

EVALUACIÓN DE DOS MODELOS MECANÍSTICOS EN LA EXCRECIÓN DE N EN VACAS LECHERAS ALIMENTADAS CON ENSILADOS DE HIERBA CONSERVADOS CON ÁCIDO FORMICO O ENSILADO DE MAIZ

Salcedo Díaz, G.

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja", 39792 Heras, Cantabria
E-mail: gregoriosalce:@ono.com

INTRODUCCION

Entre los diferentes modelos de racionamiento, el *Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS 5.0) propuesto por Fox *et al.*, (2003) es un modelo diseñado para condiciones intensivas, quien integra una serie de ecuaciones que describen los procesos fisiológicos del ganado. Sin embargo, en condiciones semi-intensivas (pastoreo o ensilados) con bajos aportes de concentrado, la literatura considera ciertas reservas del CNCPS para vacas de alta producción, sugiriendo la necesidad de crear un modelo nutricional para tales condiciones (Edwards y Parker, 1994; Muller *et al.*, 1995). El modelo HERAS (Salcedo, 2006), es un modelo mecanístico desarrollado en condiciones experimentales semi-intensivas, quien partiendo de componentes nutricionales, estima la excreción de nitrógeno en heces y orina, así como la utilización para leche. El objetivo del presente trabajo es comparar dichos modelos en condiciones de alimentación con ensilados fermentados con diferentes conservantes o suplementados con otros forrajes.

MATERIAL Y METODOS

Las dietas y los animales empleados ya fueron descritos en otra comunicación presentada en estas mismas Jornadas.

Modelos evaluados

a) CNCPS 5.0 (Fox *et al.*, 2003): los datos introducidos para validar el CNCPS se dividieron en dos categorías: primero "animal", que incluía la producción láctea, composición química, peso vivo, ingestión de alimento, número de parto, peso vivo y días de lactación. La segunda: "alimento", que incluía, cenizas, proteína bruta, fibras neutro y ácido detergente, proteína ligada a ambas, lignina, grasa, almidón, proteína soluble, nitrógeno no proteico y carbohidratos no fibrosos. La tasa de degradación de los carbohidratos fue tomada de la propia base de datos del CNCPS y la proteína soluble según los resultados procedentes de la incubación en rumen obtenidos mediante la técnica "in sacco" (Mehrez y Ørskov, 1977) para un ritmo de paso $k=0,06 \text{ h}^{-1}$. Como FND fisiológicamente efectiva (peNDF) se consideró el 80% de la total, por tratarse de forraje de alta calidad (Mertens, 1997).

b) HERAS (Salcedo, 2006): las ecuaciones evaluadas se agruparon en dos categorías:

1) dietas con ensilados:

N heces (g/d) = $65,1 + 36,4 \text{ PNDR}_i + 5,48 \text{ F}_i$; $\pm 9,16 \text{ r}^2=0,91$; n = 1101
N orina (g/d) = $137,8 - 40,5 \text{ Alm}_i + 0,26 \text{ N}_i$; $\pm 14,2 \text{ r}^2=0,82$; n = 1101
N heces + orina (g/d) = $19,4 + 88,9 \text{ PDR}_i + 13,6 \text{ FND}_i$; $\pm 17,6 \text{ r}^2=0,91$; n = 1101
% N excretado en leche = $22,4 - 4,14 \text{ PB}_i + 3,14 \text{ Alm}_i$; $\pm 3,72 \text{ r}^2=0,39$; n = 1663

2) dietas con ensilados y forrajes verdes:

N heces (g/d) = $-106,8 + 41,1 \text{ PNDR}_i + 12,4 \text{ MS}_i$; $\pm 15,8 \text{ r}^2=0,89$; n = 1534
N orina (g/d) = $-90,2 + 11,3 \text{ g PB/MJ EM} + 8,62 \text{ FND}_i$; $\pm 15,8 \text{ r}^2=0,65$; n = 1534
N heces + orina (g/d) = $-60,1 + 86,4 \text{ PDR}_i + 10,4 \text{ MS}_i$; $\pm 0,88 \text{ r}^2=0,87$; n = 1534
% N excretado en leche = $34,12 - 0,048 \text{ N}_i + 0,68 \text{ MOD}_i$; $\pm 4,31 \text{ r}^2=0,37$; n = 2697

PNDR_i = Proteína No Degradable en Rumen (kg/d); **MS_i** = Materia Seca ingerida (kg/d); **gr PB/MJ EM** = Proteína Bruta por Megajulio de Energía Metabolizable (gr/MJ); **FND_i** = Fibra Neutra Detergente ingerida (kg/d); **F_i** = Forraje ingerido (kg/d); **PDR_i** = Proteína Degradable en Rumen ingerido (kg/d); **Alm_i** = Almidón ingerido (kg/d); **N_i** = Nitrógeno ingerido (g/d); **PB_i** = Proteína Bruta ingerida (kg/d); **MOD_i** = Materia Orgánica Digestible ingerida (kg/d).

Los resultados de cada ensilado, vaca y día se introdujeron en el CNCPS y HERAS para obtener las correspondientes estimaciones de cada uno de ellos analizando los valores observados vs estimados mediante análisis de regresión con el PROC REG (SAS, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

La excreción de N observada y la estimada por el modelo Heras (Salcedo, 2006) y CNCPS (Fox *et al.*, 2003) vienen reflejada en la Tabla 1. Para el conjunto de datos observados, el N de las heces fue $172 \pm 1,5$ g N/d, similares al modelo HERAS ($171 \pm 2,2$ g N/d) e inferior al estimado por el CNCPS ($208 \pm 1,9$ g de N/d) (Tabla 1). Por su parte Haig *et al.*, (2002), también observaron una sobreestimación en el N de las heces por el CNCPS en 24,6 g N/d cuando las vacas lecheras son alimentadas con dietas mezcladas que contienen 2,82 g N/100 g de MS, muy semejantes a los resultados obtenidos en el presente trabajo de 36 g N/d para el conjunto de datos. No obstante, para los ensilados estudiados, el N de las heces observado presenta mejor coeficiente de determinación en el modelo HERAS que el CNCPS ($r^2=0,63$ vs $0,24$) (Tabla 2).

Tabla 1
Ingestión y excreción de N por ensilado y sistema

Observado	1º Experimento		2º Experimento			Sig.	
	EHEM	ETriEM	EHEM	EHAF	EHSC	et	Sig
MS ingerida (kg/d)	19,8	19,75	21,0	20,7	17,8	0,20	***
N ingerido (% sms)	2,38	2,34	2,38	2,44	2,6	0,012	***
N ingerido (g/d)	473	463	501	506	461	4,28	***
N Heces (g/d)	181	175	168b	166	168	1,51	***
N Orina (g/d)	152	145	164	153	174	1,61	***
N Heces + Orina (g/d)	333	316	332	319	342	2,45	***
N Leche (% ingerido)	21,75	20,92	18,2	18,36	17,48	0,29	***
HERAS	EHEM	ETriEM	EHEM	EHAF	EHSC	et	Sig
N Heces (g/d)	187	177	162	162	168	2,21	***
N Orina (g/d)	147	146	167	166	181	2,03	***
N Heces + Orina (g/d)	334	324	328	328	321	2,52	NS
N Leche (% ingerido)	20,32	20,68	18,52	18,38	16,45	0,23	***
CNCPS	EHEM	ETriEM	EHEM	EHAF	EHSC	et	Sig
N Heces (g/d)	213	211	213	213	189	1,92	***
N Orina (g/d)	161	155	201	209	222	4,20	***
N Heces + Orina (g/d)	374	366	414	422	411	4,45	***
N Leche (% ingerido)	19,9	20,3	20,5	20,4	22,1	0,13	***
Significación							
	Heces		Orina	Heces+Orina		% N leche	
Experimento	***		***	NS		***	
Ensilado	***		***	***		NS	
Sistema	***		***	***		***	
Ensilado x Sistema	***		***	***		***	
Sistema							
	Observado	HERAS	CNCPS	et	Sig		
N Heces (g/d)	172	171	208	1,77	***		
N Orina (g/d)	158	162	189	2,0	***		
N Heces + Orina (g/d)	329	327	397	3,27	***		
N Leche (% ingerido)	19,3	18,9	19,7	0,15	*		

***p<0,001; ** p<0,01; *p<0,04; NS: no significativo a (P>0,05); et: error típico de la media

El N de la orina observado fue $158 \pm 1,6$ g N/d, sin diferencias significativas con el modelo HERAS ($161 \pm 2,0$ g) y mayor (P<0,001), respecto al CNCPS ($189 \pm 4,2$ g) (Tabla 1). En cualquier caso, para vacas alimentadas con raciones con 80% de forraje, e independientemente si es ensilado de hierba o hierba verde más ensilado, el 70% del N procedente de la orina es explicado por el modelo HERAS y, el 57% por el *Net Carbohydrate and Protein System*. No obstante, entre modelos, la correlación resultante fue ($r^2=0,90$).

El 70% del N excretado en leche es explicado por el modelo HERAS, sin relación significativa respecto al CNCPS. Posiblemente, el modelo HERAS diseñado para bajos consumos de concentrado y elevadas ingestiones de ensilado, al igual que

en el presente trabajo, represente una eficiencia en la utilización del N para la producción de leche más semejante. No obstante, las diferencias entre las estimaciones por el CNCPS y HERAS, son incuestionables, atribuido a las diferencias intrínsecas de partida en los sistemas de alimentación (intensivos vs semi-intensivos) de cada modelo.

CONCLUSIONES

Independientemente del tipo de conservante añadido al ensilado de hierba, el *Net Carbohydrate and Protein System* estima cantidades de N más elevadas que el modelo HERAS, tanto el N de las heces y de la orina, como el N total. Sin embargo, los porcentajes de N recuperado en leche son muy semejantes. Entre sistemas (CNCPS vs HERAS), la mejor relación se obtiene con el N procedente de la orina.

Tabla 4
Predicción de la excreción de N según sistema de valoración

	Y = a + bx	R ²	ES	n
<i>Observado vs HERAS</i>				
N heces (g/d)	Y = 78,88 + 0,54 HERAS s.e. ±10,28 ^{***} ±0,06 ^{***}	0,63	6,55	55
N orina (g/d)	Y = 50,5 + 0,66 HERAS s.e. ±10,08 ^{***} ±0,062 ^{***}	0,70	6,26	55
N heces + orina (g/d)	Y = 114,7 + 0,65 HERAS s.e. ±34,12 ^{***} ±0,104 ^{***}	0,45	12,9	55
N leche (% ingerido)	Y = -0,246 + 1,03 HERAS s.e. ±1,85 ^{***} ±0,098 ^{***}	0,70	1,15	55
<i>Observado vs CNCPS</i>				
N heces (g/d)	Y = 92,35 + 0,38 CNCPS s.e. ±0,38 ^{***} ±0,099 ^{***}	0,24	9,42	55
N orina (g/d)	Y = 102,8 + 0,289 CNCPS s.e. ±6,94 ^{***} ±0,036 ^{***}	0,57	7,53	55
N heces + orina (g/d)	Y = 209,2 + 0,30 CNCPS s.e. ±0,30 ^{***} ±0,067 ^{***}	0,29	14,7	55
N leche (% ingerido)	-	NS	-	55
<i>HERAS vs CNCPS</i>				
N heces (g/d)	Y = 36,38 + 0,64 CNCPS s.e. ±28,45 ^{NS} ±0,137 ^{***}	0,32	13,04	55
N orina (g/d)	Y = 74,07 + 0,46 CNCPS s.e. ±4,04 ^{***} ±0,021 ^{***}	0,90	4,38	55
N heces + orina (g/d)	Y = 197,9 + 0,32 CNCPS s.e. ±26,63 ^{***} ±0,067 ^{***}	0,33	14,74	55
N leche (% ingerido)	-	NS	-	55

***p<0,001; ** p<0,01; *p<0,05; **NS**: no significativo a (p>0,05); **e.s.**: error estándar del parámetro estimado; **n**: número de casos; **R²**: coeficiente de determinación

BIBLIOGRAFIA

- FOX, D.G.; T.P. TYLUTKI; L.O. TEDESCHI; M.E. VAN AMBURGH; L.E. CHASE; A.N. PELL; T.R. OVERTON; J.B. RUSSELL, 2003. CNCPS version 5.0. Model documentation. *Department of Animal Science, Cornell University* 288 pag.
- EDWARDS, N.; PARKER, W. 1994. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* **54**:267-277.
- MEHREZ, A.A.; ØRSKOV, E.R., 1977. *Journal Agri. Sci.*, Cambridge **88**: 645-650.
- MERTENS, D.R., 1997. *J. Dairy Sci.* **80**:1463-1481.
- MULLER, L.; KOLVER, E.; HOLDEN, L. 1995. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf., Rochester, NY. Cornell univ., Ithaca, NY.
- SALCEDO, G. 2000. *Invest. Agr.:Prod. Sanid. Anim.* Vol 15 (3):125-135.
- SALCEDO, G. 2006. Uso sostenible del nitrógeno en la alimentación de vacas lecheras. Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria. ISBN: 84-935016-1-1
- SAS, 1988. SAS/STAT User's Guide. SAS-Institute Inc.; Cary, NC.