIN/Mcal E77L consumida).
- d) Se corrigió la variación de peso vivo por la variación de consumo de MS, asumiendo que 1 kg de MS en la variación del consumo hace variar el peso vivo en 4,5 kg (Verité, Journet, Gueguen y Hoden, 1978).

El grado de precisión del sistema, se calculó por el % en que se desvió el consumo de nutrientes de los requerimientos, diferenciando o agrupando aquellos nutrientes que se presentaron como limitantes. Se tomó como nutriente limitante aquel en que su consumo se desvió menos del requerimiento en el área positiva o viceversa en el área negativa del balance consumo/requerimiento.

Pruebas con animales de ceba. Para validar el sistema PDI en dietas críticas se tomaron experimentos conducidos por Preston y Muñoz, 1971; Ugarte y Preston, 1975; Preston, Martin, Willis y García, 1971 y Molina y Preston, 1975 basados en dietas de miel/urea suplementados con diferentes niveles y fuentes de proteínas.

A los alimentos suministrados se le calculó el contenido de PDIN y PDIE por las tablas del INRA (1978) según las características de los alimentos y se eliminaron aquellos tratamientos donde la energía fue el nutriente limitante. Posteriormente, se relacionó el consumo, tanto de PB como de la fracción de PDI limitante, contra la ganancia de peso.

RESULTADOS

Pruebas con vacas lecheras. En las tablas 1a y b se ofrecen los rasgos del comportamiento de las vacas, la calidad del pasto y la digestibilidad de la MO y la PB con carneros. Se destaca en estas tablas que de las tres pruebas realizadas, las vacas que consumieron bermuda cruzada-1 se encontraron en balance positivo; las alimentadas con

guinea SIH-127 en balance equilibrado (0) y las alimentadas con king grass tuvieron un balance negativo.

En la tabla 2 se muestran los valores energéticos y proteicos calculados, mientras que en las tablas 3a, b y c se aprecia el balance de nutrientes.

El análisis de los nutrientes limitantes (tabla 4) arroja, en primer lugar, diferencias notables entre sistemas en la delimitación de los nutrientes limitantes, pues por el sistema de requerimiento del NRC (1978) un sólo tratamiento fue limitante por su aporte en EM y 9 por su aporte en PB, mientras que por el sistema francés la ENE fue limitante en 7 ocasiones y el PDI en 5.

Para estimar la media del error de predicción y su desviación estandar (DS) en el sistema de EM fue necesario asumir que los mismos tratamientos que fueron limitados por la ENL, también fueron limitados por la EM. Bajo estas condiciones se encontró un menor error de estimación para la EM usando los requerimientos del NRC-78 que para la ENL en el sistema francés de requerimientos (INRA-78), aunque estas diferencias fueron pocas (1,24 unidades de %). El error de estimación fue bajo y similar en ambos sistemas, si se tiene en cuenta el número de datos.

Cuando no se tuvo en cuenta el reciclo de nitrógeno el PDIN se presentó como limitante (tabla 3) y en este caso el PDIN al igual que la PB presentaron un error de estimación alto y negativo, aunque la DS fue menor en el PDIN. Si se asume que el reciclo del nitrógeno siempre cubrió las diferencias PDIN-PDIE y que entonces el PDIE fue limitante, se disminuye el error de predicción en 11,9 unidades de % con relación al sistema de PB (tabla 4) manteniéndose similar la DS del error de estimación.

Pruebas con animales de ceba. En la tabla 5 se ofrecen los datos tomados para relacionar los consumos de PDI y PB con las ganancias de peso, así como la fuente de proteína empleada.

Tabla 1a. Comportamiento de las vacas, calidad de los forrajes y digestibilidad con carneros.

Forraje	Período	Peso vivo (kg)	Producción de leche 4% (kg/vaca/día)	Cambio de peso vivo (kg/vaca/día)
Bermuda cruzada-1	1	382	7,25	+0,300
	2	387	6,04	+0,600
	3	393	4,72	+0,500
Guinea 127	1	417	7,8	-0,200
	2	420	6,7	+0,080
	3	425	6,5	-0,170
	4	427	6,9	+0,039
King grass	1	407	4,4	-0,570
	2	402	3,9	-,0428
	3	399	3,4	-0,300

Tabla Ib.

Forraje	Período	Consumo de MS (kg/vaca/día)	Calidad del forraje (%)		Digestibilidad (%)	
			PB	FB	DMO	DPB
Bermuda cruzada-1	1	13,49	10,8	33,3	64,9	69,0
	2	11,09	9,0	30,4	58,6	53,6
	3	12,21	10,1	31,8	49,8	61,2
Guinea 127	1	10,42	8,3	35,1	53,9	71,5
	2	10,68	7,8	36,7	55,2	69,9
	3	11,41	7,1	35,4	52,9	67,1
	4	12,43	7,0	34,7	50,7	51,4
King grass	1	9,17	4,9	34,8	64,6	44,4
	2	9,38	5,4	31,8	60,4	30,7
	3	8,81	4,6	33,8	52,4	33,0

Tabla 2. Valores energéticos y proteicos calculados.

Forraje	Período	EM	ENL	PDIE	PDIN
		Mcal/kg MS		g/kg MS	
Bermuda cruzada-1	1	2,26	1,22	84,9	72,2
	2	1,97	1,07	63,2	49,1
	3	1,70	0,90	61,7	57,7
Guinea 127	1	1,80	1,02	69,1	59,1
	2	1,88	1,07	72,4	60,7
	3	1,81	1,02	63,8	50,1
	4	1,73	0,97	50,9	38,1
King grass	1	2,25	1,33	61,3	32,8
	2	2,14	1,24	50,5	25,5
	3	1,79	1,01	45,6	24,0

Tabla 3a. Balance de nutrientes para el cálculo de los nutrientes consumidos según sistema INRA-1978 y los requerimientos del NRC-1978 e INRA-1978.

Forraje	Período	Consumo de nutrientes					Posible reciclo de N PDIN (g) ¹
		FM	ENL	PB	PDIE	PDIN	
		(Mcal)			(g)		
Bermuda cruzada-1	1	31,9	18,9	1 467	1 145	1 114	
	2	23,8	13,8	1 001	700	695	5
	3	22,1	12,3	1 242	753	703	
Guinea 127	1	18,8	10,6	869	719	615	104
	2	20,1	11,5	835	773	698	75
	3	20,7	11,7	812	727	572	134
	4	21,5	12,1	871	633	473	139
King grass	1	20,7	12,2	449	562	301	140
	2	20,0	11,7	514	474	239	134
	3	15,8	8,9	405	402	103	102

¹ Requerimientos de PDIN necesaria para equilibrar PDIE-PDIN si el reciclo lo permite o reciclo máximo

Tabla 3b.

Forraje	Período	Requerimientos ²			
		EM	ENL	PDIE	PDIN
		(Mcal)		(g)	
Bermuda cruzada-1	1	28,17	17,45	1 442	894
	2	24,21	14,77	1 190	753
	3	21,86	13,31	1 030	677
Guinea 127	1	20,1	11,6	997	653
	2	21,2	12,5	1 007	658
	3	19,1	10,9	899	598
	4	21,3	12,5	1 009	660
King grass	1	12,6	6,78	577	514
	2	13,2	7,24	578	410
	3	13,6	7,58	573	406

² Requerimientos de EM y PB según NRC-1978 y de ENL y PDI según INRA francés-1978

Tabla 3c.

Forraje	Período	Diferencia consumo/requerimiento %				
		EM	ENL	PB	PDIE	PDIN
Bermuda cruzada-1	1	+13,2	+7,6*	+1,7	+28	+24
	2	-1,9	-7,0*	-15,8*	-7,0*	-7,0
	3	+1,1	-1,0*	+20	+11,2	+3,8
Guinea 127	1	-6,6	-9,1	-11*	+10	+10
	2	-5,1	-8,5*	-10,7*	+17	+17
	3	+8,5	+6,4*	-7,3*	+21	+18
	4	0	-3,7*	-15,8*	-4,09	-7,2*
King grass	1	+64	+79	-22*	+9	-14,2*
	2	+51	+61	-11*	+15	-9*
	3	+15	+17	-30*	-1,04	-22,9*

* Valor que indica el nutriente limitante en cada sistema

Tabla 4. Error medio de estimación y desviación estándar (DS) del error, de los nutrientes limitantes en cada sistema.

Requerimientos de:	NRC-1978			INRA-1978	
	EM	PB	ENL	PDIE	PDIN
a) Datos de la tabla 3					
Veces que limitó	1	9	7	1	4
Error de estimación % (Dif. consumo/requerimiento)	1,1	-13,5	-2,55	-7	-13,3
DS error		± 8,9	±6,8		± 7,03
b) Se asume que la EM fue limitante cuando la ENE lo fue					
Error de estimación	1,31				
DS error	±7,17				
c) Se asume que el reciclaje del N siempre cubrió las diferencias PDIE-PDIN					
Veces que limitó				5	
Error de estimación				-2,21	
DS error				±9,2	

Tabla 5. Parámetros utilizados para relacionar el consumo de proteína y las ganancias en varios experimentos de ceba de toros en miel/urea.

Peso vivo (kg)	Ganancia Kg/animal/día	Consumo PDI	g/kg ^{0,75}	Tipo de proteína	Autor
349	0,571	6,12	15,7	Torula	Preston y Muñoz (1971)
336	0,792	6,95	17,3		
301	0,966	8,33	20,1		
330	0,963	8,03	19,1		
259	0,790	6,51	13,4	Soya	Ugarte y Preston (1975)
251	0,830	7,25	14,4		
146	0,220	4,26	9,2	Metionina y h. pescado	
140	0,240	4,79	9,85		
158	0,530	5,28	10,83		Molina y Preston (1975)
174	0,800	5,28	12,27		
354	0,820	6,96	13,70	H. pescado	
354	0,720	6,40	12,80	Torula	

Las regresiones entre consumo de PDI ($\text{g/kg}^{0.75}$) y la ganancia de peso en estos experimentos (fig. 1) fueron muy altas ($r^2 = 0,45$) y superior a la encontrada en el consumo de PB y la ganancia. Ambas relaciones se ajustaron a una ecuación logarítmica.

DISCUSION

El grado de predicción encontrado en nuestros trabajos para los sistemas energéticos (1,31-2,55% es muy similar a los errores de estimación reportados por los nuevos sistemas franceses de unidades forrajeras leche (UFL) y el holandés denominado VEM que reportan como errores de predicción $1,1\% \pm 4,2$ y $1,42\% \pm 3,86$ respectivamente (Verite y col. 1978; Van der Honing, Steg y Van Es, 1977), aunque la DS en nuestro caso fue mayor.

Nuestros resultados superan a los errores de estimación reportados para el TND ($10\% \pm 4,7$) para la producción de leche (Mohrenwiser y Donker, 1968), el sistema de UF de Breirem y Lehmann ($5,8\% \pm 5,6$) y el de Leroy en Francia ($8,5 \pm 6,1$) (Verite y col., 1978) así como al sistema de energía neta para la ganancia de peso de California ($8,2 \pm 1,74$) (Knok y Handley, 1973).

Un balance similar al efectuado por nosotros a 13 pruebas con vacas lecheras, consumiendo pastos en la Estación de Suelos y Fertilizantes en el Escambray arrojó un error de estimación entre el consumo y los requerimientos de $3,05\% \pm 5,35$ para la EM y $5,27\% \pm 7,12$ para la ENL (Chongo, comunicación personal) aunque en estas pruebas no se pudieron hacer correcciones por la variación de peso vivo. Cuando esta corrección no se pudo efectuar, Verite y col. (1978) reportaron para el nuevo sistema francés de UFL un incremento del error de estimación ($3,1\% \pm 5,0$), lo que ratifica la precisión de la estimación del sistema empleado en nuestras condiciones.

Un aspecto interesante en los balances realizados, es el alto ajuste que se ha encontrado al usar los estandar e requerimientos del NRC-1978, los que han sido confeccionados para vacas alimentadas a planos altos (3 veces el mantenimiento) mientras que en nuestro caso los animales fueron alimentados a un plano medio de 1,4 veces el mantenimiento.

La posible causa de este ajuste puede estar relacionada con los incrementos de la producción de calor y por tanto de los requerimientos energéticos de mantenimiento cuando se incrementa la temperatura ambiental, sobre el rango óptimo (Mendel, Morrison, Boud y Lofgreen, 1971; Igram y Mount, 1974 y Mount, 1978), lo cual conllevaría a que los genotipos de clima templado y por tanto sus cruces, en nuestras condiciones presentan un mayor requerimiento de mantenimiento como ha sido sugerido por Martín (1980).

Queda demostrado en los resultados obtenidos que el sistema PDI supera al sistema de PB, no tan sólo por las ventajas que ofrece en el racionamiento, sino también por presentar una mayor precisión. Esta mayor precisión se observó también en el trabajo de Chongo antes mencionado al encontrarse un error de estimación de $3,45\% \pm 6,39$ para el PDI en comparación con $4,2\% \pm 11,5$ para la PB.

Los resultados de este trabajo muestran, por un lado la factibilidad de emplear los métodos de cálculo de EM y los estandar de requerimientos del NRC-78, y por otro, la no necesidad de sustituir el sistema de EM por el de ENL, aunque es necesario continuar estudios con animales altos productores y otras categorías de bovinos para arribar a conclusiones más definitivas. Por otro lado, queda evidenciada la posibilidad del uso del sistema PDI en nuestras condiciones y su superioridad sobre el sistema de PB.

SUMMARY

Three tests were realized using dairy cows which consumed forage, the digestibility was determined with sheeps and a group of fattening bull experiments with molasses/urea and different supplementation levels with protein were analysed too, in order to estimate the precision of the proteic and energetic systems suggested by García-Trujillo and Cáceres (1983) for forage evaluation in Cuba. It was used for the evaluation of ME and CP the standard requirements NRC-1978 and for MNE and PDI the French standard (INRA-1978) was utilized. According to the result obtained, it was demonstrated that the appraisal errors (intake/requirements) for ME and MNE were $1,31\% \pm 7,17$ and $-2,55\% \pm 6,8$ respectively, while for CP and PDI were $-13,5\% \pm 8,9$ and $2,21\% \pm 9,2$. The intake regression PDI or CP with the weight gain was logarithmic and higher for PDI ($r^2 = 0,955$) than for CP ($r^2 = 0,785$). The possibility to use the calculation system of ME and the standard NRC-78 with median production dairy cows was demonstrated as well as the PDI system in our conditions.

REFERENCIAS

- AOAC. 1960. Official methods for analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington DC
- BLAXTER, K.L. 1962. The energy metabolism of ruminants. Charles C. Thomas. Pub. Co. Springfield I 11
- CACERES, O. & GARCIA-TRUJILLO, R. 1982a. **Pastos y Forrajes**. Revista de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 5:95
- CACERES, O. & GARCIA-TRUJILLO, R. 1982b. **Pastos y Forrajes**. Revista de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 5:235

- GARCIA-TRUJILLO, R. & CACERES, O. 1982. **Pastos y Forrajes**. Revista de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 5:343
- GARCIA-TRUJILLO, R. & CACERES, O. 1983. Nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes en Cuba. Mimeografiado
- IGRAM, D.C. & MOUNT, L.E. 1974. In heat loss from animals and man
- INRA. 1978. Alimentation des ruminants. Edit. INRA Pub. Versailles
- KNOK, K.L. & HANDLEY, T.M. 1973. **J. Anim. Sci.** 37:201
- MARTIN, P.C. 1980. Jornada XV Aniversario del ICA. Mesa Redonda
- MENDAL, V.E.; MORRISON, S.R.; BOUND, T.E. & LOFGREEN, G.P. 1971. **J. Anim. Sci.** 33:850
- MOHRENWISER, H.W. & DONKER, J.D. 1968. **J. Dairy Sci.** 51:373
- MOLINA, A. & PRESTON, T.R. 1975. **Rev. cubana Cienc. agric.** 9:131
- MOUNTH, L.E. 1978. **Nut. Soc. Proc.** 37:21
- NRC. 1978. Nutrient. Requirement of domestic animals 3 Dairy cattle. Ed. Nat. Acad. Sci. Washington, DC
- PRESTON, T.R.; MARTIN, J.L.; WILLIS, M.B. & GARCIA, J. 1971. **Rev. cubana Cienc. agric.** 5:167
- PRESTON, T.R. & MUÑOZ, F. 1971. **Rev. cubana Cienc. agric.** 5:9
- UGARRE, J. & PRESTON, T.R. 1975. **Rev. cubana Cienc. agric.** 9:125
- VAN der HONING, Y.; STEG, A.; & VAN ES, A.J.H. 1977. **Livest. Prod. Sci.** 4:57
- VERITE, R.; JOURNET, M.; GUEGUEN, L. & HODEN, A. 1978. In alimentation des ruminants. Ed. INRA Pub. Versaille
- VERMOREL, M. 1978. **Livest. Prod. Sci.** 5:347