PREDICCIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA DE SILOS DE MAÍZ MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS

A. García-Rodríguez[1], A. Igarzabal[1], L. Lorenzo[1], L. M. Oregui[1] y G. Flores[2]
[1] NEIKER, A.B. - Granja Modelo de Arkaute, Apartado 46, 01080 Vitoria-Gasteiz
[2] Centro de Investigacions Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10, 15080 A Coruña

INTRODUCCIÓN

El silo de maíz es un componente importante de la ración del vacuno lechero por lo que resulta de interés disponer de técnicas *in vitro* que permitan una valoración rápida y adecuada de este alimento. En este sentido, la técnica de producción de gas se ha utilizado para predecir la digestibilidad *in vivo* de otros forrajes como hierba fresca (Chenost *et al.*, 2001) y heno (Khazaal *et al.*, 1995) de una forma adecuada. Sin embargo, en la bibliografía no se ha encontrado que la técnica de producción de gas se haya empleado en la valoración de silos de maíz.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue comprobar si la técnica de producción de gas se puede utilizar como herramienta a la hora de determinar la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DMO) de silos de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio, se seleccionaron 27 muestras de silos de maíz de la colección del CIAM considerando su rango de variación de la DMO (media=669 g Kg^{-1} MS; rango=161 g Kg^{-1} MS) y la disponibilidad de los contenidos medios de PB (71 g Kg^{-1} MS), FND (511 g Kg^{-1} MS), FAD (293 g Kg^{-1} MS), almidón (228 g Kg^{-1} MS), pH (3,8) y determinándose de forma paralela la materia seca (293 g Kg^{-1} MF).

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) con el objetivo de satisfacer 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 en termos previamente calentados. El líquido ruminal así 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 CO_2. 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). Las botellas se sellaron herméticamente y se incubaron en un baño de agua a temperatura constante (39ºC±0,1).

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 la cabeza de 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.

Con el objetivo de establecer la posible relación entre la digestibilidad aparente de la materia orgánica y los parámetros de la curva de producción de gas (producción acumulada o parámetros resultantes de la modelización), contenido en proteína bruta, FND, FAD, almidón, pH y materia seca corregida del silo, se utilizó el procedimiento de regresión múltiple (selection stepwise)(S.A.S, *1988*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre la producción de gas y la desaparición de material fue lineal ya que el pH al final de la reacción se mantuvo en todas las muestras por encima de 6,0 (Pell y Schofield, *1993*).

Los parámetros seleccionados por el procedimiento de regresión múltiple y las ecuaciones de predicción de la DMO resultantes se encuentran en la tabla 1.

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

Ecuación y parámetros utilizados	R^2	P<	rsd
(1) DMO=649,96+3,92(G24)-2,86(G96)	0,533	0,0001	30,09
G24	*0,462	0,0031	
G96	*0,071	0,0680	
(2) DMO=109,13+2,03(G24)+1,39(PB)	0,604	0,0001	27,72
G24	*0,462	0,0001	
PB	*0,142	0,0073	
(3) DMO=293,02+1,90(G24)-38,53(pH) +1,29(PB)	0,669	0,0001	25,86
G24	*0,462	0,0001	
PB	*0,142	0,0073	
pH	*0,065	0,0432	
(4) DMO=431,21+3824,02(c)	0,410	0,0003	33,13
(5) DMO=-61,43+1,43(B)+2942,5(c)+1,4(PB)	0,588	0,0001	28,86
c	0,410	0,0075	
B	0,084	0,0411	
PB	0,094	0,0107	
(6) DMO=549,27+4137,78(c)-55,18(pH)+1,04(PB)	0,644	0,0001	26.82
c	0,410	0,0001	
pH	0,151	0,0063	
PB	0,083	0.0300	

*: R^2 parciales
DMO: digestibilidad aparente de la materia orgánica (g Kg^{-1} MS)
PB: proteína bruta (g Kg^{-1})
G24, G72, G96: producción acumulada de gas (ml g^{-1} MO) a las 24, 72 y 96 horas respectivamente
B, c: parámetros resultantes del ajuste al modelo de Orskov y McDonald (1979)

Las ecuaciones de predicción de la DMO obtenidas utilizando los valores puntuales de la curva de producción acumulada de gas fueron superiores a las alcanzadas por las resultantes de utilizar las constantes del ajuste tanto en precisión (rsd=30,09 *vs.* rsd=33,13) como respecto a la varianza explicada (R^2=0,533 *vs.* R^2=0,410). En ambos casos se encontró que un único parámetro (c y G24) asumió la mayor parte de esta varianza explicada (R^2=0,410, R^2=0,462, respectivamente) lo que indicaría que la DMO esta más influenciada por la disponibilidad que por el contenido total de nutrientes. Similares resultados han sido encontrados para silo de

hierba (Garcia-Rodriguez *et al.*, 2003), para hierba fresca y para henos (Chenost *et al.*, 2001)

La predicción mejoró en ambos casos al incorporar a la ecuación el contenido en proteína de los silos (tabla 1). Similares resultados han sido descritos para henos (Khazaal *et al.*, 1995; Chenost *et al.*, 2001) y para silos de hierba (Garcia-Rodriguez *et al.*, 2003). Esto puede ser debido a que la producción total de gas procedente de la fermentación de proteína es menor que la de los hidratos de carbono (Menke y Steingass, *1988*). Por lo tanto, la digestibilidad de aquellos alimentos con mayor contenido en proteína puede verse infravalorada en las ecuaciones de predicción en las que sólo se utilicen parámetros estimados a partir de la producción de gas.

La incorporación de los parámetros indicadores de la conservación del silo, en particular el pH, junto con parámetros de analítica química en el modelo de regresión múltiple mejoraron la predicción de la digestibilidad (tabla 1). Ello podría asociarse a una mejor conservación de los componentes hidrosolubles del silo (proteína e hidratos de carbono) cuanto menor es el pH, para un mismo contenido en MS. Sin embargo el pH es un parámetro que esta sujeto a modificaciones durante el proceso de muestreo y su remisión al laboratorio por lo que el pH laboratorial puede no representar fielmente al que tenia el silo. Por consiguiente, en caso de trabajar con silos en los que no se tenga la certeza de una óptima toma de muestras, silos de explotaciones comerciales, sería conveniente utilizar las ecuaciones que considera los resultados de producción de gas y los parámetros de la analítica química sin que ello suponga un incremento importante en el error de predicción.

Los R^2 alcanzados fueron inferiores a los descritos para silos de hierba (Garcia-Rodriguez *et al.*, 2003) pudiendo haber sido debido al menor rango de variación inicial de la DMO para los silos de maíz (161 g Kg^{-1} MS). Sin embargo, la precisión en la estimación fue incluso superior a la descrita para silos de hierba y similar a la de otros métodos *in vitro* como el método de la celulasa neutro detergente (R^2=0,664; rsd=25,8)(Givens *et al.*, 1995). Por otro lado, la técnica de producción de gas permite estimar parámetros de cinética de degradación lo cual facilitaría la obtención de estimas de la digestibilidad efectiva.

En conclusión, la técnica de producción de gas, en combinación con el contenido en proteína bruta y el pH del silo, permite una buena estimación de la digestibilidad aparente de la materia orgánica de silos de maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chenost, M., Aufrere, J. y Macheboeuf, D. (2001). *Anim. Res.* **50**: 349-364.

Garcia-Rodriguez, A., Igarzabal, A., Lorenzo, L., Oregui, L. M. y Flores, G. (2003). *ITEA*: En prensa.

Givens, D. I., Cottyn, B. G., Dewey, P. J. S. y Steg, A. (1995). *Anim. Feed Sci. Technol.* **54**: 55-64.

Khazaal, K., Dentinho, M. T., Ribeiro, J. M. y Orskov, E. R. (1995). *Anim. Sci.* **61**: 527-538.

Mauricio, R. M., Mould, F. L., Dhanoa, M. S., Owen, E., Kulwant, C. S. y Theodorou, M. K. (1999). *Anim. Feed Sci. Technol.* **79**: 321-330.

Menke, K. H. y Steingass, H. (1988). *An. Res. Develop.* **28**: 7-55.

Orskov, E. R. y McDonald, I. (1979). *J. Agric. Sci. (Camb.)* **92**: 499-503.

Pell, A. N. y Schofield, P. (1993). *J. Dary Sci.* **76**: 1063-1073.

S.A.S (1988). SAS/Stat User's Guide. Cary, NC, Estados Unidos.