

Efecto de la combinación de triticale con trébol encarnado sobre la producción y composición de la leche de vacas en pastoreo

G. Salcedo^{1,*}, A. Villar², M. Mier² y J. Doltra²

¹ Dpto. Calidad e Innovación. CIFP "La Granja", 39792 Heras, Cantabria, España

² Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA), 39600 Muriedas, Cantabria, España

Resumen

El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos del pastoreo de triticale tetraploide (con genotipo DRR), en monocultivo (TMC) o asociado a trébol encarnado (TAINC) de su primer crecimiento, sobre la producción, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche en vacas Holstein-Friesian suplementadas con ensilado de maíz y concentrado. Doce vacas fueron distribuidas en dos grupos y asignadas a cada una de las parcelas con los forrajes descritos anteriormente, según un diseño experimental cruzado con dos períodos experimentales de 9 días. La producción de leche corregida al 4% grasa (FCM) y por sólidos totales (FCMs), así como la composición química, no fueron diferentes entre forrajes. Las proporciones representadas por los ácidos omega 3 y 6 no difirieron ($P > 0,05$) entre tratamientos; mientras, la proporción de ácido ruménico fue mayor ($P < 0,05$) en el tratamiento TAINC que en el TMC (1,29 vs 0,87 g/100 g ácidos grasos). Los ácidos grasos saturados y monoinsaturados de la leche fueron similares entre tratamientos, mientras los poliinsaturados fueron mayores en TAINC ($P < 0,05$).

Palabras clave: Pastoreo, vacas, leche, ácidos grasos, triticale tetraploide, trébol encarnado.

Abstract

Effect of mixing triticale with crimson clover on milk production and composition of grazing dairy cows

The aim of this study was to compare the effects of grazing tetraploid triticale (DRR genome) as a pure crop (TMC) or in association with crimson clover (TAINC) on the production, chemical composition and fatty acid profile of milk in Holstein-Friesian cows supplemented with maize silage and concentrate. Twelve cows were distributed among two groups and each group was assigned to a grazing plot for two nine-day periods. Fat and total-solids corrected milk (FCM and FCMs) yield and composition did not differ among grazing plots. Proportions of both omega 3 and 6 fatty acids were similar in both treatments ($P > 0.05$) while rumenic acid was greater in TAINC (1.29 g 100 g⁻¹ of fatty acids) than in TMC (0.87 g 100 g⁻¹ of fatty acids) ($P < 0.05$). The contents of unsaturated and mono-unsaturated fatty acids in the milk were also comparable in the two grazing treatments, while poly-unsaturated fatty acids were higher ($P < 0.05$) in TAINC.

Keywords: Grazing, cows, milk, fatty acids, tetraploid triticale, crimson clover.

* Autor para correspondencia: gregoriosalce@ono.com

<https://doi.org/10.12706/itea.2018.003>

Introducción

El cereal con genotipo DRR (triticale tetraploide) se produce mediante la técnica de hibridación inter-específica entre las especies de *Aegilops tauschii* (un ancestro del trigo y donador del genoma DD) y *Secale cereale* (centeno y donador del genoma RR) (Cabrera et al., 1996). El triticale es un cereal de elevada producción de biomasa por lo que resulta un forraje alternativo al raigrás italiano debido a su doble aptitud pastoreo y ensilado. Las características más relevantes del DRR son el crecimiento inicial en roseta y elevado ahijado; floración tardía; tallo alto y vigoroso; hojas largas y estrechas; elevada producción de espigas de gran longitud (25-30 cm) y poca densidad de espiguillas; raquis entero y gluma semi-tenaz; grano alargado de tamaño medio-pequeño; poca fertilidad y bajo rendimiento en grano; insensibilidad a las enfermedades más comunes de los trigos (royas y oídio) y lenta senescencia de hojas (Ballesteros et al., 2007).

Los cereales utilizados como forraje en vacuno lechero han sido analizados fundamentalmente desde los aspectos productivos y nutricionales y, en menor medida, por su composición en ácidos grasos (Salcedo et al., 2014) y posterior efecto sobre la composición de la grasa de la leche.

La alimentación ejerce una gran influencia sobre el perfil de ácidos grasos de la leche, en especial sobre el contenido en ácido ruménico y sus isómeros (Bauman et al., 2001). La suplementación con ensilado de maíz en la dieta de vacas lecheras reduce el contenido de ácidos poliinsaturados de la leche, particularmente los ácidos ruménico y omega-3 e incrementa el ácido omega-6 (Coppa et al., 2013). La concentración de ácido linoleico en maíz aumenta con el avance de la madurez (Khan et al., 2015), reduciéndose al mismo tiempo la del ácido linolénico. Para el triticale, ambos ácidos grasos disminuyen

con la edad (Salcedo et al., 2014). La incorporación de triticale, al tratarse de un cereal, posiblemente intensificaría este efecto.

Algunos estudios señalan que la combinación de gramíneas y leguminosas en la dieta de vacas lecheras incrementa el contenido de ácidos poliinsaturados en la carne y leche de los rumiantes (Kraft et al., 2003), posiblemente debido al mayor contenido de ácido linolénico en las leguminosas (Van Ranst et al., 2009). Teniendo en cuenta lo expuesto, el objetivo de este experimento fue estudiar si la combinación de triticale con leguminosas en el pasto contribuye a obtener un perfil de ácidos grasos en la leche de vaca más saludable.

Material y métodos

Localización del experimento

El experimento se desarrolló en la finca de prácticas del Centro Integrado de Formación Profesional (CIFP) "La Granja", Heras, Cantabria (43° 24'N; 3° 45'W; 5 m sobre el nivel del mar) de octubre de 2014 a marzo de 2015, en una superficie útil de 0,75 ha, distribuidas en dos parcelas experimentales de 0,37 hectáreas.

Operaciones de cultivo

El cultivo anterior al experimento fue maíz para ensilado. La preparación del terreno consistió en dos pases cruzados con grada de discos y uno de fresadora paralelo a la posterior línea de siembra. La fertilización de fondo con purín de vacuno leche a la dosis de 134 y 22 kg de N y P ha⁻¹, respectivamente, más 15 kg de N mineral ha⁻¹ en forma de nitrato amónico cálcico del 27% como abonado de cobertera, aplicado el 10 de febrero. Las características físico-químicas del purín fueron las siguientes: 6,94 ±

0,38 de pH, $11,08 \pm 1,5$ mS cm^{-1} de conductividad, 106 ± 16 g materia seca/kg, $740 \pm 43,3$ g materia orgánica/kg, $3,8 \pm 0,04$ g nitrógeno/kg, $1,2 \pm 0,01$ g Nitrógeno amoniacal/kg y $6,6 \pm 0,18$ g P/kg MS.

La semilla del triticale con genotipo DRR cv. 'Alameda' fue tratada con triticonazol 25 p/v. La dosis de siembra del triticale en monocultivo (TMC) fue de 190 kg ha^{-1} y 170 kg ha^{-1} en la asociación (TAINC) y 20 kg ha^{-1} de trébol encarnado cv. 'Asterix', realizándose con una sembradora de chorrillo el 17 de octubre del 2014. Posterior a la siembra, se pasó un rodillo cultipacker para favorecer la germinación y nivelar el terreno.

Animales y dietas

Doce vacas lecheras (3 primíparas y 9 multiparas), con un peso vivo medio de 672 ± 72 kg, se distribuyeron en dos grupos equilibrados para los días de lactación (197 ± 140), número de parto ($2,16 \pm 1,1$) y producción de leche ($27,1 \pm 5$ kg, $3,6 \pm 0,8\%$ de grasa y $3,30 \pm 0,48\%$ de proteína). El diseño experimental fue de tipo cruzado 2×2 , definido por dos tipos de cultivos forrajero (monocultivo de triticale vs. cultivo de triticale asociado con trébol encarnado) y dos periodos experimentales. Cada periodo tuvo una duración de 9 días, distribuidos en 7 días de adaptación a la dieta y 2 de mediciones. El corto período de adaptación se estableció con la intención de utilizar el forraje con el mayor contenido en principios nutritivos y, al mismo tiempo, minimizar las pérdidas de biomasa por pisoteo (Tabla 1). Dieciocho días antes del experimento, la alimentación de las vacas consistió en pastoreo de raigrás inglés y trébol blanco, con la misma suplementación y cantidad de concentrado y ensilado de maíz que la del presente experimento, lo que permitió suponer una rápida adaptación de la microbiota ruminal a las condiciones experimentales.

El ensilado de maíz fue recolectado al estado de 1/3 de la línea de leche y fermentado en un silo trinchera sin adición de conservante. El consumo de ensilado de maíz para el lote se determinó diariamente, pesando la oferta y los rechazos. Se consideró a los rechazos el mismo contenido de materia seca que la oferta. Las dietas experimentales consistieron en el aprovechamiento a diente de triticale (TAINC o TMC), 7,2 kg de MS vaca y día de ensilado de maíz (32,6% materia seca (MS), 95,7% materia orgánica (MO), 8,43% proteína bruta (PB), 42,5% fibra neutro detergente (FND), 2,37% extracto etéreo (EE), 72,7% materia orgánica digestible sobre materia seca (MODS) y 10,9 MJ de energía metabolizable por kg MS) y 7,3 kg de MS de concentrado (88,2% MS, 93,6% MO, 17,1% PB, 34,1% FND, 5,1 EE, 82,6% MODS y 12,2 MJ kg MS), distribuidos en dos tomas diarias después de los ordeños de mañana y tarde (9 h y 18 h). El concentrado consistió en una mezcla de cebada, 34%; maíz, 28%; gluten de maíz, 4,4%; semilla entera de algodón, 4%; harina de soja, 16%; pulpa de remolacha, 8%; jabones cálcicos, 2%; carbonato cálcico, 1%; fosfato bicálcico, 0,35%; cloruro sódico, 0,79%; bicarbonato sódico, 0,71% y corrector vitamínico mineral, 0,75%.

Manejo del pastoreo

Las vacas realizaron el pastoreo de TAINC o TMC en bandas, mediante hilos electrificados y estaquillas móviles desde el 9 al 26 de marzo, durante 7 horas al día de 10:30 h a 17:30 h. La superficie diaria de forraje asignado a cada vaca fue de 30 m^2 , equivalentes a una oferta de 100 kg de forraje fresco. El triticale fue aprovechado entre los estados 36 (sexto nudo detectable) al 41 (vaina de la hoja bandera) (Zadoks et al., 1974) y en fase vegetativa el trébol encarnado.

Tabla 1. Producción de triticale (kg MS ha⁻¹) y contenido en principios nutritivos de los alimentos suministrados
 Table 1. Production of triticale (kg DM ha⁻¹) and content nutritional principles of food supplied

Alimento Período	TAINC			TMC		
	1°	2°	sd	1°	2°	sd
Biomasa de triticale						
MS, kg ha ⁻¹	3742c	3864c	134	2868a	3173c	166
Utilización ¹	65,9b	61,5a	3,4	79,3d	72,3c	0,57
Principio nutritivo						
MS ²	12,7b	12,4b	0,32	11,3a	12,6b	0,73
MO ²	89,0	89,2	1,56	90,1	90,6	1,0
PB ²	23,7b	22,0ab	1,48	22,7ab	20,9a	0,54
FND ²	57,7a	60,1a	1,9	58,7a	65,4b	3,7
EE ²	3,50c	3,49b	0,02	3,45ab	3,43a	0,02
MODS ²	59,7	58,4	2,37	59,1	58,3	1,52
EM ³	9,55	9,34	0,38	9,46	9,34	0,24

TAINC: triticale asociado a trébol encarnado; TMC: triticale en siembra pura. ¹Utilización: porcentaje de biomasa ingerida respecto a la total producida (MS, kg ha⁻¹). MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; EE: extracto etéreo; MODS: digestibilidad estimada neutro detergente- celulosa de la materia orgánica; EM: energía metabolizable. ²g/100 g MS; ³MJ/kg MS. sd: desviación estándar; dentro de cada fila y parámetro valores seguidos por diferentes letras indican diferencias de acuerdo al test de Duncan (P < 0,05).

Mediciones experimentales

El forraje ofertado y el porcentaje de utilización (Tabla 1) fueron estimados mediante siegas diarias de cuatro cuadrados de 0,5 m x 0,5 m con segadora manual a pilas a 5 cm del suelo. Alrededor de 100 g de forraje verde de la oferta y otros tantos de rechazo fueron secados en estufa a 60 °C durante 48 h para determinar el contenido de materia seca. Otra muestra, con un peso aproximado de 1000 g, fue igualmente secada, molida a 1 mm y conservada en contenedores de plástico herméticos de 250 ml de capacidad hasta su posterior análisis. La composición químico-bromatológica de TAINC (triticale y trébol) y

TMC (triticale puro) dentro de cada período experimental viene señalada en la Tabla 1.

El consumo de nutrientes de los forrajes TAINC y TMC fue calculado según la expresión:

$$\frac{[(MS_{\text{oferta}} \times C_{\text{oferta}}) - (MS_{\text{rechazada}} \times C_{\text{rechazada}})]}{\div \text{Número de vacas}}$$

siendo MS los kilos de materia seca en oferta y rechazados vaca y día, y C la concentración de principios nutritivos. La ingestión de los diferentes alimentos, el aporte de nutrientes y la concentración de los mismos dentro de cada dieta, viene indicada en la Tabla 2.

A partir de la producción individual diaria de leche y su porcentaje de grasa se calculó la producción de leche corregida para un con-

Tabla 2. Consumo y concentración nutritiva de las dietas experimentales
 Table 2. Nutrient consumption and concentration of experimental diets

	Ingestión (kg MS día)			Concentración nutritiva (% MS)		
	TAINC	TMC	sd	TAINC	TMC	sd
Materia seca total, kg d ⁻¹	21,3	21,7	0,58	–	–	–
Triticale, kg MS d ⁻¹	6,86	7,16	0,35	31,1	33,0	2,0
Trébol encarnado, kg MS d ⁻¹	0,28	–	0,04	1,3	–	0,21
Ensilado maíz, kg MS d ⁻¹	7,2	7,2	0,62	33,6	33,3	2,22
Concentrado, kg MS d ⁻¹	7,3	7,3	–	34,2	33,6	2,22
FND, kg d ⁻¹	9,4	9,6	0,95	44,0	44,2	4,5
MO, kg d ⁻¹	19,9	20,2	0,55	93,1	93,4	0,56
PB, kg d ⁻¹	3,73	3,54	0,15	17,4	16,3	0,78
MODS, kg d ⁻¹	15,4	15,5	0,43	72,3	71,7	0,96
EM, MJ kg ⁻¹ MS	234	236	6,3	10,9	10,8	0,14
EE, kg d ⁻¹	0,83	0,81	0,01	3,88	3,73	0,08

TAINC: triticale asociado a *Trifolium incarnatum*; TMC: triticale en siembra pura; sd: desviación estándar. FND: fibra neutro detergente; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; MODS: materia orgánica digestible sobre materia seca; EM: energía metabolizable; EE: extracto etéreo.

tenido de un 4% grasa (Gaines, 1928) y la de sólidos (Tyrrell y Reid, 1965). Una alícuota al final de cada ordeño de mañana y tarde fue depositada en contenedores estériles de 50 cc, conteniendo 2-3 gotas de azidiol y conservándose en nevera hasta su posterior análisis físico-químico. De la misma forma se tomaron 125 cc de leche, sin adición de conservante y se mantuvo en congelador a -20 °C hasta su posterior análisis de ácidos grasos.

Durante todo el experimento y siempre antes del ordeño, se comprobó *in situ* el estado sanitario de las ubres mediante el test de California.

Análisis de los alimentos

El contenido en principios nutritivos de los alimentos fueron analizados en el Laborato-

rio de Nutrición Animal del CIPF “La Granja”, determinándose la MS a 60 °C durante 24 horas y las cenizas a 550 °C durante 8 horas según la Official Methods of Analysis of AOAC International (A.O.A.C, 1990); la PB como N-Kjeldahl x 6,25 mediante Kjeltac™ 2300 de TECATOR; la FND del triticale se determinó según Goering y Van Soest (1970) y para el ensilado de maíz y el concentrado según Van Soest *et al.* (1991), utilizándose en ambos casos el extractor Dosifiber de SELECTA. El EE se determinó según la A.O.A.C (1990) con el extractor Soxhlet y la digestibilidad *in vivo* de la materia fue estimada a partir de la digestibilidad neutro detergente celulosa (Riveros y Argamente-ría, 1987). La energía metabolizable de los forrajes en MJ kg⁻¹ MS (EM) se estimó a partir de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica calculada, expresada en porcenta-

je de materia orgánica digestible sobre materia seca (MODS), como $EM = 0,16 \times MODS$ (MAFF, 1984).

Análisis de la leche

Los análisis de proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos y urea fueron realizados en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria. La preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de la materia grasa se realizó de acuerdo con la Norma ISO 15884/FIL 182:2002 y la composición en ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases según la Norma ISO 15885/FIL 184:2002 en el Laboratorio Agroalimentario de Santander (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino). Los ésteres metílicos de los AG se separaron y cuantificaron con un cromatógrafo de gases Autosystem XL (Perkin Elmer), equipado con una columna capilar de silica fundida (Chrompack CP-SIL 88) de 50 metros de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,20 mm de espesor de la fase estacionaria. El volumen de inyección fue de 1 μ L a una relación 1:42,5, con helio a un flujo de 1,15 ml por minuto como gas portador. La temperatura del inyector era de 275 °C; el programa de rampa de la temperatura del horno se iniciaba a 50° C durante 2 minutos, después se elevaba a razón de 10 °C por minuto hasta 110 °C durante 5 minutos, y posteriormente subía a razón de 5 °C por minuto hasta los 190 °C durante 12 minutos.

Cálculos

Las relaciones C14:1/C14:0, C16:1/C16:0 y C18:1/C18:0 se obtuvieron para valorar la actividad de la enzima Δ^9 desaturasa (Fievez et al., 2003). Los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) de la leche fueron estimados de acuerdo a Ulbricht y Southgate (1991).

Análisis estadístico

Los resultados de la producción de biomasa y la composición química de los forrajes fueron analizados con el Modelo Lineal Mixto (SPSS 15.0, SPSS, 2006) con el modelo: $Y = \mu + F_i + P_j + \varepsilon_{ijk}$; siendo μ la media del conjunto, F_i el efecto fijo al tipo de pasto, P_j el efecto debido al período y ε_{ijk} el error residual. La unidad experimental corresponde a la oferta de biomasa diaria. La producción y composición química de la leche se analizaron con el modelo $Y = \mu + F_i + P_j + V_k + \varepsilon_{ijk}$; siendo, μ la media del conjunto; F_i el efecto fijo del forraje, (TAINC y TMC); P_j , el Período (1 y 2) y V_k , la Vaca (1...12), son considerados como efectos aleatorios y ε_{ijk} el error residual.

Resultados y discusión

Producción, composición química de los forrajes verdes y consumo de nutrientes

La producción de forraje en oferta así como el porcentaje de utilización viene indicado en la Tabla 1. La biomasa fue mayor en el triticale asociado a trébol encarnado (TAINC), sin diferencias entre períodos; mientras, en siembra pura (TMC), lo fue en el segundo ($P < 0,05$). El porcentaje de utilización en ambos tratamientos se redujo al aumentar la biomasa en oferta (Tabla 1).

El contenido de proteína bruta de TAINC fue superior en el primer aprovechamiento y, diferente respecto a TMC (Tabla 1). La fibra neutro detergente fue similar en el primer período en ambos forrajes, y menor, ($P < 0,05$) en TAINC durante el segundo período respecto al mismo en TMC. Los resultados aquí obtenidos para el TMC fueron similares a los señalados por Salcedo et al. (2014), atribuido al similar manejo agronómico (suelo, abonado, dosis de siembra, fecha de siembra, etc.) y condiciones climáticas.

La ingestión de materia seca total, la de forrajes, la de nutrientes y la concentración nutritiva de las diferentes dietas figuran en la Tabla 2. El triticale representó en la dieta una proporción similar (Tabla 2). En todos los casos, la ración fue completada con ensilado de maíz y concentrado en las proporciones de $33,3 \pm 1,4\%$ y $33,6 \pm 2,8\%$ respectivamente.

En conjunto, los forrajes verdes TMC y TAINC contribuyeron al total de nutrientes con el $40,6 \pm 9,9\%$ la FND; $31,5 \pm 1,8\%$ la MO; $47,8 \pm 2,2\%$ la PB; $27,3 \pm 1,5\%$ la MOD; $28,7 \pm 1,6\%$ la EM y el $20,3 \pm 1,0\%$ el EE.

Producción y calidad físico-química de la leche

La producción individual de leche y su composición química no fue diferente entre tratamientos, pero sí numéricamente superior con $1,4 \text{ kg d}^{-1}$ en TAINC (Tabla 3). La relación grasa/proteína de la leche en ambos tratamientos (Tabla 3) fue inferior a 1,05, valor señalado por Hanuš et al. (2004) para dietas con bajo contenido de fibra efectiva y elevada proporción de almidón. Las concentraciones de urea en la leche fueron bajas en ambos tratamientos (Tabla 3) respecto a los 201-230 mg/L señalados por Salcedo y Villar (2016) como aceptables en las condiciones de Cantabria. Aquellos valores son indicativos de un mayor consumo de energía respecto a la proteína. No obstante, la relación gramos de proteína por MJ de energía metabolizable fue similar entre dietas y del orden de 15,3 g señalada por el National Research Council (NRC, 2001) para vacas de leche.

Perfil de ácidos grasos en leche

El período para la adaptación de la microbiota ruminal entre períodos fue únicamente de 7 días y este reducido período podría atenuar el impacto de la alimentación. No obstante, autores como Elgersma et al. (2004)

señalan que el mayor cambio en la composición de los ácidos grasos de la leche ocurre en los primeros cuatro días de transición posteriores a una dieta con ensilado. En nuestro experimento las vacas venían de una alimentación en pastoreo de raigrás inglés y suplementadas con ensilado de maíz y concentrado en iguales proporciones a las de la experiencia.

En la Tabla 3 se presentan los datos de perfil de ácidos grasos. Únicamente se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos en las proporciones de ácidos ruménico ($P < 0,001$) y total de ácidos grasos poliinsaturados.

El valor medio de la proporción conjunta de los ácidos grasos hipercolesterolémicos (C12:0, C14:0 y C16:0) fue de $43,4 \pm 5,1\%$, valor similar al observado por Salcedo y Villar (2014), en vacas lecheras pastando raigrás inglés con trébol blanco y suplementadas con ensilado de maíz y concentrados, en las mismas proporciones que las del presente trabajo (Salcedo y Villar, 2014) y del 45,0% en explotaciones lecheras de Galicia (Flores et al., 2015). El C16:0 fue el ácido graso mayoritario de este grupo, representando el 64,9% en TAINC y el 65,6% en TMC, sin diferencias entre tratamientos y ligeramente inferior, en ambos casos, a la indicada por Flores et al. (2011) en vacas pastando trébol violeta o raigrás, suplementadas con similar aporte de ensilado de maíz (33% del total de la dieta) y menor porcentaje de concentrado. En cualquier caso, estos porcentajes se situaron próximos al 30% señalado por Shingfield et al. (2008) en dietas con forrajes frescos o dietas ricas en concentrados.

Después del palmítico (C16:0), el oleico (C18:1) fue el segundo ácido graso mayoritario en ambas dietas, sin diferencias entre ellas (Tabla 3). Las concentraciones de esteárico (C18:0) fueron similares entre tratamientos, imputable al similar consumo de forraje fresco y concentrado (Coppa et al., 2013).

Tabla 3. Producción de leche, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche
 Table 3. Milk production, chemical composition and fatty acid profile of milk

	Experimental			
	TAINC	TMC	esm	P
Producción y composición química de la leche				
Leche, kg d ⁻¹	27,6	26,2	1,4	ns
FCM, kg d ⁻¹	24,1	23,3	0,86	ns
FCMs, kg d ⁻¹	25,1	24,1	0,84	ns
Grasa bruta, %	3,25	3,37	0,14	ns
Proteína bruta, %	3,54	3,47	0,11	ns
Grasa/Proteína	0,91	0,97	0,02	ns
Lactosa, %	4,86	4,87	0,03	ns
ESM, %	9,22	9,17	0,09	ns
Urea, mg L ⁻¹	109	116	7,7	ns
kg leche FCM/kg MS ⁻¹	1,12	1,06	0,04	ns
Ácidos grasos (g 100g ⁻¹ AG)				
C4:0	3,44	3,63	0,07	ns
C6:0	2,46	2,59	0,04	ns
C8:0	1,60	1,68	0,03	ns
C10:0	3,59	3,63	0,08	ns
C12:0	4,16	4,25	0,11	ns
C14:0	11,78	12,10	0,16	ns
C14:1	1,44	1,48	0,06	ns
C15:0	1,61	1,42	0,06	ns
C16:0	29,57	31,23	0,35	ns
C16:1	1,87	1,86	0,08	ns
C17:0	0,76	0,76	0,02	ns
C18:0	7,85	8,14	0,34	ns
C18:1 ¹	25,12	23,07	0,48	ns
C18:2 c9, t11 ²	1,29	0,87	0,07	***
C18:2 c9, c12, Ω6	2,78	2,59	0,05	ns
C18:3 (n-3) Ω3 ³	0,63	0,64	0,02	ns
C12:0+C14:0+C16:0	45,5	47,6	0,48	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C14:0	0,12	0,12	0,005	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C16:0	0,063	0,059	0,002	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C18:0	3,50	4,04	0,48	ns
AGCC	15,26	15,79	0,27	ns
AGCM	47,04	48,88	0,52	ns

Tabla 3. Producción de leche, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche (continuación)
 Table 3. Milk production, chemical composition and fatty acid profile of milk (continuation)

	Experimental			
	TAINC	TMC	esm	P
AGCL	37,69	35,32	0,58	ns
Saturados	66,84	69,47	0,57	ns
Poliinsaturados	4,71	4,10	0,123	*
Monoinsaturados	28,44	26,42	0,49	ns
AG saturados/insaturados	2,05	2,31	0,05	ns
omega-6/omega-3	4,43	4,20	0,09	ns
Índice Aterogeneidad	1,42	1,60	0,04	ns
Índice Trombogeneidad	1,18	1,34	0,03	ns

TAIMC: triticale asociado a trébol encarnado; TMC: triticale en siembra pura. FCM: leche corregida 4% graso; FCMs: leche corregida por sólidos; ESM: extracto seco magro; AGCC: Ácidos grasos cadena corta; AGCM: Ácidos grasos cadena media; AGCL: Ácidos grasos cadena larga; Δ^9 : Índice desaturasa: C14:1/C14:0; C16:1/C16:0 y C18:1/C18:0; ¹sólo se incluye el isómero Cis-9 (C18:1); ²ácido ruménico; ³sólo se incluye el isómero Cis-9, 12, 15 (C18:3); esm: error estándar de la media; ns: No significativo ($p>0,05$); * $p<0,05$; *** $p<0,001$.

Saturados, monoinsaturados y poliinsaturados

Las concentraciones de ácidos saturados y monoinsaturados en la leche no fueron diferentes entre tratamientos (Tabla 3) y sí la de poliinsaturados ($P<0,05$), imputable al mayor contenido de ruménico ($P<0,001$). El inferior contenido de saturados en el presente trabajo respecto al señalado por Flores et al. (2015) en dietas con similar contenido de ensilado de maíz, tenga su origen en la ingesta de forraje verde. Según Coppa et al. (2013), el porcentaje de forraje verde presente en la dieta incrementa las concentraciones de los poliinsaturados y monoinsaturados en la leche, mientras el ensilado de maíz y el concentrado los reduce e incrementa la de los saturados, imputable al consumo de almidón (Kala y Samková, 2010). Pese al mayor contenido de poliinsaturados en TAINC, la relación saturados/insaturados

no mejoró significativamente (Tabla 3), aunque sí fue numéricamente menor en un 11%, debido posiblemente al bajo porcentaje de trébol en el forraje.

Ruménico, Omega-3 y Omega-6

El ácido ruménico (C18:2 *cis*-9 *trans*-11) fue un 32% superior en TAINC ($P<0,001$), imputable a metabolitos secundarios del trébol (De Wit y De Vries, 2008). Estos metabolitos secundarios pueden tener actividad antimicrobiana y, por lo tanto, puedan modificar potencialmente la biohidrogenación ruminal inhibiendo o promoviendo diferentes poblaciones microbianas (Lourenço et al., 2007). Por el contrario, los contenidos de omega-6 (C18:2 *cis*-9 c12), omega-3 (C18:3n-3) y la relación omega-6/omega-3 no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos (Tabla 3). Esta relación fue superior a la obtenida por Salcedo y Villar (2014) en la leche de vacas pastando de praderas de raigrás

inglés y trébol blanco, atribuido en parte al inferior aporte de ensilado de maíz y concentrado a la del presente trabajo. Por su parte, Flores *et al.* (2015) obtuvieron mayores concentraciones de omega-6 en la leche de vacas suplementadas con el 30% de ensilado de maíz, siendo aquel un buen indicador en este tipo de dietas (Slots *et al.*, 2009).

Conclusiones

El cultivo de triticale asociado a trébol encarnado aumentó la producción de materia seca por hectárea, pero no influyó en la ingestión de forraje por los animales, ni afectó a la producción ni a la composición química de la leche, en lo que respecta a los componentes mayoritarios. El pastoreo combinado de triticale y trébol modificó el perfil de ácidos grasos de la leche, incrementando la proporción de ácido ruménico y del total de ácidos grasos poliinsaturados.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria la financiación del proyecto RTA 2012-00065-C05-03 que dio origen a este trabajo. También manifiestan su agradecimiento a Agrasys por proporcionar las semillas de DRR; a Carmela de Andrés del Laboratorio Agroalimentario de Santander, por el análisis de ácidos grasos de la leche y, un reconocimiento especial al personal de la Unidad de Producción de Leche del CIFP por el cuidado de los animales.

Bibliografía

A.O.A.C. (1990). Official methods of analysis, 15th. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, U.S.A.

Ballesteros J, Cabrera A, Aardse A, Ramírez M, Atienza S, Martín A. (2007) Registration of TS1, TS10 and TS41, Three High Biomass Production Tetraploid Triticale Germplasm Lines, *Journal of Plant Registrations* 1: 71-72.

Bauman D, Corl B, Baumgard H, Griimari J (2001). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. (Ed. Garnstworthy PC, Wisenab J), pp. 221-250. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Cabrera A, Domínguez I, Rubiales D, Ballesteros J, Martín A (1996) DRR - Tetraploid triticale from *Aegilops squarrosa* L. x *Secale* L. spp. En: *Triticale: Today and tomorrow* (Ed. H. Güedes-Pinto, N. Darvey, and V.P. Carnide) pp. 179-182. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Coppa M, Ferlay A, Chassaing C, Agabriel C, Glaser F, Chilliard Y, Borreani G, Barcarolo R, Baars T, Kusche, D, Harstad OM, Verbi J, Golecký J, Martin B (2013). Prediction of bulk milk fatty acid composition based on farming practices collected through on-farm surveys. *Journal of Dairy Science* 96: 4197-4211.

De Wit J, De Vries A (2008). Feed composition and strategies to improve poly-unsaturated fatty acid levels in organic cow milk. Poster at: *Cultivating the Future Based on Science: 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research ISOFAR*, June 18-20, Modena, Italy.

Elgersma A, Ellen G, van der Horst H, Boer H, Dekker PR, Tamminga S (2004). Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Animal Feed Science and Technology*, 117: 13-27.

Fievez V, Vlaeminck B, Dhanoa MS, Dewhurst RJ (2003). Use of principal component analysis to investigate the origin of heptadecenoic and conjugated linoleic acids in milk. *Journal of Dairy Science* 86: 4047-4053.

Flores G, Fernández-Lorenzo B, González-Arráez A, Valladares J, Dagnac T, Latorre A, Agruña MJ, Pereira S, Díaz N, Giménez R, Rodríguez-Diz X (2011). Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. *Pastos* 41 (1): 79-99.

- Flores G, Fernández-Lorenzo B, Dagnac T, Resch C, Pereira-Crespo S, Lorenzana R, González L, Agruña MJ, Barreal M, Veiga M, Botana A (2015). Relación entre dieta y calidad de la leche en un panel de explotaciones lecheras gallegas. *AFRIGA* 118: 130-146.
- Gaines WL (1928). The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. Illinois Agricultural Experimental Station Annual Report, p. 308.
- Goering HK, Van Soest PJ (1970). Forage Fiber Analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook* 379. Ed. Agricultural Research Services, United States Department of Agriculture. Washington D.C.
- Hanuš O, Vyletlová M, Genčurová V, Bjelka M, Kopecký J, Jedelská R (2004). The importance of the raw milk laboratory testing for the dairy farmers. (In Czech) *Mliekarstvo* 35: 31-38.
- Kala P, Samková E (2010). The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal Animal Science* 55(12): 521-537.
- Khan NA, Yu P, Ali M, Cone JW, Hendriks WH (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agricultural* 95(2): 238-252.
- Kraft J, Collomb M, Möckel P, Sieber R, Jahreis G (2003). Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids* 38: 657-664.
- Lourenço M, Van Ranst G, De Smet S, Raes K, Fievez V (2007). Effect of grazing pastures with different botanical composition by lambs on rumen fatty acid metabolism and fatty acid pattern of *longissimus* muscle and subcutaneous fat. *Animal* 1, 537-545.
- MAFF 1984. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants, Reference Book 443. (Ed. McCarthy J.R., Klumeyer T., Vic). Her Majesty's Stationary Office. London. United Kingdom.
- NRC (2001). National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition. (Ed. National Academy Press) Washington, D.C., United States of America. 408 pp.
- Riveros E, Argamenteria A (1987). Métodos enzimáticos de predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. 1. Forrajes verdes. *Avances en producción animal*, 12: 49-58.
- Salcedo G, Martínez C, Barceló P, Lazzeri P, Martín A (2014). Potencial productivo de los triticales de nueva generación. En: *Pastos y PAC 2014-2020* (Ed. Juan Busqué, Gregorio Salcedo, Emma Serrano, Manuel Mora y Benito Fernández), pp. 263-270. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Potes, Cantabria, España.
- Salcedo G y Villar A (2014). Efectos de la fertilización nitrogenada del pasto sobre el perfil de ácidos grasos en la leche de vacas suplementadas con ensilado de maíz. En: *Pastos y PAC 2014-2020* (Ed. Juan Busqué, Gregorio Salcedo, Emma Serrano, Manuel Mora y Benito Fernández) pp. 461-468. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Potes, Cantabria, España.
- Salcedo G y Villar A (2016). Interpretación del contenido de urea leche. Claves para su minimización en las explotaciones lecheras de Cantabria. Serie Monografías Técnicas. Edita, Gobierno de Cantabria. Consejería de Medio Rural Pesca y Alimentación. 59 pp.
- Shingfield, KJ, Chilliard Y, Toivonen V, Kairenius E, Givens D.I (2008). Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. En: *Bioactive Components of Milk*, (Ed. Zsuzsanna Bosze). *Advances in Experimental Medicine and Biology* 606: 3-65.
- Slots T, Butler G, Leifert C, Kristensen T, Skibsted LH, Nielsen JH (2009). Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. *Journal of Dairy Science* 92: 2057-2066.
- SPSS (2006). SPSS for Windows, version 15.0 Ed, SPSS Inc., Chicago (USA).
- Tyrrell HF, Reid JT (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science* 48: 1215-1223.
- Ulbricht TLV, Southgate DAT (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet* 338: 985-992.

- Van Ranst G, Fievez V, Vandewalle M, De Riek J, Van Bockstaele E (2009). Influence of herbage species, cultivar and cutting date on fatty acid composition of herbage and lipid metabolism during ensiling. *Grass and Forage Science* 64: 196-207.
- Van Soest, PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.
- (Aceptado para publicación el 24 de noviembre de 2017)