

## EFECTO DEL FORRAJE Y DE LA INCLUSIÓN DE CONCENTRADO EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GAS Y METANO EN OVINO

S. LOBÓN, F. MOLINO, M. A. LEGUA, P. ESEVERRI, M. A. CESPEDES Y M. JOY

Centro de tecnología en producción animal. CITA. Avda. Montañana, 930. 50059-Zaragoza  
(España). [mjoy@aragon.es](mailto:mjoy@aragon.es).

### RESUMEN

El objetivo fue determinar la producción de gas, metano y tasa de digestión de dietas forrajeras y el efecto de la inclusión de cebada y maíz en dichas dietas. Se estudiaron cuatro forrajes: alfalfa (*Medicago sativa* cv Aragon), esparceta (*Onobrichis sativa*, cv Reznos), heno de prado de montaña (Joy *et al.*, 2014) y paja de cereal; y dos concentrados: cebada y maíz molido a 20 o 40% de la dieta. La producción de gas se determinó mediante el análisis *in vitro* (Ankom Technology, Ankom 2011) a las 24 h de incubación. Los resultados mostraron que la alfalfa fue el forraje con mayor producción de gas y metano y menor tasa de digestibilidad que la esparceta y el heno de prado. La inclusión de cebada y maíz, provocó siempre un incremento de la producción de gas y de metano, excepto en la paja, independientemente de la dosis incluida. Además ambos cereales provocaron un aumento de la digestibilidad siendo dicho incremento menor cuando la proporción de concentrado añadido era de 20%, mientras que ambos cereales se comportaron de forma similar.

**Palabras claves:** alfalfa, esparceta, paja, heno de prado, digestibilidad

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha cobrado especial relevancia el debate sobre la contribución de la ganadería al cambio climático, estimándose que el 18% del total de emisiones de gases de efecto invernadero proceden de la ganadería. Por ello, actualmente numerosos estudios han centrado su atención en la reducción de las emisiones de metano procedentes de la fermentación ruminal (Bodas *et al.*, 2008; Eckard *et al.*, 2010). A esta problemática se le debe añadir la pérdida de energía de la dieta para la síntesis de metano en el rumen (Pellikaan *et al.*, 2011) lo que supone un mayor coste para la producción. Es conocido que la adición de concentrado en la dieta forrajera y/o la presencia de taninos pueden reducir las emisiones de metano (Kamra *et al.*, 2006), y mejorar la tasa de digestibilidad. La alfalfa y la esparceta son leguminosas ampliamente utilizadas para la alimentación del rumiante, presentando la esparceta un contenido medio en taninos mientras que la alfalfa no contiene. El heno de prado de montaña y la paja son otras dos fuentes forrajeras comúnmente utilizadas en las dietas de rumiantes. La inclusión de cebada o maíz en las dietas de ovejas es habitual, favoreciendo una

fermentación propiónica por su elevado contenido en hidratos de carbono de reserva, lo que indirectamente disminuye la producción de metano. El objetivo del presente estudio fue determinar la producción de gas, metano y tasa de digestión de 4 fuentes forrajeras así como el efecto de la inclusión de cebada y maíz en la dieta sobre dichas producciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizamos cuatro forrajes, alfalfa (*Medicago sativa* cv Aragon), esparceta (*Onobrichis sativa*, cv Reznos), heno de prado de montaña (Joy et al., 2012) y paja de cereal; y dos concentrados cebada y maíz molido. Se evaluaron tres tipos de dietas: 100% forrajera, 80:20 y 60:40 forraje: concentrado. La producción de gas se determinó mediante el análisis *in vitro* del sistema Ankom (Ankom Technology, Ankom 2011) a las 24 h de incubación. Para ello se utilizaron botes de 310 ml de capacidad, dotados de un sensor de presión y de temperatura en los que se incubaba durante 24 h 0.5 g de muestra con 120 ml de la solución tamponada de saliva:líquido ruminal (2:1 v/v).

El líquido ruminal procedía de 4 moruecos canulados en rumen y alimentados con una dieta constituida por heno de alfalfa y cebada en una proporción de 70:30. Los animales tenían libre acceso a agua y minerales. El manejo de los animales siempre se realizó bajo las directrices de la normativa vigente referente a experimentación animal de la UE. El líquido ruminal se obtuvo antes de la ingestión de la dieta por la mañana y se trasladó inmediatamente al laboratorio. Tras ser filtrado a través de cuatro capas de gasa, el líquido ruminal se mezcló con la solución tamponada de saliva: líquido ruminal. La solución final se colocó en un baño a 39°C con un flujo continuo de CO<sub>2</sub>. Semanalmente se evaluaban una tanda con 48 botes, tres repeticiones por muestra y se añadían tres blancos y tres patrones para evaluar la variación entre tandas de incubación. A las 24h se tomaban muestras de gas para su posterior determinación del metano en el cromatógrafo de gases.

Los forrajes y concentrados se pesaron y se secaron a 60°C en estufa de ventilación forzada hasta peso constante. El contenido en cenizas se determinó de acuerdo con los métodos AOAC (1999), el contenido en proteína bruta (PB) por el método Dumas y el contenido en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAC) por el método Van Soest *et al.* (1991). La digestibilidad de la materia seca se estimaba a partir de la desaparición de la muestra en el tiempo de incubación.

Se realizaron análisis de varianza con un modelo lineal general (procedimiento GLM) utilizando el paquete estadístico SAS (v.9.3) con el forraje, concentrado y proporción y sus interacciones como efectos fijos. Las interacciones fueron eliminadas del modelo cuando no fueron significativas ( $P>0,05$ ). Se obtuvieron las medias mínimo cuadráticas, el error estándar y se compararon las medias mediante el test de Tukey.

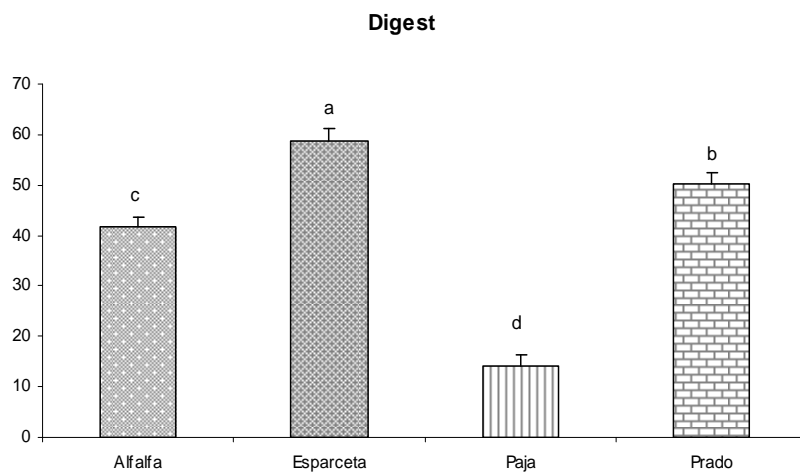
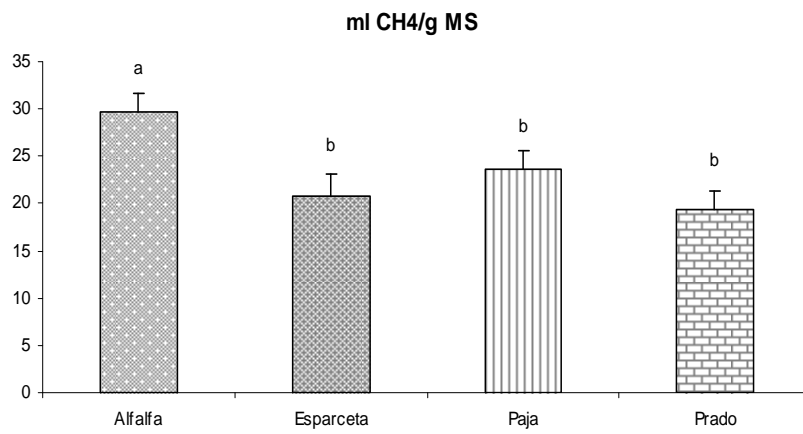
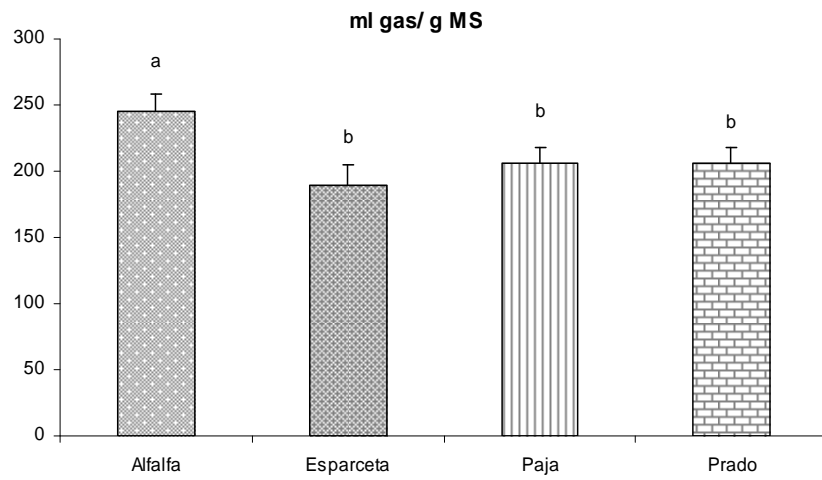
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los cuatro forrajes y los dos cereales se muestra en la Tabla 1. Destacar el alto contenido en FND y FAD y bajo en PB de la paja, lo que es responsable de los resultados expuestos posteriormente. En la Figura 1 se representan las producciones de gas y metano y la digestibilidad de los cuatro forrajes estudiados. La producción de gas observada tras 24 h de incubación de los forrajes fue de media 200 ml gas/g MS, excepto en el caso de la alfalfa, la cual presentó un producción significativamente mayor al resto (245 ml gas/g MS;  $P<0,05$ ).

**Tabla 1: Valor nutritivo (g/100 g sustancia seca) de los forrajes y concentrados.**

	Cenizas	PB	FND	FAD	LAD
<b>Forraje</b>					
<b>Alfalfa</b>	8,66	12,24	54,55	33,75	5,68
<b>Esparceta</b>	8,36	20,17	43,04	29,59	6,57
<b>Paja</b>	3,73	4,94	80,04	44,98	5,11
<b>Prado</b>	1,83	15,24	53,59	33,01	5,55
<b>Concentrado</b>					
<b>Cebada</b>	2,65	13,87	23,78	3,81	0,13
<b>Maíz</b>	1,62	8,58	17,67	2,56	0,22

La producción de metano se comportó de forma similar a la de gas, observándose que la alfalfa presentaba la mayor producción de metano, sin observarse diferencias entre los restantes forrajes (29,6 vs 21,22 ml CH<sub>4</sub>/g MS;  $P<0,05$ ). En relación a la tasa de digestibilidad estimada *in vitro*, se observó diferencias entre los cuatro forrajes estudiados, con una mayor tasa de digestibilidad de la esparceta (58,6%), seguido por el heno de prado (50,3%), la alfalfa (41%) y la paja (14%), siendo todas ellas significativamente diferentes entre sí ( $P<0,05$ ).



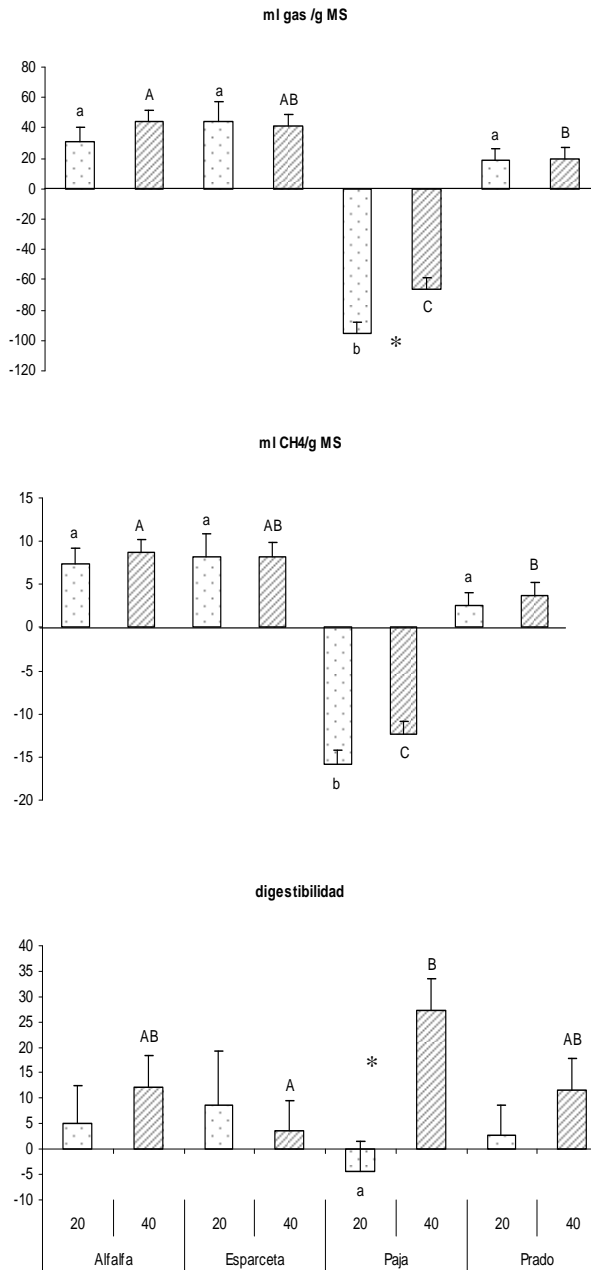
**Figura 1: Pproducción de gas y de metano (ml/g de sustancia seca) y tasa de digestibilidad de la materia seca (% dMS) de alfalfa, esparceta, paja y heno de prado. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ )**

La menor producción de gas y metano en la esparceta está ligada al mayor contenido en taninos condensados que presenta dicho forraje (Theodoridou et al., 2011). La alfalfa se caracteriza por no presentar taninos, lo que puede ser responsable de la mayor producción de gas observada frente a la esparceta. Aún no se ha determinado el contenido de taninos del heno del prado natural, procedente del pirineo Oscense, por lo que no se puede concretar su relación con la producción de gas y metano.

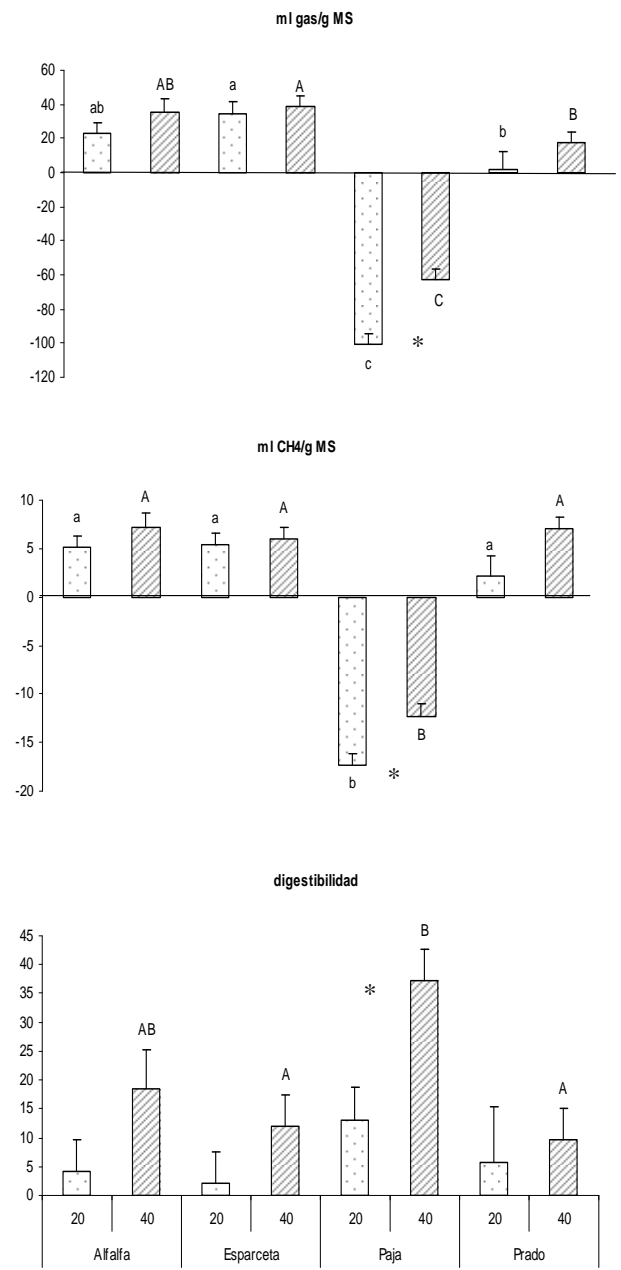
La inclusión de cebada y maíz en las dietas forrajeras estudiadas (Figura 2), provocó siempre un incremento de la producción de gas y de metano excepto cuando el forraje era paja. La dosis incluida (20 vs 40) no tuvo efecto ( $P > 0,05$ ) excepto en la paja ( $P < 0,05$ ), donde se registró una mayor disminución de la producción de gas y metano cuando se añadía el 20% de cebada o maíz ( $P < 0,05$ ). La cebada y el maíz tuvieron un efecto similar sobre la producción de metano en la alfalfa, esparceta y heno de prado. Por el contrario la adición de concentrado en la paja se comportó a la inversa, observándose una reducción significativa de la producción de metano y de gas en relación al resto de forrajes ( $P < 0,05$ ).

La tasa de digestibilidad estimada también incremento con la inclusión de cebada y maíz, independientemente de la proporción ( $P < 0,05$ ), excepto en la paja con cebada en una proporción de 80:20, que presento una reducción de la digestibilidad, siendo difícil la explicación de dicho comportamiento. Una posible causa pudo ser el tiempo de incubación estudiado. Es conocida la lenta degradabilidad de la paja por su alto grado de lignificación, lo que hace que la tasa a 24 h de incubación sea muy baja y su determinación puede conllevar a errores elevados. La inclusión de concentrado incremento la digestibilidad de la dieta entre un 4 y un 18% cuando el forraje era la alfalfa, entre un 2 y un 12% para la esparceta, entre un -4 y 37% para la paja y entre 2 y 12% para el heno de prado, siendo siempre el incremento más bajo cuando la proporción de concentrado añadido era de 20%.

a) Cebada



b) Maíz



**Figura 2: Variación de la producción de gas y de metano (ml/g de materia seca) y de la tasa de digestibilidad de la materia seca (%MS) al añadir cebada o maíz molido en una proporción de 20 ó 40% a una dieta de alfalfa, esparceta, paja y heno de prado. \* diferencias dentro del mismo forraje; letras minúsculas corresponden a forrajes con un 20 % de concentrado; letras mayúsculas a forrajes con un 40% de concentrado.**

## CONCLUSIÓN

La producción de gas y metano es significativamente superior en la alfalfa frente a la esparceta, heno de prado y paja. La menor producción observada en la paja esta relacionada con su baja tasa de digestibilidad, lo que evita la formación de gas y metano por falta de degradabilidad en el rumen. La inclusión de cebada y maíz en un porcentaje de 20 o 40% de la dieta forrajera produce siempre un incremento de dichas producciones, excepto en la paja. La digestibilidad de todos los forrajes se incremento con la adición de los concentrados estudiados, independientemente de la dosis incluida en la dieta. De entre todos los forrajes estudiados, la esparceta seguida del heno del prado fueron las dietas que produjeron menor producción de gas y metano y que presentaron una mejor digestibilidad. La adición de concentrado mejoró la digestibilidad e incrementó la producción de gas y metano en relación al forraje como único ingrediente de la dieta.

## AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA-RTA-2011-133-C02-02 y el INIA-RZP-2013-00001-00-00.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (1999) Official methods of analysis. AOAC International, Maryland, U.S.A.
- BODAS R., LÓPEZ S., FERNÁNDEZ M., CARCIA-GONZÁLEZ R., RODRÍGUEZ A.B, WALLACE R.J. Y GONZÁLEZ J.S. (2008) In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* **145**, 245–258.
- ECKARD R.J., GRAINGER C. Y DE KLEIN C.A.M. (2010) Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. *Livestock. Science* **130**, 47–56.
- JOY M., RIPOLL-BOSCH R., SANZ A., MOLINO F., BLASCO I. Y ALVAREZ-RADRIGUEZ J. (2014) Effects of concentrate supplementation on forage intake, metabolic profile and milk fatty acid composition of unselected ewes raising lambs. *Animal Feed Science and Technology*, **187**: 19-29.
- KAMRA D.N., AGARWAL N. Y CHAUDHARY L.C. (2006) Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. *Int. Congress Ser.* **1293**, 156–163.
- PELLIKAAN W.F., HENDRINKS W.H., UWIMANA G., BONGERS L.J.G.M., BECKER P.M. Y CONE, J.W. (2011) A novel method to determine simultaneously methane production Turing in Vitro gas production using fully automated equipment. *Animal Feed Science and Technology* **168**, 196-205.

- THEODORIDOU K., AUFRÈRE J., ANDUEZA D., LE MORVAN A., PICARD F., STRINGANO E., POURRAT J., MUELLER-HARVEY I.Y BAUMONT R. (2011) Effect of plant development during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and lucerne. *Grass and Forage Science*. **66**, 402-414.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* **74**, 3583-3597.

## **EFFECT OF FORAGE AND CONCENTRATE ADDITION IN SHEEP DIETS ON GAS AND METHANE PRODUCTION**

### **SUMMARY**

The aim of study was to determinate the gas and methane production, and the digestibility rate of forage diets and the effect of the inclusion of barley and corn. Four forages were studied: alfalfa (*Medicago sativa* cv Aragon), sainfoin (*Onobrychis sativa*, cv Reznos), mountain pasture hay (Joy *et al.*, 2014) and straw, and two cereal, barley and corn which were added to forage diet at 20 or 40%. The gas production was determinate through an in vitro analysis (Ankom Technology, Ankom 2011) at 24 h of incubation. Results showed that the alfalfa had the major production of gas and methane ( $P<0,05$ ) and a minor rate of digestibility than sainfoin and pasture hay ( $P<0,05$ ). The inclusion of barley and corn increase always the production of gas and methane, except in straw, regardless of the proportion included. In addition, both cereals increased the digestibility, although this increase was lower when concentrate was added at 20%. In conclusion, the sainfoin and the pasture hay presented the minor gas and methane production and the major digestibility, and both cereals had similar effect among them.

**Key words:** alfalfa, sainfoin, straw, meadow hay, digestibility