

UTILIZACIÓN DE ENSILADO DE MAÍZ OBTENIDO MEDIANTE ABONADO ORGÁNICO EN LA RACIÓN DE VACAS PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN LECHERA

USE OF MAIZE SILAGE GROWING WITH ORGANIC FERTILIZER IN DAIRY COWS' RATION TO IMPROVE THE DAIRY SUSTAINABILITY

J.D. JIMÉNEZ-CALDERÓN¹, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ¹, A. GONZÁLEZ¹, M.A. ROJAS-GARDUÑO^{1,2}, A. SOLDADO¹, B. DE LA ROZA-DELGADO¹ Y F. VICENTE¹

¹ Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Ctra. Oviedo s/n. 33300, Villaviciosa (Asturias), España. ² Universidad Austral de Chile. Valdivia (Chile). fvicente@serida.org

RESUMEN

El empleo de purín y estiércol como abono de los cultivos forrajeros es una oportunidad para disminuir el aporte de fertilizantes químicos. Con el objetivo de comparar el efecto del empleo en la ración de un ensilado de maíz producido con fertilización orgánica (OR) u otro con fertilización química (QU) sobre la producción y la calidad de la leche, se realizó en la primavera de 2013 un ensayo con vacas en pastoreo a las que se les ofertaron dos raciones elaboradas con dichos ensilados de maíz. El ensayo se llevó a cabo siguiendo un diseño de cuadrado latino 2x2 con 10 vacas que se encontraban en el segundo tercio de la lactación. La ingestión de alimentos fue similar entre tratamientos. Tampoco se encontraron diferencias en los niveles de producción de leche ni en la calidad de la misma. Estos resultados nos indican que es posible sustituir el abono químico por abono orgánico en el cultivo de maíz para ensilar, sin que ello repercuta en la composición nutricional del maíz obtenido y, por tanto, en la calidad de la leche y el perfil de ácidos grasos.

Palabras clave: purines, estiércol, fertilización, forraje, leche.

SUMMARY

The use of slurry and manure as fertilizer for crops is an opportunity to reduce the input of chemical fertilizers. In order to compare the effect of use in the ration of maize silage produced with organic fertilization (OR) or chemical fertilization (QU) on production and quality of milk, a assay was performed in the spring of 2013 with grazing dairy cows feeding rations made with both maize silages. The trial was carried out according to a 2x2 Latin square design with 10 cows in the second third of lactation. Food intake was similar between treatments. No differences were found in the levels of milk production or milk quality. These results show that it is possible to replace the chemical fertilizer by organic fertilizer in the farming of maize, without impact on the nutritional composition of maize and therefore, on the quality of milk and fatty acids profile.

Key words: slurry, manure, fertilization, forage, milk.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche pasa desde hace algunos años por una crisis de rentabilidad debida principalmente a los elevados precios de las materias primas. Este hecho conduce al sector a la búsqueda de estrategias que permitan reducir costes, sobre todo en alimentación (Álvarez Pinilla y Pérez Méndez, 2010). Considerando que los forrajes representan la parte más importante de la alimentación del vacuno lechero, una vía de actuación puede ser la de trabajar sobre los sistemas de alimentación, promoviendo la producción de forrajes de calidad y mejorando, además, la eficiencia de utilización de recursos propios. La producción intensiva actual de forrajes produce consecuencias negativas sobre los recursos naturales, principalmente sobre el suelo y el agua. La rotación forrajera más habitual en condiciones intensivas de las explotaciones lecheras de la Cornisa Cantábrica es la de maíz forrajero como cultivo de verano y raigrás italiano en invierno. Esta rotación es muy exigente en fertilización nitrogenada y genera por tanto efectos medioambientales negativos (Heinze et al., 2011). El empleo de cultivos sostenibles en las explotaciones lecheras ejercería un efecto beneficioso sobre la fertilidad del suelo y los costes de producción. El uso de los residuos ganaderos (purín y estiércol) como abono es una importante oportunidad para disminuir el aporte de fertilizantes químicos

sin reducir la producción agrícola (Martínez-Fernández et al, 2003). El abonado con estiércol mejora las propiedades físico-químicas del suelo (Butler y Muir, 2006) y ha demostrado efectos positivos en la producción de ensilados de maíz (Butler et al., 2009). Ahora bien, para que esta estrategia sea óptima, es necesario que los forrajes así producidos mantengan unos niveles adecuados tanto en su valor nutritivo como en su respuesta en la producción y calidad de la leche. Bajo estas premisas, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del empleo en la ración de un ensilado de maíz producido con fertilización orgánica (OR) u otro con fertilización química (QU) sobre la producción y la calidad de la leche de vacas en pastoreo y con el mínimo aporte de concentrados posible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se ha llevado a cabo en la finca experimental del SERIDA de Villaviciosa, Asturias (43° 28' 50" N, 5° 26' 27" O, y 10 msnm). Dos parcelas adyacentes de 1,7 ha cada una se sembraron con maíz (*Zea mays* cv. Crazy) como cultivo de verano con una dosis de siembra de unas 90 000 plantas/ha. Cada una de las parcelas recibió un tratamiento de abonado con fertilización química (QU) u orgánica (OR), respectivamente. La parcela QU recibió un abonado de fondo de 60 kg N/ha, 40 kg P₂O₅/ha y 120 kg

K₂O/ha previo a la siembra del cultivo de invierno (*Lolium multiflorum* L.) y 70 kg N/ha en cobertera después el primer corte para ensilado. Posteriormente, previo a la siembra del maíz, se aportaron 125 kg N/ha, 144 kg P₂O₅/ha y 216 kg K₂O/ha seguidos de 75 kg N/ha en cobertera cuando las plantas de maíz alcanzaron los 20 cm. En la parcela OR se usaron estiércol y purín procedentes del rebaño del SERIDA como fertilizantes orgánicos. Dicha fertilización se realizó con 36 t/ha de estiércol y 32 m³/ha de purín para el cultivo de invierno, que fue una asociación de habas forrajera y colza (*Vicia faba* cv Prothabon y *Brassica napus* cv Fricola). Para el cultivo de verano, en esta parcela se emplearon 33 t/ha de estiércol y 84 m³/ha de purín, sin posterior aplicación en cobertera. La composición del purín utilizado fue de 0,52 kg N/m³, 0,28 kg P₂O₅/m³, 0,72 kg K₂O/m³ y el estiércol de 3,24 kg N/t, 1,93 kg P₂O₅/t y 6,23 kg K₂O/t. Para controlar el crecimiento de flora arvense en el maíz, en la parcela QU se utilizó un herbicida selectivo (Primextra Gold®, Syngenta AG, Basilea, Suiza) a una dosis de 4 L/ha, en presiembra. En la parcela OR, la dosis de herbicida se redujo a la mitad (2 L/ha) para evaluar el efecto de control sobre las especies adventicias de la colza. Para el control de plagas se utilizó en ambos casos un insecticida a base de organofosforados (Clorpirifos 480 g/L; Dursban 48®, Syngenta AG, Basilea, Suiza). Ambos tipos de maíz se

ensilaron en silos trinchera cuando el grano estaba en estado pastoso-vítreo.

Los ensilados de maíz producidos con ambos manejos fueron utilizados en un ensayo realizado en la primavera (abril-mayo) de 2013, con 10 vacas Holstein que al inicio del ensayo presentaban unos valores de 146±11,9 días en leche (media ± eem), 2,4 ± 0,17 lactaciones, 608 ± 20,2 kg de PV y una producción de 24,8 ± 1,62 L/d. El ensayo *in vivo* se desarrolló siguiendo el RD 1201/2005, sobre protección de los animales utilizados para la experimentación. Los animales fueron divididos al azar en 2 grupos con el fin de estudiar el efecto de una dieta (QU), en la que el forraje de mayor proporción fue el ensilado de maíz cultivado con abono químico y cuyo cultivo previo de invierno fue rai-grás italiano, frente a otra dieta (OR), donde el forraje principal fue el ensilado de maíz que se cultivó con abono orgánico y con un cultivo de invierno previo de la asociación de habas forrajeras y colza, en un diseño experimental de cuadrado latino 2×2. El ensayo constó de 2 periodos de 21 días cada uno, en los que los 7 últimos fueron de toma de muestras y obtención de datos. Se elaboraron dos raciones TMR (*Total Mixed Ration*) isoenergéticas e isoproteicas que fueron ofertadas ad libitum. Los animales tenían acceso al pasto durante 12 horas al día, entre el ordeño de la tarde y el ordeño de la mañana del día siguiente, en prados en los que

las especies predominantes fueron *Agrostis* spp. (24,37%), *Lolium perenne* L. (10,32%), *Bromus* spp. (10,30%) y *Trifolium repens* L. (2,18%), siendo el resto otras especies y materia muerta. La disponibilidad diaria de hierba fue de 36 kg MS/vaca con un 13,2% de PB y 1,43 Mcal EN/kg MS. Además de la TMR y el pastoreo, los animales recibían como suplementos energéticos, en una estación de alimentación, dos concentrados de punteo (L100 y Súper; ASA, SL, Granda-Siero, España). El concentrado L100 se ofertó durante todo el ensayo a una cantidad fija de 2 kg de materia fresca por vaca y día. El concentrado Súper se ofertó, a tres vacas cuando producían por encima de los 30 L/d, en una cantidad de 200 g de materia fresca por cada litro de leche a partir de esos 30 L/d. Las vacas fueron pesadas y su condición corporal evaluada (escala 1-5) al inicio y final de cada período de muestreo. Los consumos diarios de TMR y concentrados extra se registraron mediante sistemas de monitorización de la ingestión voluntaria instalados en la zona de alimentación y robot de ordeño, respectivamente. El consumo de hierba en pastoreo se estimó siguiendo el método de rendimiento animal propuesto por Macoon et al. (2003). La producción de leche se registró diariamente en cada ordeño y se muestrearon los ordeños de mañana y tarde de 3 días de cada vaca. Las TMR fueron muestreadas diariamente y secadas a 60 °C durante 24 horas en una es-

tufa de aire forzado, molidas a 0,75 mm y analizadas por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) para estimar su contenido en cenizas, proteína bruta, fibra bruta, almidón, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, digestibilidad de la materia orgánica y energía neta de lactación. La composición físico-química de la leche (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro y urea) fue analizada con un equipo MilkoScan FT6000 (Hillerød, Dinamarca). La cuantificación de ácidos grasos (AG) en la grasa de la leche se realizó por cromatografía de gases-masas (Varian 4000 GC-MS, Palo Alto, EEUU) equipado con columna CP-Sil 88 (100m x 0.25mm, 0.20µm d.i. de Varian) previa extracción de la grasa (Feng et al., 2004) y metilación de los AG (Chouinard et al. (1999). La temperatura del inyector y del detector fue de 250°C. La columna se mantuvo a 40° C durante 1,20 min; incrementándose a 140° C a un ritmo de 30°C/min y manteniéndose durante 25 min; se incrementó a 190°C a un ritmo de 1°C/min, manteniéndose durante 15 min; se subió a 215°C con 1°C/min y se mantuvo durante 1 min. Finalmente, desde 215 a 240°C se incrementó a 30°C/min manteniéndose durante 1 min. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza considerando como factores el tipo de maíz, el animal y el periodo usando el procedimiento MIXED del programa SAS (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la producción forrajera y valor nutritivo de los forrajes de invierno y verano según el manejo QU y OR fueron publicados por Martínez-Fernández et al. (2013). En la tabla 1 se muestran los resultados analíticos referidos al valor nutritivo y aporte energético de los ensilados de maíz producidos en las parcelas QU y OR. Los ensilados de maíz obtenidos mediante fertilización química y orgánica no presentan diferencias en ninguno de los elementos relacionados con su valor nutritivo ni aporte de energía. A partir de estos resultados se elaboraron las raciones TMR experimentales (QU y OR), cuya composición de ingredientes y valor nutritivo se muestran en la tabla 2. Estas raciones TMR se complementaban

con el pastoreo y los piensos de punteo para que el total de la dieta cubriera las necesidades de proteína y energía de las vacas en producción.

La tabla 3 muestra la ingestión de cada uno de los componentes de la ración diaria, la producción de leche, su composición química y perfil de ácidos grasos. Se puede observar que no se presentaron diferencias significativas en cuanto a los consumos de TMR, concentrados suplementarios ni de hierba en función del tipo de dieta, así como de los concentrados extra. Sin embargo, teniendo en cuenta la ingestión total diaria, se observó una tendencia a un mayor nivel de ingesta total con la dieta QU que con la OR (28,06 y 24,86 kg MS/día, respectivamente; $P=0,083$).

Tabla 1. Valor nutritivo y aporte energético de los ensilados de maíz obtenidos con fertilización convencional (QU) y alternativa (OR).

	QU	OR	e.e.m. ¹	P ²
pH	3,62	3,93	0,163	NS
Materia seca (%)	28,86	27,53	0,787	NS
Cenizas (% MS)	4,70	5,02	0,222	NS
Materia orgánica (% MS)	95,30	94,98	0,222	NS
Proteína bruta (% MS)	8,75	9,31	0,310	NS
Fibra bruta (% MS)	22,85	23,98	1,007	NS
Almidón (% MS)	27,40	27,20	1,109	NS
Fibra Ácido Detergente (% MS)	26,28	27,61	0,788	NS
Fibra Neutro Detergente (% MS)	46,18	48,30	1,376	NS
Digestibilidad de la materia orgánica (%)	70,19	68,46	1,225	NS
Energía Neta Lactación (Mcal/kgMS)	1,61	1,56	0,032	NS

¹ Error estándar de la media. ² Nivel de significación: NS: no significativo ($P>0,05$)

Tabla 2. Composición de ingredientes de las TMR según el modo de fertilización del maíz (QU u OR). Valor nutritivo de las TMRs a comparar, piensos de punteo y hierba

Ingredientes (%MS)	QU	OR			
Ensilado de maíz ¹	67,83	69,51			
Paja	20,92	20,48			
Concentrado	11,25	10,01			
	TMRs		PIENSOS DE PUNTEO		
Valor Nutritivo	QU	OR	L100	SÚPER	HIERBA
Materia Seca (%)	34,58	33,39	88,10	87,82	20,80
Materia Orgánica (%MS)	92,08	91,89	92,40	91,65	89,57
Proteína Bruta (%MS)	8,80	9,23	19,92	17,55	13,20
Fibra Neutro Detergente (%MS)	52,48	51,90	20,06	21,20	56,90
Energía Neta Lactación (Mcal/kgMS)	1,45	1,44	1,88	1,82	1,43

¹ Maíz cultivado con abono químico en la dieta QU y con abono orgánico en la dieta OR

No se observaron diferencias entre tratamientos en la producción de leche (24,77 kg/d). La composición química de la leche no mostró diferencias entre cada una de las dietas experimentales, excepto en la concentración de urea, con niveles superiores en la dieta OR frente a la dieta QU (150,37 vs. 104,63 mg/kg, respectivamente; $P < 0,001$). Tanto el contenido de grasa (3,75 %) como de proteína (3,16 %) están dentro de los valores normales. El bajo contenido en urea de la leche obtenida con la dieta QU podría hacer sospechar de una falta de proteína o un exceso de energía en la dieta completa. Ahora bien, ni la ingestión voluntaria media de ambas dietas (26,5 kgMS/d), ni su nivel proteico (12,22%) y energético (1,47

Mcal EN/kg MS), cuando se considera la ingesta de TMR, pienso de punteo y hierba, indican esta situación.

El ácido graso predominante con ambas dietas es el palmítico (C16:0) con unos niveles medios del 43,1 g/100 g AG, seguido del mirístico (C14:0) y el oleico (C18:1cis9), con un 15,4 y 12,1 g/100 g AG, respectivamente. Tampoco se observaron diferencias entre dietas en los ácidos grasos considerados con efectos beneficiosos para la salud humana (0,670 g de C18:1trans11/100 g de AG; 0,232 g de C18:2cis9trans11/100 g de AG; 0,730 g de C18:2cis9cis12/100 g de AG y 0,273 g de C18:3cis9cis12cis15/100 g de AG).

Tabla 3. Ingestión (kg MS/d) de los componentes y del total de la ración, producción (kg/día), composición físico-química (%) y perfil de ácidos de la leche (g/100 g de ácidos grasos) en las dietas QU y OR.

	QU ¹	OR ²	e.e.m. ³	P ⁴
TMR	9,34	8,73	0,970	NS
L100	1,66	1,66	0,012	NS
Súper	0,10	0,12	0,112	NS
Total ingerido en cuadra	11,10	10,51	1,018	NS
Hierba	16,96	14,36	2,306	NS
Total ingerido	28,06	24,86	1,734	NS
Producción de leche	24,72	24,82	0,776	NS
Grasa	3,74	3,76	0,069	NS
Proteína	3,15	3,17	0,044	NS
Lactosa	4,87	4,86	0,024	NS
ESM	8,85	8,84	0,043	NS
Urea	104,63	150,37	5,345	***
C6:0	2,26	2,21	0,037	NS
C8:0	1,09	1,10	0,038	NS
C9:0	0,03	0,04	0,007	NS
C10:0	4,31	4,56	0,235	NS
C11:0	0,02	0,04	0,008	NS
C11:1cis10	0,01	BQL ⁵	0,010	NS
C12:0	4,38	4,76	0,256	NS
C13:0	0,08	0,08	0,008	NS
C14:0	15,50	15,31	0,560	NS
C14:1cis9	0,77	0,83	0,053	NS
C15:0	1,23	1,32	0,061	NS
C16:0	43,91	42,30	1,233	NS
C16:1cis9	0,77	0,77	0,057	NS
C17:0	0,40	0,40	0,024	NS
C18:0	11,48	11,96	0,537	NS
C18:1cis9	11,81	12,37	0,694	NS
C18:1trans9	0,05	0,05	0,005	NS
C18:1trans11	0,69	0,65	0,053	NS
C18:2cis9cis12	0,71	0,75	0,057	NS
C18:2cis9trans11	0,23	0,23	0,032	NS
C18:3cis9cis12cis15	0,28	0,27	0,022	NS

¹ Dieta con ensilado de maíz cultivado con abono químico. ² Dieta con ensilado de maíz cultivado con abono orgánico. ³ Error estándar de la media. ⁴ Nivel de significación: NS: no significativo ($P > 0,05$); *** $P < 0,001$. ⁵ BQL: por debajo del límite de cuantificación.

CONCLUSIONES

El uso de abono orgánico para la producción de maíz no afecta al valor nutritivo del ensilado producido y, por consiguiente, las vacas alimentadas con una dieta en la que se sustituye el ensilado de maíz obtenido con abono químico por ensilado de maíz obtenido con abono orgánico no presentan peores niveles de consumo de alimento, ni afecta a su producción ni a la calidad de la

leche. Por lo tanto, se pueden reutilizar los purines y el estiércol del vacuno lechero como abono para el cultivo de maíz forrajero en rotación con haba forrajera y colza, transformando un residuo ganadero en un recurso con el que sustituir el abonado de síntesis, lo que permitiría reducir los costes de producción del forraje, así como incrementar la sostenibilidad medioambiental de la producción forrajera.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto INIA RTA2011-00112, con cofinanciación con fondos FEDER. José D. Jiménez es beneficiario de una beca de doctorado FPI-INIA. La estancia de M.A. Rojas Garduño fue financiada por el programa MECESUP AUS 1203 del Gobierno de Chile.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ PINILLA A. Y PÉREZ MÉNDEZ J. A. (2010) *Acciones de Futuro para el Sector Lechero en la Cornisa Cantábrica*. Oviedo, España: Centro Nacional de Competencia Tecnológica de la leche.

BUTLER T.J. Y MUIR J.P. (2006) Dairy manure compost improves soil and increases tall wheatgrass yield. *Agronomy Journal*, 98, 1090-1096.

BUTLER T.J., WEINDORF D.C., HAN K.J. Y MUIR J.P. (2009) Dairy Manure Compost Quality Effects on Corn Silage and Soil Properties. *Compost Science & Utilization*, 17, 18-24.

CHOUINARD P.Y., LOUISE CORNEAU BARBANO D.M., METZGER L.E. Y BAUMAN D.E. (1999) Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *Journal of Nutrition*, 129, 1579-1584.

FENG S., LOCK A.L. Y GARNSWORTHY P.C. (2004) Technical note: A rapid lipid separation method for determin-

ing fatty acid composition of milk. *Journal of Dairy Science* 87, 3785-3788.

HEINZE S., OLTMANN S., JOERGENSEN R.G. Y RAUPP J. (2011) Changes in microbial biomass indices after 10 years of farmyard manure and vegetal fertilizer application to a sandy soil under organic management. *Plant and Soil*, 343, 221-234.

MACOON B., SOLLENBERGER L.E., MOORE J.E., STAPLES C.R., FIKE J.H. Y PORTIER K.M. (2003) Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*, 81, 2357-2366.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., PEDROL BONJOCH N. Y ALPERI PALACIOS J. (2003) *Siembra de praderas. Colección guías agroganaderas*. Oviedo, España: SERIDA y KRK.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., BENAOUA M., PRÓSPERO F. Y VICENTE F. (2013) Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano. En: Olea L., Poblaciones M.J., Rodrigo S.M. y Santamaría O. (eds) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp 219-226. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

SAS (1999) SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STATTM. *User's guide*. North Carolina, USA: SAS Institute, Inc. 10. Carry.