

PREDICCIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA DE SILOS DE HIERBA MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS. II. VALIDACIÓN DE LAS ECUACIONES DE PREDICCIÓN

A. García-Rodríguez¹, L. Lorenzo¹, A. Igarzabal¹, L. M. Oregui¹ y G. Flores²

¹ NEIKER, A.B. - Granja Modelo de Arkaute, Apartado 46, 01080 Vitoria-Gasteiz

² Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080 A Coruña

INTRODUCCIÓN

La técnica de producción de gas ha permitido la obtención de ecuaciones de predicción de la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DMO) de silos de hierba. Sin embargo, es necesario establecer si estas ecuaciones son aptas para su uso. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo ha sido la validación de las ecuaciones obtenidas para la estimación de la DMO de silos de hierba.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las ecuaciones de predicción de la DMO de silos de hierba utilizadas a partir de la producción de gas *in vitro* corresponden a las descritas por García-Rodríguez *et al.*, (2003).

Para el ensayo de producción de gas se emplearon como fuente de inóculo ruminal cuatro ovejas Latxas fistuladas en el rumen. La ración consistió en heno de alfalfa y cebada (70:30 MS) repartido en dos raciones iguales (8:30; 17:30) y cubriendo 1,2 veces las necesidades de mantenimiento.

La recolección del contenido ruminal se realizó antes de la distribución de la ración de la mañana (8:00). Una vez filtrado a través de 3 gasas se recogió el líquido ruminal de cada oveja termos previamente calentados. Una vez obtenido se transportó al laboratorio donde se procedió de nuevo a su filtrado a través de 3 gasas mezclando los contenidos bajo flujo permanente de CO₂ y en baño termostatzado. De cada muestra se pesaron por triplicado 500 mg MS en botellas de suero de 125 ml y se inocularon con líquido ruminal (10 ml) y buffer (40 ml) preparado de víspera (Mauricio *et al.*, 1999). Las botellas se sellaron herméticamente y se incubaron en un baño maría a temperatura constante (39°C).

La determinación de la producción de gas *in vitro* se realizó mediante la técnica descrita por (Mauricio *et al.*, 1999). La lectura de la presión acumulada en el espacio de cabeza de cada botella, previa agitación, se realizó a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 y 96 horas tras la inoculación, liberando posteriormente el gas acumulado. Los volúmenes de gas se corrigieron por la cantidad de gas liberado por un blanco (buffer más líquido ruminal) y por la cantidad de materia orgánica incubada en cada botella. El perfil de producción de gas se obtuvo a partir de dos series diferentes que tienen lugar en dos semanas distintas ajustándolo al modelo $p=A+B(1-e^{-ct})$ (Orskov y McDonald, 1979), donde A representa la fracción inmediatamente soluble, B la fracción insoluble pero potencialmente degradable y c representa la tasa de producción de gas. Al final de la reacción se midió el pH de cada botella.

Para la validación de los modelos predictivos se utilizó un proceso secuencial de validación cruzada en el cual del conjunto de calibración era excluida secuencialmente una de las muestras, sobre la que se realizó la validación de la predicción de la digestibilidad *in vivo* a partir del modelo de calibración generado (Flores *et al.*, 2002). Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS (S.A.S., 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las ecuaciones de predicción de la DMO, los coeficientes de determinación resultantes (R^2) y los errores mínimos (rsd), tanto de la validación como de la calibración se encuentran descritos en la tabla 1.

Tabla 1 Ecuaciones de predicción de la DMO a partir de la producción acumulada de gas, modelización, PB, FND, FAD, pH y materia seca.

Ecuaciones y parámetros	Calibración		Validación Cruzada		
	R^2_c	rsd _c	R^2_{cv}	rsd _{cv}	BIAS
(1) 567,60+7,02(G12)-17,87(G15)+11,09(G19)+10,97(G36)-9,94(G72)	0,793	35,23	0,748	37,59	-0,05
(2) 181,15-8,47(G15)+10,52(G19)-0,73(G96)+0,92(CP)	0,829	31,80	0,806	32,93	0,10
(3) 302,27-1,78(G2)-8,91(15)+11,08(G19)-0,77(G96)+0,21(MS)-36,00(pH) +0,97(CP)	0,868	28,50	0,831	30,76	0,45
(4) 163,16-1,73(A)+0,96(B)+4565,60(c)	0,706	41,40	0,674	42,71	-0,28
(5) 226,03+1,40(B)+1777,10(c)+0,79(CP)-0,25(FND)	0,801	34,30	0,773	35,65	-0,32
(6) 303,33-1,78(A)+0,91(B)+4711,46(c)-31,39(pH)	0,744	38,87	0,704	40,71	0,19
(7) 170,41+1,35(B)+2684,35(c)+1,00(CP)-32,09(pH)	0,823	32,32	0,787	34,54	0,26

G2, G12, G15, G19, G36, G72, G96: producción acumulada de gas (ml g⁻¹ MO) a las 2, 12, 15, 19, 36, 72 y 96 horas tras la inoculación.

A, B, c: parámetros resultantes del ajuste al modelo de Orskov y McDonald (1979).

CP: contenido en proteína bruta (g Kg⁻¹ MS)

FND: contenido en fibra neutro detergente (g Kg⁻¹ MS)

MS: contenido en materia seca (g Kg⁻¹ MS)

Las ecuaciones presentan un alto valor predictivo alcanzando altos valores de varianza expresada y bajos valores de errores mínimos tras la validación. Además, los BIAS obtenidos para todas las ecuaciones se encuentran en torno a cero indicando que los errores se distribuyen homogéneamente en torno a las rectas de calibración.

El ranking de las ecuaciones de predicción en validación fue el mismo que el obtenido en calibración (García-Rodríguez *et al.*, 2003). La capacidad predictiva de estas ecuaciones fue superior a la descrita para otras ecuaciones validadas que se basan en el contenido en pared celular (MADF: R^2_{cv} =0,20; rsd_{cv}=51,0; LIGA: R^2_{cv} =0,14; rsd_{cv}=51,3), ecuaciones basadas en técnicas enzimáticas (pepsina-celulasa: R^2_{cv} =0,40; rsd_{cv}=47,0) y el método de Tilley y Terry (1963) (R^2_{cv} =0,64; rsd_{cv}=36,0). De todas las ecuaciones descritas basadas bien en la producción puntual acumulada de gas o bien en el ajuste, tanto en validación como en calibración, las que menor error de predicción presentan son las ecuaciones 3 y 7 (tabla 1). Sin embargo, dada la posible problemática que conlleva la utilización del pH de la muestra del laboratorio se sugieren aquellas ecuaciones en las que no se ha incluido esta variable, siendo por tanto las ecuaciones 2 y 5 (tabla 1) las que menores errores mínimos presentan.

En conclusión, la técnica de producción de gas permite la obtención de ecuaciones de predicción de la digestibilidad aparente de la materia orgánica de silos de hierba suficientemente robustas como para utilizarlas rutinariamente en laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Flores, G., Gonzalez-Arreaez, A., Castro, J., Castro, P. y Cardelle, M. (2002). Predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de ensilajes de maíz a partir de la composición química y digestibilidad in vitro. XLII Reunión Científica de la SEEP, Lleida (España), 407-412 pp.
- García-Rodríguez, A., Igarzabal, A., Lorenzo, L., Oregui, L. M. y Flores, G. (2003). Predicción de la digestibilidad de la materia orgánica de silos de hierba mediante la técnica de producción de gas. I. Cálculo de las ecuaciones de predicción. ITEA: En este mismo volumen.
- Mauricio, R.M., Mould, F.L., Dhanoa, M.S., Owen, E., Channa, K.S. y Theodorou, M.K. 1999. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology* **79**: 321-330
- Orskov, E. R. y McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* **92**: 499-503.
- S.A.S (1988). SAS/Stat User's Guide. Cary, NC, Estados Unidos.
- Tilley, J. M. y Terry, R. A. (1963). A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* **18**: 104-111.