

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO ALIMENTADAS CON DIETAS BASADAS EN ENSILADO DE RAIGRÁS ITALIANO O DE LEGUMINOSAS

Dachraoui, M., Jiménez-Calderón, J.D., Martínez-Fernández, A., Vicente, F.
Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)
33300 Villaviciosa (Asturias), España. fvicente@serida.org

INTRODUCCIÓN

El sector lechero juega un papel importante en la producción ganadera, sin embargo, es una fuente de producción de gases de efecto invernadero (GEI), ya que contribuye con el 3% del total de las emisiones antropogénicas. Además, la industria de fabricación de piensos representa aproximadamente el 10% de las emisiones y el almacenamiento del estiércol puede alcanzar hasta el 9% (Gerber et al., 2010). El mayor porcentaje de las emisiones de metano en el ganado se debe a la fermentación entérica de los rumiantes que se ha incrementado un 11% desde 2001 hasta 2011 (Tubiello et al., 2014). Se han propuesto diferentes ecuaciones para estimar la producción de gases de efecto invernadero que se basan en el tipo de alimentación, el consumo de materia seca (Kebreab et al., 2008) y también en el propio animal (Yan et al., 2002). El objetivo de este estudio fue estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en vacas Holstein en pastoreo alimentadas con raciones basadas en ensilado de raigrás italiano cultivado de modo convencional (fertilización mineral), o con ensilado del inter-cultivo de haba y colza forrajera fertilizada con estiércol y purines (fertilización orgánica) procedente de la propia explotación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos llevados a cabo con 10 vacas Holstein cada uno en la primavera y en el otoño de 2013. Los animales al inicio de los ensayos estaban con $100 \pm 8,2$ días en leche (media \pm e.e.), $2,3 \pm 0,22$ lactaciones, $614 \pm 16,5$ kg de peso vivo y una producción de $28,0 \pm 1,26$ L/d. En cada ensayo, los animales fueron divididos al azar en 2 grupos y en ambos ensayos, dos ensilados diferentes fueron ofertados a las vacas dentro de una mezcla completa. En la Tabla 1 se muestra la composición de ingredientes.

Tabla 1. Composición y valor nutritivo de las dietas en las dos estaciones de pastoreo.

Ingredientes (%MS)	Primavera		Otoño	
	Orgánica	Convencional	Orgánica	Convencional
Ensilado de maíz ¹	32,56	35,30	-	-
Ensilado raigrás italiano ²	-	36,85	-	32,38
Ensilado haba-colza ³	43,53	-	37,92	-
Heno alfalfa	-	-	23,35	25,44
Paja	15,62	16,16	6,58	7,16
Concentrado	8,29	11,69	32,15	35,02

¹ Cultivado con abono químico en la dieta convencional y con abono orgánico en la alternativa. ² Cultivado en el modo convencional. ³ Cultivadas con fertilización orgánica.

Los animales tuvieron acceso al pasto durante 12 horas al día en primavera y 7 horas en otoño en prados donde predominaba *Lolium perenne* y *Agrostis spp.* El consumo de las mezclas completas se determinó mediante un sistema computerizado de control de ingestión individual. El consumo de hierba en pastoreo se estimó utilizando el método de rendimiento animal descrito por Macoon et al. (2003), que estima la ingestión de hierba en los animales en pastoreo a partir del cálculo de los requerimientos de energía neta del ganado y el consumo de energía neta del alimento proporcionado en el establo. La diferencia entre estas determinaciones estima la cantidad de energía neta aportada por el pasto. Los consumos de mezclas y concentrado extra, así como la producción de leche, se registraron diariamente.

El modelo utilizado para estimar las emisiones de gases es el propuesto por el IPCC 2006 Tier 2, que incorpora la ingestión de materia seca, la producción del animal, el factor de conversión de CH₄ para las vacas lecheras (porcentaje de energía bruta del alimento convertida en metano) y el factor de emisión de metano en función de la energía bruta

ingerida y de la digestibilidad de la misma. El consumo de materia seca y las emisiones de CH₄ se analizaron mediante un modelo lineal teniendo en cuenta el tipo de ración y la estación (primavera y otoño) como factores principales (R Core, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ingestión de la mezcla completa fue diferente en cada estación según la dieta aportada ($P < 0,01$), en primavera la ingestión de la mezcla convencional fue superior a la de la mezcla orgánica ($P < 0,001$), mientras que en otoño la ingestión de mezcla convencional fue similar a la de la mezcla orgánica ($P > 0,05$; Tabla 2). En promedio, la ingestión de mezcla completa fue inferior en primavera que en otoño ($P < 0,001$; Tabla 3) porque la duración del pastoreo fue cinco horas superior en primavera que en otoño. De igual manera, la producción de metano diaria derivada de la ingestión de la mezcla completa (kg/d) o cuando se expresa como g CH₄/kg MS de mezcla se vio afectada por la interacción entre la dieta y la estación del año ($P < 0,01$). Las emisiones diarias de metano fueron superiores en la mezcla convencional que en la orgánica ($P < 0,01$) en primavera mientras que no difirieron en otoño ($P > 0,05$). Cuando las emisiones de metano se expresaron por kg MS de mezcla, no se observaron diferencias entre estaciones con la mezcla orgánica, mientras que con la mezcla convencional, las emisiones en primavera fueron las más elevadas y en otoño inferiores al resto de tratamientos ($P < 0,05$). En promedio, las emisiones de metano fueron mayores en primavera que en otoño ($P < 0,001$). Esta diferencia podría ser debida al hecho que la ración de las vacas solamente incluía ensilado de maíz en primavera.

Tabla 2. Ingestión de la mezcla completa (kg MS/d) y estimación de la emisión de metano según la dieta (D) percibida en cada estación (E).

	Primavera		Otoño		rsd	significación		
	Orgánica	Convencional	Orgánica	convencional		D	E	DxE
Ingestión	3,15c	9,38b	11,50a	12,42a	2,855	***	***	**
Producción de metano								
kg/día	0,056c	0,171b	0,198a	0,209a	0,049	***	***	**
g/kg MS	17,85b	18,24a	17,18b	16,84c	0,467	NS	***	*

Para cada parámetro, medias con distinta letra difieren al $P < 0,05$

En la Tabla 3 se muestra la ingestión de la mezcla completa, de hierba y total, la producción de leche y la estimación de las emisiones de metano según la estación y la dieta. La ingestión de mezcla ya ha sido descrita. En cuanto al consumo de la hierba fue mayor en primavera que en otoño, aunque, debido a la elevada variabilidad entre animales, la diferencia no fue significativa. Este mayor consumo se debe al hecho de que las vacas pasaron más tiempo en pastoreo y a la mayor disponibilidad de hierba fresca en primavera que en otoño. Se constata que cuando los animales consumen más hierba producen más cantidad de metano, aunque la diferencia no fue significativa. Considerando la producción de leche y el consumo total de la ración, incluyendo los concentrados, la producción de metano no presentó diferencias significativas ni entre estaciones ni entre dietas. Con los resultados obtenidos a partir de las estimaciones diarias de emisión de metano entérico a partir de la mezcla completa utilizando el modelo del IPCC, éstas son mayores en otoño que en primavera y con la mezcla convencional que con la orgánica al estar relacionadas directamente con la ingestión de materia seca. Ahora bien, cuando las emisiones se expresan por kilogramo de mezcla ingerida no se observaron diferencias entre dietas. La emisión de metano a partir del consumo de hierba fue independiente de la estación y de la ración ofertada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gerber, P., Vellinga T., Opio, C., Henderson, B. & Steinfeld, H. 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector – a life cycle assessment. Roma (Italia).
- IPCC 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Kanagawa (Japón).
- Kebreab, E., Johnson, K. A., Archibeque, S. L., Pape, D. & Wirth, T. 2008. J. Anim. Sci. 86: 2738-2748.
- Macoon B., Sollenberger L. E., Moore J. E., Staples C. R., Fike J. H. & Portier K. M. 2003. J Anim Sci. 81: 2357-2366.
- RCore Team. 2014. R foundation for Statistical Computing. Viena

(Austria). • Tubiello F.N., Salvatore M., Córdor Golec R.D., Ferrara A., Rossi S., Biancalani R., Federici S., Jacobs H. & Flammini A. 2014. ESS Working Paper No. 2, Mar 2014. Roma (Italia). • Yan, T., Agnew, R. E. & Gordon F. J. 2002. Anim. Sci. 75: 141–151.

Tabla 3. Ingestión de la mezcla completa, hierba y materia seca (MS), producción de leche y estimación de las emisiones de metano (kg CH₄) según estación (E) y dieta (D).

	E		D		rsd	Significación		
	Primavera	Otoño	Orgánica	Convencional		D	E	D x E
Ingestión, kg MS/d								
Mezcla	6,27	11,96	7,33	10,90	2,855	***	***	**
Hierba	14,53	9,80	12,00	12,33	10,920	NS	NS	NS
MS ¹	22,59	24,28	25,48	21,39	9,502	NS	NS	NS
Producción de leche, kg/d	26,53	29,21	27,09	28,64	5,728	NS	NS	NS
Producción de metano diaria, kg CH ₄ /d								
mezcla	0,11	0,20	0,13	0,19	0,049	***	***	**
hierba	0,25	0,17	0,21	0,22	0,189	NS	NS	NS
MS ¹	0,38	0,39	0,35	0,42	0,164	NS	NS	NS
Por kg de MS, kg CH ₄ /MS								
mezcla	18,05	17,01	17,52	17,54	0,467	NS	***	*
hierba	15,50	12,56	17,54	17,54	7,280	NS	NS	NS
MS ¹	16,36	16,16	16,11	16,41	0,745	NS	NS	NS
Por kg leche, gCH ₄ /kg leche	14,72	13,68	13,25	15,15	6,358	NS	NS	NS

¹ Incluye ingestión de mezcla, hierba y piensos suplementarios durante el ordeño.

NS: P > 0,05; *: P < 0, 05; **: P < 0, 01; ***: P < 0,001.

Agradecimientos: Trabajo financiado por el proyecto INIA RTA2011-00112 cofinanciado con FEDER de la UE. J. D. Jiménez-Calderón es el beneficiario de una beca predoctoral FPI-INIA.

ESTIMATION OF GREENHOUSE GASES EMISSION IN GRAZING DAIRY COWS FEEDING DIETS BASED ON ITALIAN RYEGRASS OR LEGUME SILAGES

ABSTRACT: The dairy sector plays an important role in the emission of greenhouse gases (GHG). Dairy cows are a significant contributor to total livestock GHG emissions with the main sources being carbon (C) loss from land use change, methane (CH₄) emissions from enteric fermentation, soil nitrous oxide (N₂O) emissions and manure management. For this reason, it is necessary to conduct researches in order to mitigate methane and nitrous oxide emissions from dairy cattle and crop production while trying to maintain the same daily average of milk production. The use of faba bean-rapeseed intercrop silage with organic fertilization has been evaluated as alternative to the Italian ryegrass silage fertilized with chemical fertilization in the diet of grazing dairy cows. Two trials were carried out in spring and autumn 2013 including ten lactating Holstein cows each one. The IPCC 2006 model was used to estimate the greenhouse gases emissions produced by these cows. The intake of the total mixed ration differed between autumn and spring depending on the diet fed, thus the estimation of methane also varied between seasons and diets. The intake of pasture was similar between seasons so methane emissions would be similar too. When the total intake of dry matter was considered and as the average of daily milk production was approximately maintained, the methane emission did not show any difference for both seasons and diets.

Keywords: greenhouse gases, organic fertilization, Italian ryegrass, IPCC.