

PROXECTO AC2021C-02

Redución das emisións de Metano entérico con Extractos de Eucalipto: Un novo produto para vacas de leite (E2VL)

MEMORIA LIBRE

Ensaio de alimentación con vacas de leite para estudar o efecto de aplicar doses crecentes de aceites esenciais de eucalipto en dietas TMR con alto nivel de forraxe.

Obxectivo

Comprobar se existe efecto da aplicación de aceites esenciais de *E. globulus* a dietas de mesturas completas (*total mixed ration*, TMR) ricas en forraxe sobre a emisión entérica de metano, sobre a produtividade animal e sobre a composición do leite. Determinar, se é posíbel, unha dose óptima de utilización nas condicións do ensaio. Comprobar a utilidade do instrumento LMD para medir emisións entéricas de metano en vacas de leite en condicións de explotación.

Metodoloxía

O experimento se levou a cabo segundo o previsto no protocolo do proxecto. Ao comezo do ensaio as vacas estaban no día 64.2 ± 19.5 de lactación, tendo un peso vivo de 670 ± 62 kg, condición corporal 3.0 ± 0.4 e producían 33.1 ± 5.7 litros de leite, como valores medios dos 24 animais utilizados.

Previamente ao inicio do mesmo se realizaron probas para poñer a punto as medicións de CH₄ co aparato LaserM adaptadas ás condicións da nave experimental do CIAM. Foi deseñado un protocolo de mostraxe que comprendía o uso dun soporte para restrinxir os movementos do animal onde se facían as medicións sen causar estrés nin alterar o seu comportamento. As medidas da emisión de CH₄ entérico se realizaban durante 10 minutos en cada vaca, situando o aparato a unha distancia de 100 cm do comedero. Durante a medida se ofrecía ao animal unha pequena cantidade de concentrado para manter a cabeza nunha posición adecuada para a medida.

Nas figuras adxuntas pode observar-se o sistema de medida utilizado.

Figura 1.- Medida de emisión de CH₄ entérico co aparato Laser Methane® durante o experimento realizado na nave experimental do CIAM



Nas Táboas 1 e 2 se mostran os valores medios e o rango de variación da composición nutricional das forraxes e da ración completa TMR utilizadas no experimento. O valor nutricional das forraxes se correspondeu con valores habituais para as ensilaxes de herba e de millo, así como para o feno de herba, salientando-se a menor variabilidade na composición da ensilaxe de herba e a baixa dixestibilidade do feno de herba, en correspondencia coa súa procedencia de cortes tardíos realizados a comezos do verán.

Táboa 1.- Composición nutricional das forraxes utilizadas no experimento

	Ensilaxes de herba			Ensilaxes de millo			Herba seca		
	Media	s.d.	cv%	Media	s.d.	cv%	Media	s.d.	cv%
Materia seca %									
MS	27.8	3.5	12.5	34.3	0.7	2.1	-	-	-
Composición química (%MS)									
MO	90.7	1.6	1.8	96.5	0.3	0.3	93.0	0.4	0.4
PB	11.6	0.6	5.0	7.0	0.1	1.9	7.7	0.6	8.0
FAD	34.7	2.2	6.4	39.7	1.2	3.0	66.5	0.6	0.9
FND	49.6	1.9	3.7	19.4	1.2	6.2	41.6	3.1	7.4
ALM	-	-	-	30.7	1.5	4.7	-	-	-
Dixestibilidade (%)									
DMO	68.7	1.5	2.2	73.4	0.5	0.7	43.5	1.1	2.6
DOMD	62.3	1.8	2.8	70.8	0.6	0.9	40.4	1.2	3.0
Valor enerxético									
ENL (Mcal/kg MS)	1.41	0.05	3.43	1.61	0.02	1.05	0.83	0.03	3.44
UFL/kg MS	0.83	0.03	3.43	0.95	0.01	1.05	0.49	0.02	3.44
Degradabilidade ruminal do N (%)									

DTN	74.5	2.5	3.4	-	-	-	-	-	-
Parámetros fermentativos									
pH	3.42	0.11	3.3	3.50	0.02	0.5	-	-	-
Láctico (%MS)	11.1	1.4	12.9	8.2	0.2	2.3	-	-	-
Acético (%MS)	2.1	0.0	1.2	1.7	0.2	12.7	-	-	-
N-NH ₃ (% N total)	5.9	0.9	14.7	7.8	0.5	6.1	-	-	-
N Solúbel (%N total)	48.1	2.1	4.4	69.2	3.4	4.8	-	-	-

std.: desviación estándar; cv: coeficiente de variación; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; ALM: Amidón; DMO: dixestibilidade da MO; DMOD: concentración de MO dixestíbel na MS; ENLm: enerxía neta leite a nivel de mantemento; UFL: unidades forrageiras leite (1 UFL=1.7 Mcal/kg MS); DTN: degradabilidade ruminal do nitróxeno (N); Láctico e Acético: ácidos de fermentación; Nsol: N solúbel; Nt: nitróxeno total.

A mestura TMR consumida polas vacas mostrou valores medios de 37.4% de materia seca (MS), 15.8 de proteína bruta (%MS) e 1.45 Mcal de enerxía neta leite/ kg MS, sendo este valor algo baixo para vacas no primeiro terzo de lactación, o cal se atribúe a unha dixestibilidade da ensilaxe de herba algo inferior á esperada e á reducida proporción de concentrado (25% da MS total da TMR) que se fixou no protocolo do experimento.

Táboa 2.- Composición nutricional da mestura TMR e do concentrado utilizado no experimento

	Mestura TMR			Concentrado		
	Media	s.d.	cv%	Media	s.d.	cv%
Materia seca %						
MS	37.4	1.8	4.7	88.2	0.08	0.10
Composición química (%MS)						
MO	93.1	0.5	0.5	94.9	0.3	0.3
PB	15.8	1.1	6.8	23.9	1.4	5.8
FB	19.2	0.8	4.1	5.0	0.2	4.0
FAD	24.4	0.9	3.6	7.4	0.3	3.6
FND	41.0	1.2	2.9	-	-	-
ALMD	20.2	1.0	4.9	-	-	-
GB	3.2	0.1	3.8	3.1	0.2	7.4
Dixestibilidade (%)						
DMO	69.8	1.0	1.4	-	-	-
DOMD	64.9	1.1	1.7	-	-	-
Valor enerxético						
ENL (Mcal/kg MS)	1.45	0.03	2.11	1.97	0.26	13.03
UFL/kg MS	0.85	0.02	2.11	1.16	0.15	13.03

std.: desviación estándar; cv: coeficiente de variación; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; ALM: Amidón; GB: graxa bruta; DMO: dixestibilidade da MO; DMOD: concentración de MO dixestíbel na MS; ENLm: enerxía neta leite a nivel de mantemento; UFL: unidades forrageiras leite (1 UFL=1.7 Mcal/kg MS).

Produtividade animal e produción de metano entérico

Na Táboa 3 se mostran os valores medios da produtividade animal e da produción de metano entérico para os distintos tratamentos. A produción de leite, corrixida ao 3.5% de graxa e 3.2% de proteína, oscilou nun estreito marxe entre 35.1 e 35.3 kg/vaca e día, sen diferenzas significativas entre tratamentos. Os valores medios de produción de sólidos do leite tampouco variou significativamente entre os catro grupos de vacas, con rangos (en kg/vaca e día) de 1.26 a 1.35 kg para a graxa, de 1.00 a 1.07 kg para a proteína e de 4.16 a 4.20 kg para os sólidos totais. A inxesta de MS, estimada a partir da produción de leite se situou entre 23.9 e 24.6 kg MS/vaca e día, dando lugar a unha eficiencia de conversión da MS de entre 1.33 e 1.36 kg de leite/kg MS, novamente sen diferenzas entre tratamentos.

Como se observa na Táboa 3 e nas Figuras 2 a 4, a adición de aceite esencial de eucalipto non reduciu a emisión de metano entérico, calculada tanto en g CH₄/día como en g CH₄/L de leite e en g CH₄/kg MS consumida. Resulta sorprendente que a doses de 3 e 5 g de aceite/vaca e día os valores de emisión de CH₄ aumentaran significativamente respecto do control entre un 15 e un 18%, cun valor máximo numérico para a dose de 3 g de AE/vaca e día. A explicación do incremento significativo da emisión de CH₄ pola adición de 3 ou 5 g de AE á dieta diaria de cada vaca, mostrando un efecto inverso ao agardado, non se pode deducir dos resultados do ensaio.

Táboa 3.- Efecto do tratamento sobre a produtividade e emisión de metano entérico §

	Tratamento				P
	0G	1G	3G	5G	
n	30	26	30	27	
Producción de leite (PL, kg/día)					
PL non corrixida	34.1	32.4	33.4	32.6	NS
PLMG corrixida a 3.5% de graxa	35.2	35.2	35.5	36.0	NS
PL corrixida a 3.5% de graxa e 3.2% de proteína	35.1	35.1	35.2	35.3	NS
Produción de sólidos (kg/día)					
Materia graxa	1.26	1.30	1.29	1.35	NS
Materia proteica	1.07	1.04	1.04	1.00	NS
Extracto seco magro	2.94	2.84	2.91	2.80	NS
Sólidos totais	4.20	4.15	4.20	4.16	NS
Inxestión de materia seca (kg/vaca e día)					
IMS calculada NRC (2001)	24.4	23.9	23.9	24.6	NS
Eficiencia (kg leite/kg MS)					
Eficiencia	1.36	1.34	1.33	1.36	NS
Peso vivo vacas (kg)					
Comezo do ensaio (21 DEL)	673	663	687	659	-
Final ensaio (251 DEL)	668	675	691	670	NS
Condición corporal vacas (0-5)					
Comezo do ensaio (21 DEL)	2.9	2.8	3.2	2.9	-

Final ensaio (251 DEL)	3.0	2.9	3.0	2.8	NS
Producción de metano entérico					
CH ₄ g/d (covariábel)	613	584	594	678	-
CH ₄ g/d	575 ^b	586 ^b	681 ^a	663 ^a	**
CH ₄ g/L leite	16.2 ^b	16.7 ^b	19.7 ^a	19.3 ^a	**
CH ₄ g/kg MS	23.5 ^b	24.3 ^b	28.3 ^a	27.4 ^a	**

§ Valores corrixidos por covariábeis; n: número de observacións (valores medios de dúas semanas/vaca);

DEL: días en leite; e.s.m.: erro estándar da media; P: significación no test F do ANOVA (NS: non significativo, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001; Medias da mesma liña afectadas por distinto superíndice son significativamente diferentes (p<0.05).

Composición do leite

Na Táboa 4 se presentan os valores medios de composición fisicoquímica do leite e do perfil de ácidos graxos do leite para os catro tratamentos avaliados. O contido en graxa do leite foi significativamente incrementado pola adición de AE a tódalas doses ensaiadas, o cal podería suxerir que o aceite de eucalipto favorece, por algunha razón descoñecida, a fermentación de tipo acético e butírico dos carbohidratos non estruturais no rume, provocando por tanto unha maior produción de H₂ que sería convertido en CH₄ polas bacterias metanoxénicas do rume.

Dado que o acetato e o butirato producidos na fermentación ruminal é utilizado na glándula mamaria para a síntese *ex novo* de ácidos graxos de cadea inferior a 16 carbonos, cabería pensar que a composición do leite podería reflectir o tipo de fermentación ruminal inducida polo uso de aceite esencial de eucalipto. Sen embargo, o perfil de ácidos graxos expresado en g/100 g de ácidos graxos totais foi moi similar entre tratamentos, sen que os grupos de ácidos graxos de cadea curta (C4-C10) e media (C12-C16) permitiran sustentar a anterior hipótese. Resulta salientábel, asemade, a diminución do punto crioscópico do leite para os tratamentos con aceite de eucalipto, que resultou significativamente diferente do control.

Composición fisicoquímica e perfil de ácidos graxos do leite

	Tratamento				P
	0G	1G	3G	5G	
n	30	26	30	27	
Composición fisicoquímica do leite					
Materia graxa (%)	3.70 ^b	4.04 ^a	3.92 ^a	4.15 ^a	**
Materia proteica (%)	3.15	3.23	3.13	3.04	NS
Lactosa (%)	4.79	4.83	4.95	4.87	NS
Extracto seco magro (%)	8.61	8.77	8.75	8.56	NS
Urea (mg/L)	206	226	209	230	NS
Células somáticas (log10/mL)	1.70	1.77	1.87	1.48	NS

Punto crioscópico (x -1 °C)	-0.523 ^a	-0.533 ^b	-0.530 ^b	-0.532 ^b	***
Perfil de ácidos graxos (g/100 g de AGT)					
Saturados	71.4	71.4	70.8	71.9	NS
Insaturados	28.6	28.6	29.2	28.1	NS
Monoinsaturados	25.7	25.7	26.3	25.3	NS
Poliinsaturados	2.91	2.91	2.85	2.72	NS
Mirístico (C14:0)	11.2	11.2	11.1	11.2	NS
Palmitico (C16:0)	30.8	30.9	30.7	32.0	NS
Esteárico (C18:0)	9.23	9.57	9.59	9.82	NS
Oleico (C18:1 cis9)	22.8	22.4	23.1	22.5	NS
AG de cadea curta (C4-C10)	10.4	10.4	10.3	10.3	NS
AG de cadea media (C12-C16)	49.3	49.9	48.6	49.8	NS
AG de cadea longa (C18)	36.8	35.8	36.8	35.8	NS
AG trans (vaccénico + linoleico conxugado)	2.09	2.11	2.03	1.95	NS

AG: ácidos graxos; AGT: AG totais; n: número de observacións (valores medios de dúas semanas/vaca); P: significación no test F do ANOVA (NS: non significativo, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001; Medias da mesma liña afectadas por distinto superíndice son significativamente diferentes (p<0.05).

Conclusións

1. Os resultados do experimento realizado *in vivo* con vacas de leite alimentadas cunha dieta TMR de alto contido en forraxe (75% MS total) mostran inequivocamente que a adición de aceite esencial de *E. globulus* a doses de 1, 3 e 5 g/vaca e día non foron efectivas para reducir a emisión de CH₄ entérico respecto do tratamento control sen aditivo.
2. As doses de 3 e 5 g de aceite esencial por vaca e día produciron o efecto contrario, aumentando a produción de CH₄ entérico por razóns non coñecidas.
3. A adición de aceite esencial de *E. globulus*, por outra parte, non modificou a produtividade animal nin alterou o perfil de ácidos graos do leite.

Á vista dos resultados, no segundo ensaio *in vivo* se elixe a dose de 1 g de aceite esencial de *E. globulus* para ser probada de novo xunto coa adición de aceites vexetais en dietas TMR para vacas de leite.

Nun terceiro ensaio se utilizarán dous aditivos comerciais con propiedades potenciais de redución das emisións de metano entérico fronte a un control sen aditivo, medindo os seus efectos sobre a produtividade animal e a composición do leite.

Ensaio de alimentación con vacas de leite alimentadas con dietas TMR con inclusión de diferentes aceite esencial de *E. globulus* e aceites vexetais

Obxecto:

Comprobar o efecto da adición a unha dieta TMR con nivel medio de concentrado de aceite esencial de eucalipto vs. a adición de aceites vexetais (aceite de liño e de xirasol).

Metodoloxía:

O ensaio desenvolveuse no período comprendido entre o 20 de marzo ao 22 de xuño de 2023, cunha duración experimental de 12 semanas. Utilizáronse 11 vacas/tratamento, das cales 5 eran primíparas. A data media de parto dos animais foi o 25 de xaneiro de 2023 e os días en leite ao comezo do experimento eran, de media, $67,4 \pm 19,6$ días. A produción media diaria de leite por vaca ao inicio foi de $37,2 \pm 6,9$ kg, cun peso vivo medio inicial de $627,4 \pm 86,2$ kg e unha condición corporal de $2,82 \pm 0,28$. Dentro de cada tratamento asignáronse 6 vacas (3 primíparas) aos comedeiros electrónicos e 5 (2 primíparas) aos comedeiros grupais.

Nos cadros seguintes detállase a composición da ración TMR en cada tratamento e o valor nutricional da mesma.

Composición da ración TMR en cada tratamento

	Ensilado Herba	Ensilado Millo	Ensilado Xirasol	Concentrado 24%	Liño
Control	20,0%	45,0%	0,0%	35,0%	0,0%
Eucalipto	20,0%	45,0%	0,0%	35,0%	0,0%
Liño	20,0%	45,0%	0,0%	30,0%	5,0%
Xirasol	20,0%	36,0%	9,0%	35,0%	0,0%

O tratamento control trátase dunha ración habitual nas granxas de leite galegas, composta por un 20% de ensilado de herba, 45% de millo e 35% de concentrado. A única variación do tratamento eucalipto respecto do control é que se engade unha dose de aceite de eucalipto elixida en función dos resultados das avaliacións anteriores (1 g/vaca e día). O tratamento liño incorpora un 5% do produto Max Lin (composto nun 70% por liño) cun 28,5% de graxa en substitución dun 5% de concentrado. Por último, no tratamento xirasol substitúese un 9% de silo de millo por silo de xirasol (23,8% de graxa). Tendo en conta

Valor nutricional medio da ración TMR en cada tratamento

	% MS	% PB	% FAD	% FND	% DMOD	ENL	UFL	% Graxa
Control	55,66	13,32	18,17	34,58	72,06	1,65	0,97	3,35
Eucalipto	55,66	13,32	18,17	34,58	72,06	1,65	0,97	3,35
Liño	51,25	13,02	17,83	33,74	68,05	1,56	0,92	4,58
Xirasol	54,05	13,43	19,21	34,58	69,78	1,68	0,99	5,22

As principais variacións entre tratamentos, a nivel nutricional, atópanse na % de graxa, obxectivo deste ensaio, cun 3,35% nos tratamentos control e eucalipto, ascendendo a 4,58% no tratamento liño e 5,22% no xirasol. Tamén pode destacarse que a % de proteína nun rango baixo debido á baixa proteína do ensilado de herba (8,7%).

Variación de peso vivo das vacas durante o experimento (kg)

	Preensaio	1ª Pesada	2ª Pesada	3ª Pesada	4ª Pesada	5ª Pesada	Variación 1ª-5ª pesada
Control	630,3	623,4	625,3	639,6	637,5	642,7	19,3
Eucalipto	611,4	613,1	628,5	644,9	655,1	650,7	37,6
Liño	637,6	624,8	650,7	667,3	664,8	671,8	47,0
Xirasol	630,3	628,3	640,2	654,3	658,1	666,8	38,5

En todos os tratamentos incrementouse o peso dos animais ao longo do ensaio, sen atoparse grandes diferenzas entre eles, só un incremento lixeiramente inferior no caso do tratamento control respecto aos outros 3 tratamentos.

Variación de condición corporal das vacas durante o experimento (kg)

	Preensaio	1ª Pesada	2ª Pesada	3ª Pesada	4ª Pesada	5ª Pesada	Variación 1ª-5ª pesada
Control	2,82	2,82	2,80	2,84	2,93	2,93	0,11
Eucalipto	2,75	2,75	2,80	2,82	2,91	2,93	0,18
Liño	2,84	2,84	2,82	2,86	2,93	2,93	0,09
Xirasol	2,89	2,89	2,77	2,82	2,93	2,95	0,06

Tampouco na condición corporal poden destacarse diferenzas entre grupos, cun aumento algo máis destacado no caso do tratamento con eucalipto, pero que tamén partía dun punto lixeiramente inferior aos outros grupos.

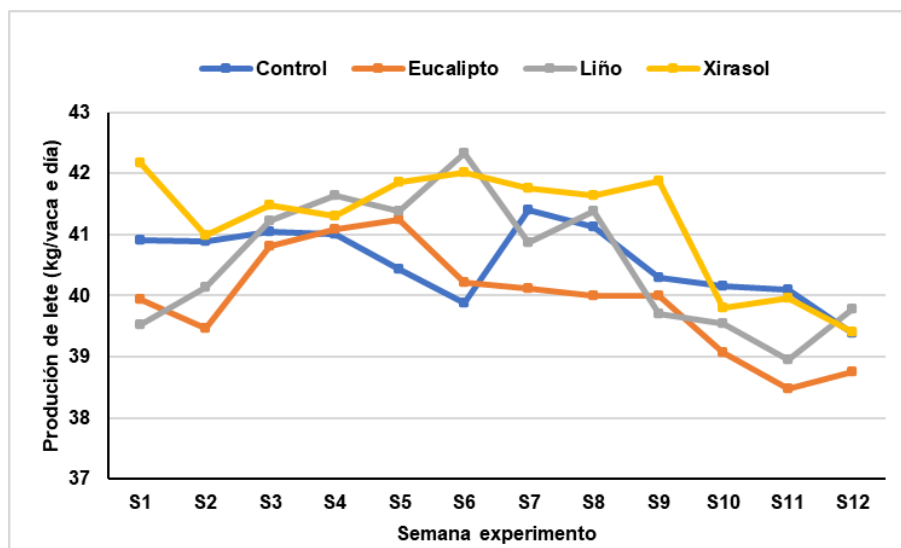
Produtividade animal

Entre as principais cuestións a destacar do efecto provocado pola inclusión dos aceites nas racións son que a produción de leite aumenta un 4,2% no tratamento xirasol respecto do control. Porén, cando se observa o leite corrixido, a inclusión de aceites provoca unha diminución da produción respecto do tratamento control, -4,0% no caso do liño e -6,5% no caso do xirasol. Isto débese á baixada na % de graxa que provocan os aceites, un -9,9% o liño e un -16,0% o xirasol. A proteína tamén se ve afectada, pero só no caso do xirasol (-8,2%), mentres que no tratamento liño non é significativamente inferior. A porcentaxe de lactosa nos tratamentos con aceites é superior estatisticamente ao control, pero numericamente esta diferenza é pouco importante e non supera o 1,5%.

Pola súa parte, a inxestión tamén se ve afectada dependendo do tratamento, sendo arredor dun kg inferior nas vacas que consumiron racións que incluían aceites. Isto, unido ao efecto sobre a produción de leite corrixido, deu como resultado eficiencias inferiores, aínda que só no xirasol son significativas respecto do control.

Os datos de urea son relativamente baixos respecto do óptimo (rango de 150-250 ppm) en todos os tratamentos, o que está provocado polo baixo nivel de proteína da ración. Non obstante, os tratamentos con aceites presentan valores significativamente inferiores ao control.

Gráfico da evolución da produción media de leite por vaca para os diferentes tratamentos



Efecto da inclusión de aceites na ración de vacas leiteiras sobre a produtividade animal e a composición do leite

	Control	Eucalipto	Liño	Xirasol	s.e.m.	p
n	132	132	132	132		
Produción de leite (kg/vaca e día)						
Leite (non corrixida)	40,1 ^b	39,9 ^b	40,5 ^b	41,8 ^a	0,279	***
FPCM (4%MG e 3,3% MP)	39,7 ^a	40,2 ^a	38,1 ^b	37,1 ^b	0,541	***
Graxa	1,61 ^a	1,64 ^a	1,44 ^b	1,37 ^b	0,038	***
Proteína	1,25 ^a	1,28 ^a	1,27 ^a	1,19 ^b	0,013	***
Extracto Seco Magro	3,50	3,52	3,60	3,55	0,036	NS
Sólidos	5,11 ^a	5,16 ^a	5,05 ^{ab}	4,93 ^b	0,059	*
Inxestión de materia seca (IMS) e eficiencia (EFI)						
IMS (kg/vaca e día)	26,9 ^a	27,0 ^a	26,1 ^b	25,8 ^b	0,233	***
EFI (kg leite/kg MS)	1,47 ^{ab}	1,48 ^a	1,44 ^{bc}	1,42 ^c	0,011	**
Composición do leite (%)§						
Graxa	4,06 ^a	4,11 ^a	3,66 ^b	3,41 ^b	0,091	***
Proteína	3,17 ^{ab}	3,23 ^a	3,14 ^b	2,91 ^c	0,024	***
Lactosa	4,82 ^b	4,81 ^b	4,89 ^a	4,88 ^a	0,018	***
Extracto Seco Magro	8,76 ^b	8,83 ^{ab}	8,86 ^a	8,61 ^c	0,004	***
Urea e punto crioscópico						
Urea (ppm)	139 ^a	145 ^a	98 ^b	103 ^b	4,88	***
Punto crioscópico °C	-0,530 ^a	-0,527 ^b	-0,531 ^b	-0,527 ^a	0,001	**

Composición do leite

A inclusión de aceites vexetais na ración das vacas alterou o perfil de ácidos graxos. Os AG saturados reducíronse ata en 10 puntos coa inclusión do xirasol, baixando a diferenza control a 6 puntos no caso do liño. Isto provoca que aumente a cantidade de monoinsaturados e poliinsaturados. Entre os AG individuais pode destacarse a redución en mirístico e palmítico e o incremento de esteárico e oleico coa introdución de liño e xirasol, sendo sempre maiores as diferenzas no tratamento xirasol. Entre os cambios observados segundo a lonxitude de cadea dos AG, cabe resaltar a gran baixada dos AG de cadea media nos tratamentos con aceites, aumentado ao mesmo tempo os de cadea longa. Do mesmo xeito, tamén presentan diferenzas os AG trans, que se duplican coa presenza de liño e xirasol na ración.

Efecto da inclusión de aceites na ración de vacas leiteiras sobre o perfil graxo do leite

	Control	Eucalipto	Liño	Xirasol	s.e.m.	p
n	132	132	132	132		
Composición ácidos graxos (% g/100 AGT)						
AG saturados	73,5 ^a	74,0 ^a	67,1 ^b	63,3 ^c	0,443	***
AG insaturados	26,5 ^c	26,0 ^c	32,9 ^b	36,7 ^a	0,443	***
AG monoinsaturados	24,0 ^c	23,5 ^c	29,6 ^b	33,2 ^a	0,415	***
AG poliinsaturados	2,47 ^c	2,51 ^c	3,35 ^b	3,51 ^a	0,044	***
Mirístico (C14:0)	12,6 ^a	13,0 ^a	10,7 ^b	8,8 ^c	0,157	***
Palmítico (C16:0)	34,0 ^a	34,8 ^a	28,1 ^b	25,9 ^c	0,358	***
Esteárico (C18:0)	9,15 ^d	8,59 ^c	10,5 ^b	12,0 ^a	0,115	***
Oleico (C18:1c9)	19,7 ^c	19,3 ^c	23,8 ^b	26,7 ^a	0,323	***
AG cadea curta	11,5 ^a	11,5 ^a	10,8 ^b	9,7 ^c	0,098	***
AG cadea media	54,0 ^b	55,7 ^a	45,7 ^c	41,5 ^d	0,553	***
AG cadea longa	32,2 ^c	31,2 ^c	39,3 ^b	44,5 ^a	0,519	***
AG cadea trans	0,98 ^b	0,99 ^b	2,33 ^a	2,51 ^a	0,074	***

Produción entérica de metano

A produción de metano mediuse, de forma directa, co instrumento *Laser-Methane* (LMD) e, indirectamente a partir da composición en ácidos graxos das mostras de leite, mediante dúas ecuacións obtidas nun proxecto colaborativo anterior entre o LIGAL e o CIAM (ecuacións META2 e META3).

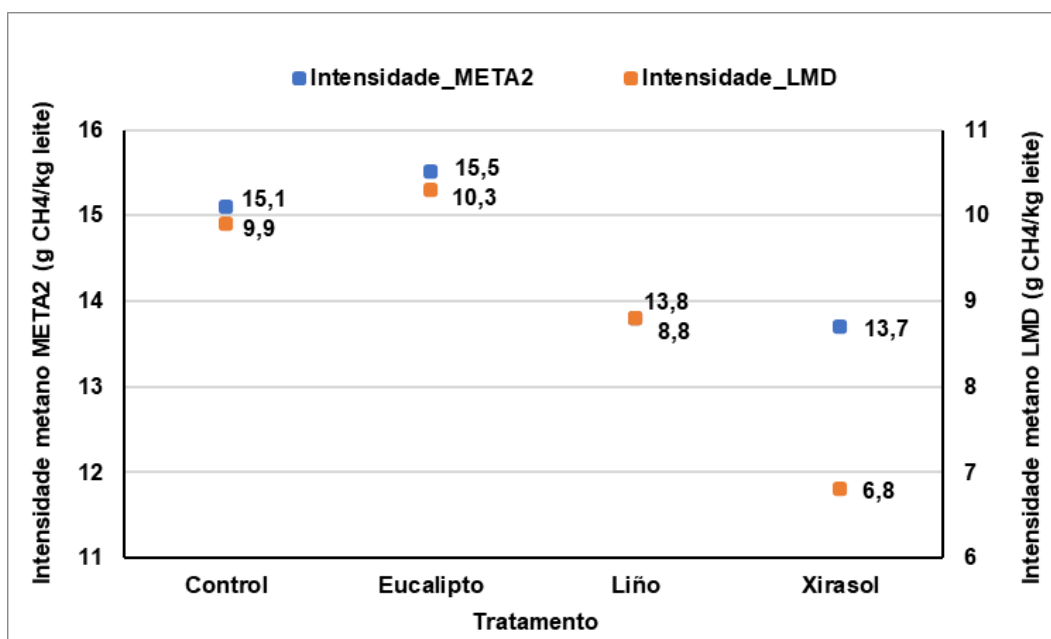
Na Táboa seguinte se presentan os datos de emisión entérica de metano, referidos á intensidade (g CH₄/kg de leite) e a produción total diaria (g CH₄/vaca). Como se pode observar, a emisión de metano tanto en intensidade como total, se ve significativamente reducida cando se incorporan aceites vexetais (+372 g/vaca e día de aceite de liño en forma de torta e +552 g/vaca e día de aceite de xirasol estándar en forma de ensilaxe de planta enteira) á dieta das vacas en produción, de forma especialmente marcada, neste experimento, en forma de ensilaxe de xirasol estándar con alto contido en aceite

Efecto da inclusión de aceites na ración de vacas leiteiras sobre a produción de metano entérico

	Control	Eucalipto	Liño	Xirasol	s.e.m.	p
n	132	132	132	132		
Produción metano (intensidade: gCH ₄ /kg leite; produción: gCH ₄ /vaca)						
Intensidade_META2	15,1 ^a	15,5 ^a	13,8 ^b	13,7 ^b	0,121	***
Produción diaria_META2	607 ^a	614 ^a	563 ^b	536 ^b	12,7	***
Intensidade_META3	15,4 ^a	15,8 ^a	14,8 ^b	14,4 ^b	0,296	***
Produción diaria_META3	616 ^a	625 ^a	600 ^{ab}	563 ^b	13,8	***

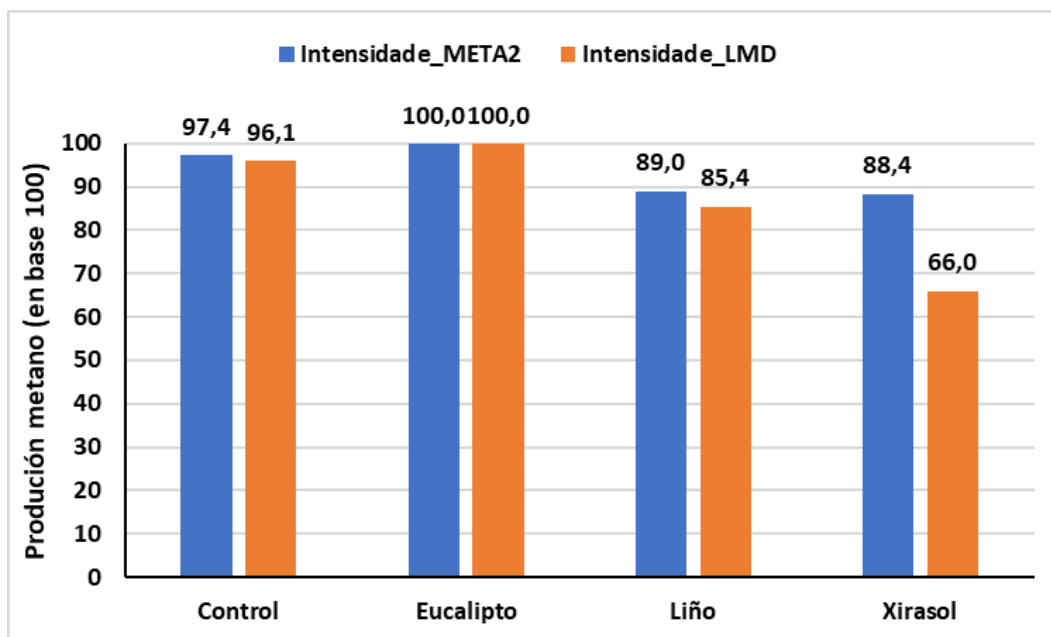
Intensidade_LMD	9,9 ^a	10,3 ^a	8,8 ^b	6,8 ^c	0,403	***
Produción diaria_LMD	382 ^{ab}	400 ^a	349 ^b	265 ^c	13,8	***

Na seguinte figura se mostra graficamente a intensidade media de emisión de metano observada para cada tratamento cando se mide co instrumento LMD ou cando se estima mediante a ecuación META2, baseada na composición graxa das mostras de leite. Non se inclúen os resultados da ecuación META3, por ser practicamente iguais aos anteriores.



Na figura seguinte pode verse unha escala en base 100 en función do tratamento cunha maior intensidade de emisión. Neste caso nas dúas medidas é o eucalipto, estando moi próximo o control e por debaixo de 90 o liño, pero tamén con cifras similares entre as dúas medidas, mentres que no caso do xirasol as diferenzas entre sistemas de medición aumentan.

Porén, estes resultados indícanos que os sistemas de medida empregados para detectar a emisión de metano entérico poden empregarse para obter medidas relativas entre tratamentos, pero non se poden empregar para obter medidas absolutas, polo que sería necesario contar con ferramentas axeitadas para alcanzar ese obxectivo.



Conclusións

1. A intensidade de emisión de metano entérico redúcese coa inclusión de aceites vexetais, tanto liño como xirasol, na ración das vacas de leite.
2. A inclusión de aceites provocou unha diminución do -4,0% e -6,5% do leite corrixido (4,0% graxa e 3,3% proteína) nos tratamentos liño e xirasol, respectivamente, respecto do tratamento control.
3. A composición do leite vese alterada coa inclusión de aceites na dieta en comparación aos resultados do tratamento control, no caso do liño reduce nun 9,9% a % de graxa e no caso do xirasol nun 16,0% a graxa e nun 8,2% a proteína.
4. O perfil de ácidos graxos vese modificado coa introdución de aceites vexetais na ración das vacas, diminuindo a % de AG saturados, aumentado monoinsaturados e poliinsaturados. Da mesma forma, diminúen os AG de cadea media ao tempo que aumentan os de cadea longa.
5. Se ben a inclusión de aceites vexetais á dieta poden ser medidas de mitigación das emisións de metano entérico, o seu uso produce cambios na composición do leite que afectan á produtividade animal. É necesario ter en conta estes efectos na aplicación práctica destas medidas de mitigación da emisión de metano.
6. A inclusión de aceite esencial de *E. globulus* non produce ningún efecto, respecto do control sen aditivos, tanto na emisión de metano entérico como na produtividade animal e a calidade do leite. O seu uso como aditivo nas dietas de vacún de leite non é recomendado.
7. Os sistemas de medida empregados permiten obter medidas relativas das emisións de metano, pero non medidas absolutas, polo que sería necesario contar con ferramentas axeitadas para alcanzar ese obxectivo.

Avaliación do efecto de dous aditivos alimentarios comerciais sobre a produtividade animal e a intensidade de emisión de metano entérico en vacas de leite

Obxectivo

Avaliar o efecto de dous aditivos comerciais, suplementos alimentarios naturais, aplicados a dietas TMR ofrecidas a vacas de leite en produción, sobre a produtividade animal, a composición do leite e a intensidade de emisión de metano entérico.

Metodoloxía

O experimento, de 6 semanas de duración, se realizou utilizando 45 vacas en lactación media (150 días en leite) do rabaño experimental do CIAM, distribuídas en 3 grupos homoxéneos (días en leite, produción de leite, número de parto e peso vivo) de 15 vacas cada un. Os grupos foron aleatoriamente asignados a un dos seguintes tratamentos: a) un aditivo comercial a base de aceites esenciais vexetais (ACOM1), b) un aditivo comercial a base de extractos de *Allium sativum* e de cítricos (ACOM2) e c) un control sen aditivos (CONTROL). Os aditivos foron engadidos seguindo as recomendacións dos respectivos fabricantes a unha dieta TMR composta por ensilaxe de herba, ensilaxe de millo e concentrado en proporcións (en MS), de 25%, 40% e 35%, respectivamente.

As características dos alimentos e da ración TMR se indican nas seguintes táboas:

Características nutricionais dos alimentos ingredientes da ración TMR			
	Ensilaxe Herba	Ensilaxe Millo	Concentrado 24%
% MO	92.0	95.6	94.3
% MS	29.9	37.3	88.2
% PB (MS)	8.7	7.1	23.9
% FAD (%MS)	36.2	18.9	-
%FB (MS)	-	-	6.9
% FND (MS)	55.8	38.9	16.9
% ALMD (MS)	-	38.1	26.0
% DMO	67.4	73.5	85.0
% DMOD	62.0	70.2	80.2
ENL	1.37	1.60	1.88
UFL	0.81	0.94	1.11
% Graxa	3.00	3.00	4.00

Características nutricionais da ración TMR							
% MS	% PB	% FAD	% FND	% DMOD	ENL	UFL	% Graxa
53.24	13.40	19.04	35.43	71.65	1.64	0.97	3.35

O deseño experimental foi en grupos completamente aleatorizados, onde as vacas permaneceron no mesmo tratamento durante todo o experimento.

A produción de leite se mediu diariamente, nas muxiduras de mañá e de tarde, e se tomaron mostras de leite na segunda, cuarta e sexta semana do experimento. Nas mesmas datas se tomaron mostras de alimentos e ración TMR e os animais foron pesados e medida a condición corporal. As mostras de leite se enviaron ao LIGAL para análise fisicoquímico FTMIR e as mostras de alimentos e TMR se analizaron no CIAM mediante NIRS.

A produción entérica de metano foi medida, na segunda, cuarta e sexta semana do experimento utilizando o instrumento Laser Methane Detector (LMD). Foi seguido un procedemento estandarizado: a) LMD colocado en trípode, b) inmovilización da vaca na cornadiza, c) 1.5 m de distancia do instrumento á boca do animal, d) recollida de información de 2 lecturas por segundo, e) tempo de medida 10 minutos/vaca. As lecturas realizadas, medidas en ppm.m se transformaron en g CH₄/animal e día aplicando a expresión $Y = 1.59 X$, onde Y é a emisión diaria (g CH₄/animal) e X é o valor medio (en ppm.m) dos 1.200 rexistros efectuadas polo aparato durante a medición con cada animal.

Se realizou unha estimación da intensidade de emisión entérica de metano a partir do perfil de ácidos graxos (AG) das mostras de leite analizadas mediante FTMIR no LIGAL, utilizando as seguintes expresións:

(1) g CH₄/kg Leite = $21.79 - 0.528 \times \text{MIR} + 0.394 \times \text{OLE} - 0.496 \times \text{AGCC} + 0.198 \times \text{AGCM} - 0.394 \times \text{AGCL}$, onde MIR (AG mirístico), OLE (AG oleico), AGCC (AG de cadea curta), AGCM (AG de cadea media) e AGCL (AG de cadea longa) se expresan referidos aos AG totais (AGT = graxa $\times$ 0.95) como g/100 g AGT.

(2) g CH₄/kg Leite = $6.61 - 10.06 \times \text{MIR} - 6.34 \times \text{EST} - 4.17 \times \text{PAL} + 5.26 \times \text{AGMI} + 7.94 \times \text{AGCM}$, onde MIR (AG mirístico), EST (AG esteárico), PAL (AG palmítico), AGMI (AG monoinsaturados) e AGCM (AG de cadea media) se expresan como g/100 g de leite.

Resultados

Produtividade animal e composición do leite

En xeral, o efecto da utilización dos aditivos na dieta das vacas de leite tivo un moderado efecto positivo na produtividade animal. Mentres que a produción de leite sen corrixir non foi modificada, cando se estandarizaba este valor polo contido en graxa (MG) e proteína (MP) se observou un pequeno incremento da produción debido ao uso de aditivos, con valores medios (FPCM, kg/vaca e día) de 37.4, 36.1 e 35.2 kg para ACOM2, ACOM1 e CONTROL, respectivamente, que chegou a ser significativo ($p < 0.05$) para ACOM2 respecto do control (+ 5.8%). O efecto sobre a produción diaria

de materia graxa tamén foi aumentado significativamente pola utilización de ACOM2 respecto do control, con valores respectivos de 1.59 e 1.41 kg MG/vaca e día (+ 11%), cun valor intermedio de 1.49 kg MG/vaca e día para ACOM1. O leite das vacas que consumiron a dieta tratada con ACOM2 e ACOM1 mostrou un maior contido en graxa ($p < 0.01$, valores medios respectivos de 4.5 e 4.3%) comparado co do tratamento CONTROL (4.0%), mentres que os restantes parámetros físicoquímicos do leite non se viron afectados polos tratamentos.

O consumo voluntario das vacas durante o experimento foi superior ($p < 0.01$) para as vacas asignadas ao tratamento ACOM2 (25.6 kg MS/vaca e día) comparado co correspondente aos tratamentos ACOM1 e CONTROL (24.4 e 24.3 kg MS/vaca e día, respectivamente), de forma que a eficiencia de conversión da materia seca ingerida en leite non se viu afectado polos tratamentos, con valores medios (en kg de leite FPCM/kg MS consumida) de 1.48 para ACOM1, 1.46 para ACOM2 e 1.44 para CONTROL.

O perfil graxo do leite non se viu significativamente alterado polo uso dos aditivos comerciais ensaiados, se ben ACOM2 diminuíu ($p < 0.05$) a proporción de AG oleico e de AG de cadea longa fronte ao CONTROL e ACOM2 e ACOM1 aumentaron ($p < 0.05$) a proporción de AG *trans* do leite.

Efecto sobre a produtividade animal e a composición do leite

	ACOM1	ACOM2	CONTROL	s.e.m.	P
n	45	45	45		
Produción de leite (g/vaca e día)					
Leite (sen corruxir)	35.0	35.5	35.4	0.543	NS
Leite (MG 4% e MP 3.3%)	36.1 ^{ab}	37.4 ^a	35.2 ^b	0.558	*
Graxa	1.49 ^{ab}	1.59 ^a	1.41 ^b	0.030	***
Proteína	1.16	1.15	1.14	0.017	NS
Extracto seco magro	3.11	3.10	3.11	0.049	NS
Sólidos totais	4.61	4.70	4.53	0.071	NS
Inxestión (kg MS/vaca e día) e eficiencia					
Inxestión de MS (kg/vaca e día)	24.4 ^b	25.6 ^a	24.3 ^b	0.323	***
Eficiencia (kg FPCM/kg MS)	1.48	1.46	1.44	0.026	NS
Composición físicoquímica do leite					
Graxa %	4.32 ^a	4.55 ^a	4.01 ^b	0.085	***
Proteína %	3.35	3.27	3.25	0.034	NS
Lactosa %	4.81	4.75	4.82	0.032	NS
Extracto seco magro %	8.92	8.76	8.83	0.059	NS
Urea (mg/L)	154	169	162	6.630	NS
Punto crioscópico (°C)	-0.526	-0.522	-0.530	0.003	NS
Perfil graxo do leite (% AGT)					
AG saturados	73.9	74.5	73.9	0.260	NS
AG monoinsaturados	23.3 ^{ab}	22.7 ^b	23.5 ^a	0.251	NS (+)
AG poliinsaturados	2.41	2.39	2.32	0.049	NS
Mirístico (C14:0)	13.1	13.0	13.0	0.099	NS
Palmítico (16:0)	33.0	33.6	33.6	0.262	NS
Estearico (C18:0)	9.07	9.2	9.12	0.092	NS
Oleico (C18:1c9)	20.3 ^{ab}	19.8 ^b	20.6 ^a	0.201	*

AG <i>cadea curta</i>	11.0	11.0	11.0	0.063	NS
AG <i>cadea media</i>	54.5	55.6	55.0	0.474	NS
AG <i>cadea longa</i>	32.7 ^{ab}	32.3 ^b	33.5 ^a	0.351	*
AG <i>trans</i>	1.52 ^a	1.50 ^a	1.22 ^b	0.083	*

s.e.m.: erro estándar da media. P: significación (NS: non significativo; NS(+): $p < 0.10$; *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$). Medias afectadas por distinta letra son significativamente diferentes.

Efecto sobre a produción entérica de metano

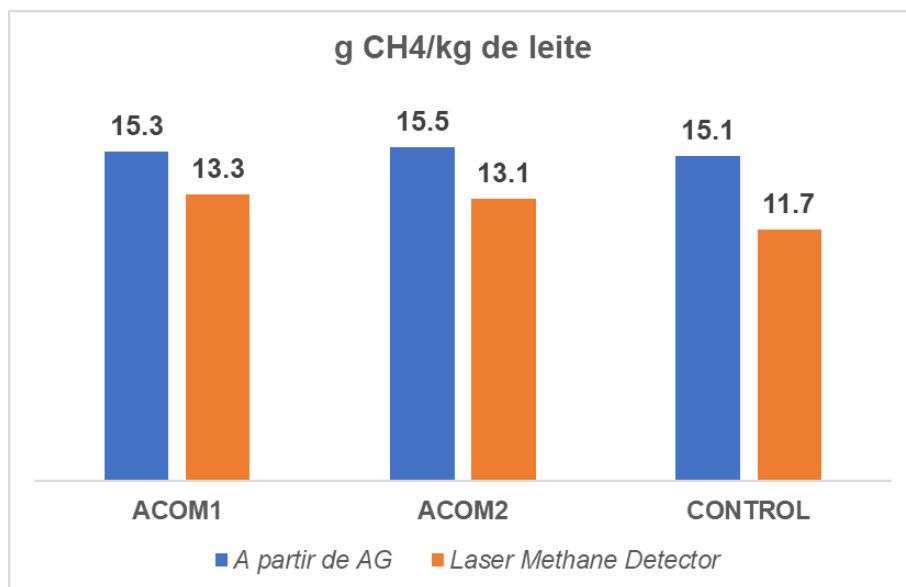
Non se observou un efecto positivo de ningún dos dous aditivos utilizados no ensaio sobre a redución da emisión entérica de metano. As estimacións de emisión, realizadas tanto a partir do perfil graxo do leite como as derivadas das medidas realizadas co instrumento *Laser Methane Detector* mostraron, en todo caso, un lixeiro incremento das emisións das vacas que consumiron as dietas tratadas con aditivos, en relación ao control. O efecto do uso de aditivos, por tanto, resultou ser ao contrario ao esperado no deseño do ensaio de alimentación. Sen embargo, dado que en determinados casos, resulta necesario un período relativamente prolongado para que a microbiota ruminal se adapte ao cambio de alimentación e, consecuentemente, os aditivos poidan manifestar o seu efecto, puidera ser que as seis semanas de duración do presente ensaio non fosen suficientes para observar a súa efectividade.

En todo caso, resulta de interese sinalar a concordancia, en liñas xerais, das estimacións dos valores de emisión de metano realizadas por ambos métodos, o cal é importante para futuros experimentos.

Intensidade de produción de metano entérico e produción diaria por tratamento

	ACOM1	ACOM2	CONTROL	s.e.m.	P
Produción entérica de metano (estimada a partir da composición de AG)					
<i>Intensidade (g CH₄/kg Leite)</i>	15.3 ^{ab}	15.5 ^a	15.1 ^b	0.120	NS (+)
<i>Produción diaria (g CH₄/vaca)</i>	525	549	537	12.28	NS
Produción entérica de metano (estimada mediante o instrumento LMD)					
<i>Intensidade (g CH₄/kg Leite)</i>	13.3 ^a	13.1 ^a	11.7 ^b	0.534	NS (+)
<i>Produción diaria (g CH₄/vaca)</i>	443 ^{ab}	456 ^a	410 ^b	16.20	NS (+)

s.e.m.: erro estándar da media. P: significación (NS: non significativo; NS(+): $p < 0.10$; *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$). Medias afectadas por distinta letra son significativamente diferentes.



Conclusións

1. O uso dun aditivo comercial a base de extractos de *Allium sativum* e de cítricos permitiu aumentar significativamente a produción de leite e a produción de graxa pero non mellorou a eficiencia de conversión en leite da materia seca da dieta.
2. Os aditivos comerciais estudados non reduciron a intensidade de emisión entérica de metano e non se poden considerar, polo momento, como medidas efectivas de mitigación.
3. As particulares condicións do experimento (particularmente o estado de lactación e a curta duración do mesmo) puideron influír nos resultados, polo que sería de interese repetir a avaliación con animais nun estado de lactación menos avanzado e cunha duración do experimento non menor de 12 semanas.

Detección de medidas de mitigación das emisións de metano entérico en relación ao sistema de alimentación das vacas de leite

Obxectivo

Comprobar se existen diferenzas entre distintos sistemas de alimentación (pastoreo vs. estabulación) en canto á emisión de metano entérico das vacas en produción ao longo da lactación.

Metodoloxia

Se analizaron os resultados da emisión de metano entérico de vacas en lactación estimados a partir dun estudo realizado durante dous anos con 30 vacas Holstein do rabaño experimental do CIAM, ao longo de toda a lactación das vacas, desde tres semanas tras o parto até os 305 días de lactación (DEL).

Os sistemas de alimentación

As 30 vacas se distribuíron ao azar en 5 grupos homoxéneos, aos que se lles asignou un de cinco sistemas de alimentación diferentes, tres deles con animais permanentemente confinados e alimentados cunha mestura completa de forraxes conservadas e concentrados (sistemas TMR) e outros dous baseados no pastoreo (sistemas PASTO). Todos os sistemas teñen a característica común dun uso moi moderado de concentrados, cunha relación forraxe/concentrado (en %MS) de aproximadamente 75/25 para o primeiro terzo da lactación (até 105 DEL) e de 85/15 para o resto (de 105 a 305 DEL). As características dos sistemas foron as seguintes

TMR1.- Animais estabulados permanentemente, alimentados con TMR de ensilaxes de herba procedente de raigrás italiano como cultivo de inverno, ensilaxe de millo e concentrado.

TMR2.- Animais estabulados permanentemente, alimentados con TMR de ensilaxes de herba procedente dunha mestura de trevos anuais con raigrás como cultivo de inverno, ensilaxe de millo e concentrado.

TMR3.- Animais estabulados permanentemente, alimentados con TMR de ensilaxes de herba procedente dunha mestura de trevos anuais con raigrás como cultivo de inverno, ensilaxe de sorgo forraxeiro e concentrado.

PASTO1.- Baseado en pradeira mixta de trevo violeta e raigrás inglés aproveitada a dente durante os períodos de crecemento activo do pasto (primavera-verán e rebrote de outono-comezos de inverno) complementado cunha mestura enerxética (mestura de fariña de cebada e polpa de remolacha) no estábulo tras a muxidura da mañá. O resto do ano os animais permaneceron estabulados, sendo alimentados con ensilaxe de herba procedente da pradeira mixta e concentrado. A proporción de concentrado ou de

mestura enerxética recibida polos animais foi a mesma que nos sistemas de estabulación permanente.

PASTO2.- Baseado en pradeira monofita de raigrás inglés aproveitada a dente e como ensilado. O manexo foi o mesmo que no sistema PASTO1.

As medidas realizadas

Durante a realización do ensaio se mediu diariamente a produción de leite. Cada semana se tomaron mostras de leite cuxa composición fisicoquímica se determinou no LIGAL. Cada catro semanas, as mostras de leite foron analizadas mediante cromatografía de gases para determinar o seu perfil de ácidos graxos (AG). Se tomaron mostras semanais de alimentos consumidos no estábulo e do pasto ofrecido aos animais en pastoreo. As vacas foron pesadas e a súa condición corporal foi determinada ao comezo e ao final do experimento e unha vez ao mes durante a realización do mesmo.

A estimación da emisión de metano entérico

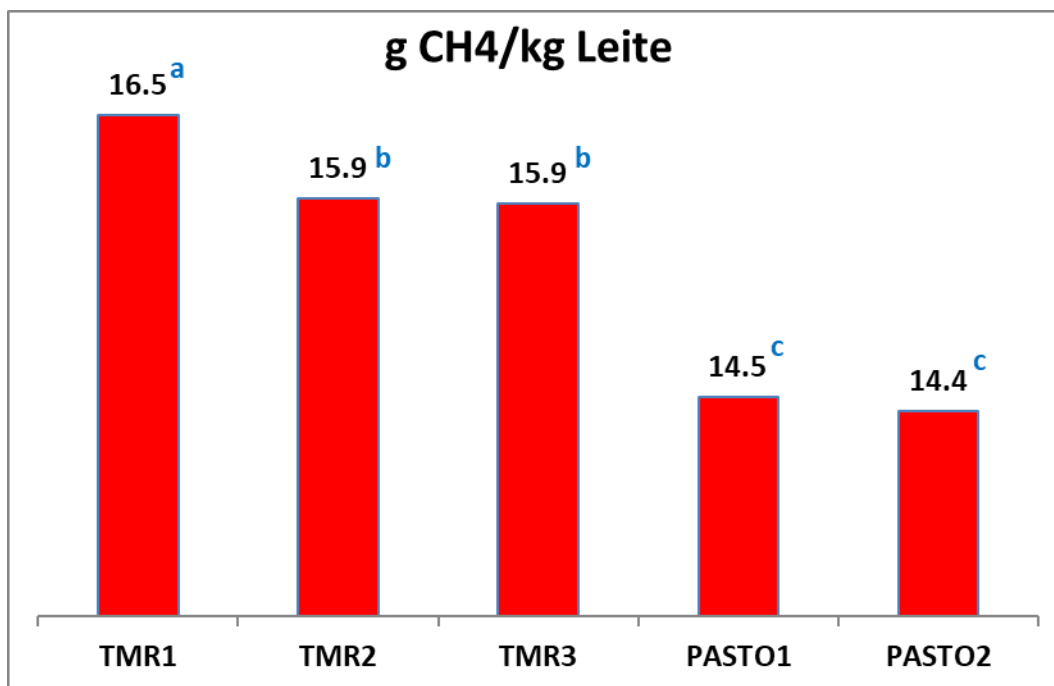
Para estimar a emisión de metano entérico das vacas en produción se utilizou a ecuación de Bougouin et al., (2019) que utiliza determinados AG e parámetros da composición fisicoquímica do leite (graxa, proteína e lactosa) como preditores da intensidade de emisión (g CH₄/ kg de leite producido). O modelo de predición é o seguinte:

$Y \text{ (g CH}_4\text{/kg)} = 15.3 + 3.9 \times \text{C16:0 iso} - 0.5 \times (\text{C18:1t10} + \text{C18:1t11}) + 1.9 \times \text{MG} + 2.2 \times \text{MP} - 3.2 \times \text{LACT}$, na cal os valores de AG están expresados en g/100 g de AG totais e os de MG (graxa), MP (proteína) e LACT (lactosa) en g/100 g de leite.

Resultados

Un resumo dos resultados obtidos se mostra nas figuras e táboa adxuntas, relativo ao efecto do sistema de alimentación sobre os valores medios de produción, composición fisicoquímica e perfil graxo do leite, así como á intensidade da emisión estimada de metano entérico das vacas de leite para os distintos sistemas de alimentación, durante as dúas lactacións.

O sistema de alimentación afectou significativamente aos parámetros citados, tanto no relativo á produtividade animal como á composición do leite producido. En canto á intensidade de emisión de metano entérico, foron observadas diferenzas significativas entre os diferentes sistemas, que se sintetizan no cadro adxunto onde se visualiza a menor emisión de metano para as vacas dos sistemas de pastoreo fronte ás vacas confinadas alimentadas con dietas TMR.



Outro aspecto relevante que se deduce dos resultados do experimento é que existen diferenzas dentro dos sistemas TMR, onde as vacas que consumían as dietas que integran ensilaxe de herba con especies leguminosas (mestura de trevos anuais e raigrás híbrido), comparado coas que consumían a dieta onde a ensilaxe de herba é de gramíneas unicamente (raigrás italiano) presentaban unha intensidade de emisión de metano significativamente inferior.

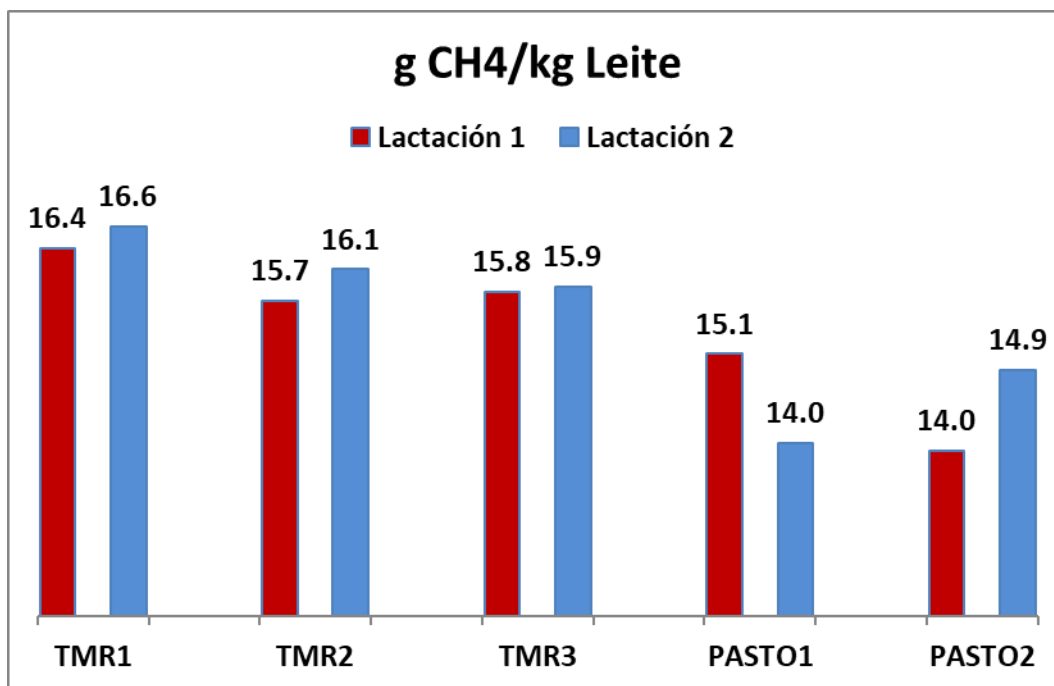
Táboa 1.- Resumo de resultados por sistema de alimentación§

		Tratamento (Sistema de produción)				
		TMR1	TMR2	TMR3	PASTO1	PASTO2
Número de observacións		120	110	120	121	132
Produción de leite, inxestión voluntaria e eficiencia						
Produción de leite	kg/vaca e día	30.68	29.73	25.38	25.54	26.93
Inxestión comedreiro	kg MS/vaca e día	21.24	19.87	20.18	10.14	9.82
Inxestión pasto	kg MS/vaca e día	0.00	0.00	0.00	10.27	10.12
Inxestión total MS	kg MS/vaca e día	21.24	19.87	20.18	20.41	19.94
Eficiencia de conversión	kg leite/kg MS	1.43	1.50	1.24	1.24	1.35
Composición fisicoquímica do leite						
Graxa	g/100 g leite	4.47	4.22	4.18	4.02	3.92
Proteína	g/100 g leite	3.27	3.22	3.25	3.13	3.30
Lactosa	g/100 g leite	4.68	4.66	4.62	4.66	4.66
Extracto seco magro	g/100 g leite	8.61	8.54	8.55	8.53	8.71
Urea	mg/L	192.3	219.6	262.6	243.1	212.4
Punto crioscópico	°C x (-1)	0.530	0.528	0.527	0.524	0.523
Peso e condición corporal						
Peso vivo vacas	kg	644.6	632.2	663.6	625.1	609.8

Condición corporal vacas	ud (rango 1-5)	2.95	2.88	2.86	2.70	2.78
Perfil graxo do leite						
AG saturados	% AG totais	74.4	72.7	71.7	66.1	65.0
AG ramificados	% AG totais	1.67	1.76	1.93	1.69	2.16
AG cadea impar e ramificados	% AG totais	3.24	3.51	3.93	4.04	4.16
AG mono-insaturados	% AG totais	21.7	23.0	23.8	28.3	28.6
AG mono-insaturados <i>cis</i>	% AG totais	20.0	21.0	21.6	24.3	23.6
AG mono-insaturados <i>trans</i>	% AG totais	1.41	1.70	1.85	3.46	4.39
AG poli-insaturados	% AG totais	2.25	2.54	2.58	3.89	4.18
CLA total	% AG totais	0.46	0.57	0.84	1.30	1.78
AG omega-6	% AG totais	1.35	1.47	1.22	1.55	1.44
AG omega-3	% AG totais	0.44	0.49	0.53	1.04	0.97
Relación omega-6/omega-3	Ratio	3.14	3.02	2.33	1.56	1.61
Relación c18:1t11/C18:1t10	Ratio	3.33	3.59	6.68	9.33	12.09
Intensidade de emisión de metano entérico						
Bougouin et al., (2019)	g CH ₄ /kg leite	16.5	15.9	15.9	14.5	14.4

§ Os valores se corresponden coa media de toda a lactación das vacas durante dous anos, en cada sistema

Mentres que o efecto do ano sobre o valor da intensidade de emisión entérica de metano non foi significativa, se detectou a existencia dunha interacción do ano co sistema de produción. Como se pode ver na figura adxunta, onde se indican os valores medios de intensidade de emisión de metano en cada sistema de alimentación e as dúas lactacións analizadas, mentres que os sistemas TMR cos animais estabulados mostraron un comportamento similar os dous anos, o comportamento foi diferente para os dous sistemas de pastoreo.



Conclusións

1.- Os sistemas de alimentación TMR con animais estabulados presentaron unha intensidade de emisión de metano entérico superior á dos sistemas de pastoreo. O pastoreo, por tanto, pode ser unha medida potencial de mitigación das emisións entéricas de metano fronte aos sistemas confinados.

2.- Dentro dos sistemas TMR, os que incorporaron ensilaxes de herba con leguminosas presentaron unha intensidade de emisión de metano moderadamente inferior á mostrada polo sistema que utilizaba ensilaxe de herba de gramíneas. O uso de ensilaxe de leguminosas pratenses nas dietas TMR, por tanto, pode ser unha medida potencial de mitigación das emisións entéricas de metano fronte ao uso de ensilaxes de herba de gramíneas.

3.- Dentro dos sistemas de pastoreo non se observaron diferenzas significativas en canto á intensidade de emisión de metano entérico entre o pasto con mesturas de trevo+gramíneas e o pasto monofito de gramíneas. Os diferentes resultados obtidos nos dous anos de estudo se atribúen, fundamentalmente, a cambios na composición botánica dos pastos mixtos.

4.- Á vista dos resultados, parece que o efecto positivo da inclusión de especies leguminosas nos cultivos sobre a redución da intensidade de emisión de metano entérico nas vacas de leite se manifesta cando a herba se consume como ensilado pero non cando se consume a dente en pastoreo.