

Caracterización de los actuales modelos de alimentación para la producción de leche de vaca en Asturias (España) y su influencia sobre la producción de la leche

C. Santiago^a, F. Vicente^{†,*}, J.D. Jiménez-Calderón, A. Soldado y A. Martínez-Fernández[†]

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Ctra. Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa (Asturias), España

^a Dirección actual: MISC International, C/ Federico Cantero Villamil 2B, 28935 Móstoles, Madrid

[†] Estos dos autores han codirigido este trabajo

Resumen

Los modelos de alimentación para la producción de leche de vaca se clasifican tradicionalmente en base a la superficie agraria destinada al cultivo de maíz. Sin embargo, la composición de las raciones es variable debido a la dinámica de producción de forraje, la rotación de cultivos, la disponibilidad de alimentos en el mercado, los requerimientos de las vacas, etc. Así, la superficie de cultivo no siempre puede asociarse con la ración. Por ello, el objetivo de este estudio fue identificar los modelos de alimentación efectivamente utilizados en las ganaderías de leche del Principado de Asturias. Para este propósito se seleccionaron 16 explotaciones en función de la superficie destinada al cultivo de maíz y al uso de pastoreo, que fueron monitorizadas desde el verano de 2014 a la primavera de 2015. Trimestralmente se registró la oferta de alimentos y la producción de leche y se realizó una toma de muestras de alimentos y leche. Mediante análisis de clúster se describieron siete modelos de alimentación efectivamente usados en función del principal ingrediente de la ración. Con independencia de la superficie agraria, el ensilado de maíz se confirma como un pilar en la dieta de las vacas de leche en varios de los modelos. Su utilización reduce el consumo de concentrado en la ración y puede mejorar la composición de la leche en cuanto a proteína, lactosa y extracto seco magro.

Palabras clave: Producción de leche de vaca, manejo de alimentación, forrajes, concentrado.

Abstract

Characterization of feeding models used on dairy farms in Asturias (Spain): influence on milk performance

The models of dairy cow production are traditionally based on the usable agricultural area for maize culture. However, the composition of the diets varies throughout the year, because of the annual dynamic change of forage production, the forage rotation, the different cow requirements according to changes in the physiological state, etc. So, the crop area cannot always be associated with the ration. Therefore, the aim of this study was to identify the different feeding models used in dairy farms in the Principality of Asturias (Spain). In order to achieve this, sixteen dairy farms were selected according to grazing situation and the land destined for maize culture. A survey was compiled quarterly since sum-

* Autor para correspondencia: fvicente@serida.org

<http://doi.org/10.12706/itea.2017.021>

mer of 2014 to spring of 2015. The farmers were interviewed about production and feed offered, and feed and milk were sampled. The ingredients of the ration and their amounts offered were analyzed by cluster analysis to establish actual feeding models. Seven feeding models were identified according to the main ingredient of the ration. The feeding model affects milk production, milk composition and the concentrate efficiency. Maize silage has become the mainstay of the diet in dairy farms. Increasing the amount of maize silage in the ration improves the milk content in protein, lactose and solids-non-fat, while the concentration of fat content was not affected.

Keywords: Dairy cow, feeding management, forages, concentrate, milk performance.

Introducción

Las condiciones del clima oceánico en el Arco Atlántico favorecen la producción de pastos y forrajes utilizados en la alimentación del vacuno de leche. Los modelos basados en pastoreo permiten un ahorro del coste de alimentación en las explotaciones (Soder y Rotz, 2001). Sin embargo, en los últimos años se ha producido un proceso de intensificación en la producción de leche (Álvarez *et al.*, 2008). Esta intensificación ha ido dirigida hacia un modelo de ganadería con gran utilización de insumos y maximización de la producción de leche por vaca, con una estabulación permanente de los animales en detrimento del pastoreo, una mayor utilización de concentrados en la dieta y un incremento en el número de vacas por hectárea (Van Dijk *et al.*, 2015). Además, esta intensificación no se ha visto acompañada por un incremento en la base territorial de las granjas (Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales; SADEI, 2010), por lo que, actualmente hay una elevada dependencia de la superficie agraria útil (SAU), principalmente de la superficie destinada al cultivo de maíz, debido a su importancia para la producción de leche. Así pues, en los últimos años las explotaciones se han ido especializando en la producción de ensilado de maíz (Borreani *et al.*, 2013). Esta especialización ha sido común en todo el Arco Atlántico, y así la superficie destinada a cultivo de maíz forrajero en los Países Bajos ha pasado de no existir en 1950 a suponer

230.000 ha en la actualidad (Van Dijk *et al.*, 2015). Esta tendencia se repite a través de toda la costa atlántica, incluyendo el norte de España, en donde se reúnen el 79% de los productores de leche del país.

Arango y Fernández (2011) identificaron cinco modelos de producción de leche en el Principado de Asturias: un modelo de explotación que compra todos los alimentos fuera de ella y cuatro modelos que se diferencian por la cantidad de superficie agraria útil que destinan al cultivo de maíz forrajero. Recientemente, una encuesta llevada a cabo en el 2% del total de explotaciones de vacuno lechero en Asturias (Jiménez-Calderón *et al.*, 2015) ha revelado que el maíz forrajero es el ingrediente más utilizado en ganaderías intensivas, mientras que el pastoreo se encuentra en desuso, siendo una práctica más habitual de las ganaderías menos intensivas y con sistemas más tradicionales. Actualmente, coexiste una amplia diversidad de explotaciones de leche: ganaderías de pequeño y de gran tamaño, granjas que usan métodos completamente artesanales y las que poseen las tecnologías más avanzadas, ganaderías familiares, cooperativas de ganaderos o pertenecientes a grandes corporaciones. De acuerdo con los resultados de Jiménez-Calderón *et al.* (2015), el mejor criterio para describir el tipo de explotación es el uso o no del pastoreo y, dentro del tipo que no utiliza el pastoreo, se identificaron tres tipos de explotaciones atendiendo al porcentaje de SAU que destinan al cultivo de maíz: menos del

20%, entre un 20-75% y más del 75% de la SAU. Ahora bien, debido al relieve de la región, caracterizada por una pendiente media superior al 40%, el cultivo de maíz forrajero no siempre es posible (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; MAPA, 2003). Además, la ración de las vacas de leche varía a lo largo del año debido a los diferentes requerimientos de las vacas de acuerdo a su estado fisiológico, a la dinámica anual de producción del forraje y a la rotación anual de cultivo de invierno y verano, aunque en estudios preliminares (Jiménez-Calderón *et al.*, 2015; Santiago *et al.*, 2015a) se observó que la estación del año no tuvo efecto significativo sobre los parámetros productivos a excepción de la proporción de grasa de la leche y de algunos ácidos grasos (CLA y 18:3n3). En consecuencia, la SAU no siempre puede asociarse directamente a la ración disponible. Así pues, el objetivo del presente estudio fue identificar los modelos de alimentación utilizados realmente en las ganaderías de leche de vaca de Asturias a través de la monitorización a lo largo de un año de ganaderías representativas de la región en cuanto a tamaño del rebaño, cultivos forrajeros, sistemas de producción y tecnología utilizada. Además, se han estudiado también los efectos de los modelos de alimentación sobre la producción de la leche.

Material y métodos

Selección de las explotaciones

Para llevar a cabo el trabajo se seleccionaron 16 ganaderías de vacuno lechero raza Frisona-Holstein. Las ganaderías fueron divididas en cuatro grupos de acuerdo a los modelos caracterizados previamente por Jiménez-Calderón *et al.* (2015): pastoreo, no pastoreo con menos del 20% de la SAU destinada a maíz, no pastoreo con 20-75% de la SAU destinada a maíz y no pastoreo con más del 75% de la

SAU destinada a maíz. La Tabla 1 proporciona una descripción detallada de las ganaderías seleccionadas. Una explotación decidió dejar de colaborar tras el primer muestreo y sus resultados no fueron incluidos en el trabajo.

Encuestas de alimentación y toma de muestras

Las explotaciones seleccionadas fueron monitorizadas durante un año, desde el verano de 2014 a la primavera del 2015, en el que se realizaron cuatro visitas a cada una. En los cuestionarios realizados a los ganaderos en cada visita se recogieron datos acerca del número de vacas en lactación, semana media de lactación, ingredientes que componen la ración, cantidad ofertada de cada uno de ellos, cantidad de hierba fresca ofertada (en el caso de ganaderías con pastoreo), modo de adquisición de los ingredientes y producción media de leche. La hierba ingerida en pastoreo por las vacas fue estimada sustrayendo la cantidad de materia seca aportada en el establo, de acuerdo a la información aportada por el ganadero, de la cantidad máxima de materia seca ingerida por vaca estimada mediante la ecuación de predicción del National Research Council (NRC, 2001) para vacas Holstein en lactación:

$$MSI = (0,372 \times LCG + 0,0968 \times PV^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (SEM + 3,67))})$$

Donde MSI = materia seca ingerida máxima teórica (kg/día), LCG = leche corregida para el 4% de grasa (kg/día), PV = peso vivo (kg) y SEM = semana de lactación. Se aplicó para el estudio una media de peso vivo de 620 kg. Cuando con los alimentos aportados en el pesebre se cubría la materia seca ingerida teórica de los animales según su peso, producción y semana de lactación, se consideró que no ingerían hierba aun en los casos en que los animales tuvieran acceso al pasto.

Tabla 1. Características de las ganaderías seleccionadas
 Table 1. Characteristics of the dairy farms selected

Ganadería	Tipo ¹	Municipio	Vacas (nº)	Cuota láctea (kg/año)	SAU (ha)
1	Pastoreo	Gijón	30	260.898	30
2	Pastoreo	Tineo	61	289.850	36
3	Pastoreo	Tineo	20	134.127	14
4	Pastoreo	Castropol	11	62.600	10
5	<20% SAU para maíz	Tineo	20	197.158	23
6	<20% SAU para maíz	Tineo	39	256.004	8
7	<20% SAU para maíz	Valdés	10	79.178	9
8	<20% SAU para maíz	Valdés	36	321.938	30
9	>75% SAU para maíz	Gozón	50	439.585	12
10	>75% SAU para maíz	Navia	80	983.734	67
11	>75% SAU para maíz	Valdés	103	1.221.674	52
12 ²	>75% SAU para maíz	El Franco	139	1.563.549	60
13	20-75% SAU para maíz	Gozón	24	132.349	24
14	20-75% SAU para maíz	Piloña	72	665.417	23
15	20-75% SAU para maíz	Tineo	90	914.741	45
16	20-75% SAU para maíz	Coaña	36	275.696	27

SAU: Superficie Agraria Útil.

¹ De acuerdo con Jiménez-Calderón *et al.* (2015).

² La ganadería número 12 decidió dejar de colaborar con el estudio después del primer muestreo. Sus datos no fueron procesados.

Se tomaron muestras de aproximadamente 1 kg de cada ingrediente de la ración en fresco (ensilados, henos, paja, concentrados, etc.), así como de la ración mezclada en las explotaciones que elaboraban la ración con carro mezclador y del pasto en las parcelas de las explotaciones con pastoreo. La hierba fue muestreada con un cortacésped manual a una altura de 6 cm en 4 zonas diferentes elegidas al azar. Se muestreó la leche del tanque tras 2 minutos de agitación, con la premisa de que hubiera un número par de ordeños, y se

adicionó azidiol para su conservación. Todas las muestras se mantuvieron refrigeradas y fueron analizadas a su llegada al laboratorio.

Análisis de muestras

Las muestras de ensilados, hierba fresca y de ración completa mezclada fueron secadas a 60°C durante 24 h (de la Roza-Delgado *et al.*, 2002) y molidas a un tamaño de partícula de 0,75 mm. Los concentrados fueron molidos hasta un tamaño de partícula de 1,00 mm.

Las muestras de alimentos fueron analizadas para determinar su contenido en materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND) por espectroscopía del infrarrojo cercano (FOSS NIRSystem 5000, Silver Spring, MD, USA) en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) conforme a los criterios recogidos en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025. El contenido en energía neta de leche (ENI) fue estimado en todas las muestras de acuerdo al NRC (2001).

En las muestras de leche se analizó el contenido en grasa, proteína, extracto seco magro, lactosa y urea por reflectancia en el infrarrojo medio (MilkoScan FT 6000, Hillerød, Denmark) en el Laboratorio Interprofesional Lechero y Agroalimentario de Asturias, acreditado por ENAC bajo la norma UNE EN-ISO/IEC 17025.

Análisis estadístico

En cada ganadería se realizaron cuatro muestreos, uno por cada estación, con el fin de representar la variación de ingredientes a lo largo del año. Se realizó un análisis tipo clúster con los ingredientes que componían la ración en cada muestreo con el fin de definir los modelos de alimentación característicos. El cuadrado de la distancia euclídea se utilizó para calcular la similitud entre muestras. Tras el análisis de clúster, las 60 raciones se reagruparon en función de los ingredientes realmente ofertados en los nuevos modelos de alimentación descritos, independientemente de la estación. El análisis de los resultados de las 60 raciones se realizó considerando el valor nutritivo de la dieta, la producción de leche y su composición química en cada muestreo, mediante un modelo mixto considerando el efecto del modelo de alimentación identificado como factor fijo y el debido al muestreo de la ración, con independencia de la estación y la explotación ganadera, como factor alea-

torio. Cuando las diferencias entre medias fueron significativas, se realizó un test de Duncan que compara diferencias entre muestras de grupos de diferentes tamaños. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico R (R Core Team, 2015).

Resultados

A través del análisis de clúster se identificaron los diferentes modelos de alimentación que están presentes actualmente en el Principado de Asturias en función de la proporción en materia seca de los ingredientes de 60 raciones identificadas en las ganaderías colaboradoras y monitorizadas a lo largo de un año. El dendrograma generado (Figura 1) muestra las diferentes posibilidades de agrupar las 60 raciones de acuerdo a secciones a diferentes alturas elegidas arbitrariamente, tomando las similitudes entre ingredientes como umbral de discriminación para definir los grupos homogéneamente. Así pues, para discriminar los modelos de alimentación, la primera sección considerada permitió establecer siete grupos que denominamos: Pastoreo (P); Ensilado de maíz (M); Ensilado de hierba (H); Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz (FMa); Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz (FMb); Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz (CMA); y Concentrado con baja proporción de ensilado de maíz (CMB).

En la Tabla 2 se muestra la proporción de ingredientes y los valores nutritivos medios de las raciones en los siete modelos de alimentación identificados. La ratio forraje:concentrado fue mayor ($P < 0,001$) en los modelos H (73:27) y M (71:29) que en los modelos CMA y CMB (55:45 y 47:53, respectivamente). En todos los modelos de alimentación la mayoría de los forrajes se produjeron en la propia explotación, excepto el forraje seco, y el resto de los alimentos fueron adquiridos fuera de la ex-

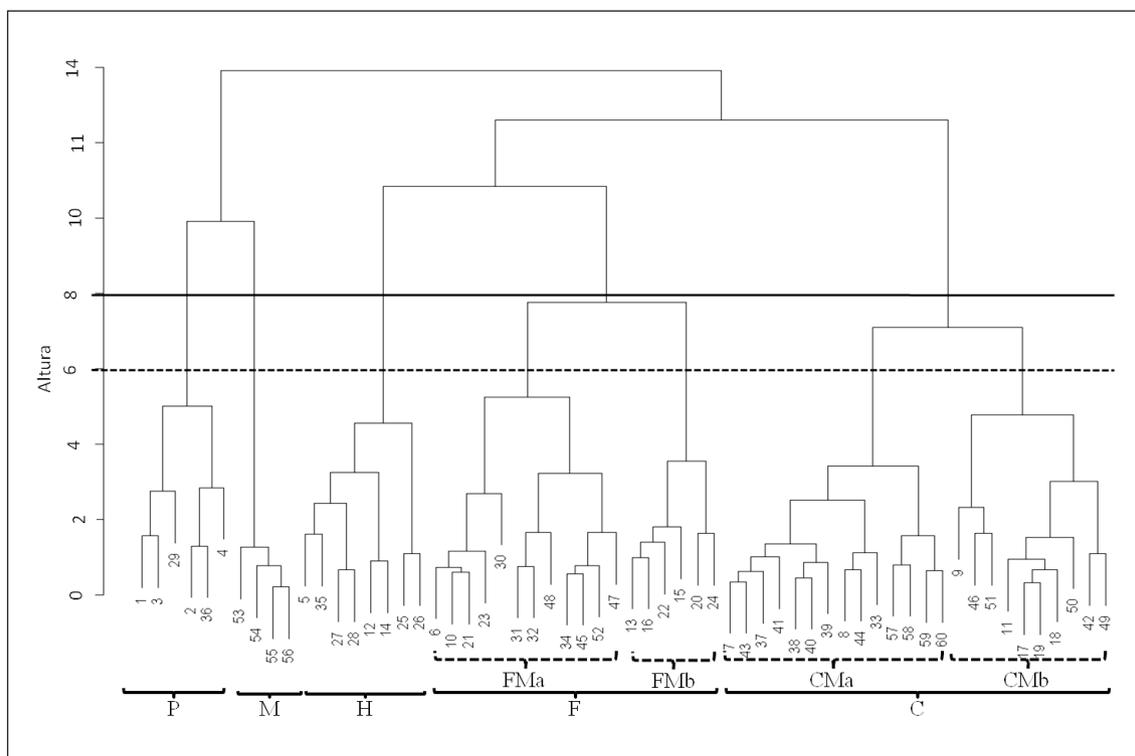


Figura 1. Dendrograma generado tras el análisis de clúster de las raciones identificadas. Los números indican el código de cada ración. Las líneas horizontales representan el valor umbral de similitud arbitrariamente elegido para discriminar siete (línea discontinua) o cinco (línea continua) grupos homogéneos. P: Pastoreo; M: Ensilado de maíz; H: Ensilado de hierba; F: Forraje seco; FMa: Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz; FMb: Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz; C: Concentrado; CMa: Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz; CMb: Concentrado con bajo proporción de ensilado de maíz.

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis. Category numbers mean code of ration. The lines represent the threshold similarity value arbitrarily chosen for discriminating seven (dashed line) or five (full line) homogenous clusters. P: Grazing; Ms: Maize silage; H: Grass silage; F: Dry forage; FMa: Dry forage plus high proportion of maize silage; FMb: Dry forage plus low proportion of maize silage; C: Concentrate; CMa: Concentrate plus high proportion of maize silage; CMb: Concentrate plus low proportion of maize silage.

plotación. Sin embargo, mientras en los modelos P, M, y H los cultivos propios constituyen el 68% de la ración, en los modelos FMb y CMa estos suponen sólo el 32% ($P < 0,001$), y en los modelos FMa y CMa el 49%. Así pues, la proporción de materias primas (forrajes y concentrados) comprados fuera de la explotación fue significativamente mayor en los

modelos FMb y CMb (68%) que en el resto de modelos (40%, $P < 0,001$). No hubo diferencias en las concentraciones medias de MO y PB (91,5 y 14,4%, respectivamente) entre los diferentes modelos identificados. El modelo H tuvo la proporción de FND media más alta (52,0%) y el contenido en energía más bajo (1,44 Mcal ENI/kg MS) mostrando diferencias

Tabla 2. Contenido en ingredientes y nutrientes (% materia seca excepto energía expresada en Mcal/kg de MS) de las raciones de los siete modelos de alimentación identificados
 Table 2. Ingredient composition (% dry matter basis), nutritive value (% DM) and energy content (Mcal/kg DM) of the seven feeding models identified

	P	M	H	FMa	Fmb	CMA	CMB	rsd	P
N	6	4	8	12	6	14	10		
Ingredientes									
Hierba	40,4 ^b	0,0 ^a	10,6 ^a	13,7 ^a	2,7 ^a	0,8 ^a	1,1 ^a	8,42	***
Ensilado maíz	22,8 ^b	61,9 ^c	2,0 ^a	13,3 ^{ab}	0,0 ^a	26,4 ^b	4,6 ^a	10,49	***
Ensilado hierba	2,8 ^a	7,3 ^a	56,3 ^c	20,5 ^b	29,1 ^b	25,2 ^b	26,8 ^b	10,58	***
Forraje seco	1,2 ^a	1,8 ^a	4,6 ^a	15,9 ^b	38,2 ^c	2,3 ^a	14,9 ^b	5,75	***
Concentrado	32,8 ^a	29,1 ^a	26,6 ^a	36,7 ^a	30,0 ^a	45,3 ^b	52,6 ^b	6,95	***
Valor nutritivo									
MO	91,4	91,7	91,6	91,7	94,7	86,7	92,7	3,65	NS
PB	14,9	16,4	12,6	14,4	14,1	14,2	14,4	4,45	NS
FND	39,0 ^a	37,0 ^a	52,0 ^b	45,2 ^a	41,3 ^a	43,2 ^a	44,1 ^a	5,61	***
ENI	1,6 ^b	1,6 ^b	1,4 ^a	1,6 ^b	1,6 ^b	1,6 ^b	1,6 ^b	0,08	***

P: Pastoreo; M: Ensilado de maíz; H: Ensilado de hierba; FMa: Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz; Fmb: Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz; CMA: Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz; CMB: Concentrado con bajo proporción de ensilado de maíz.

Materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND), contenido en energía neta de leche (ENI).

^{a,b,c} Diferentes letras dentro de una misma fila indican diferencias significativas.

estadísticamente significativas con la media del resto de los modelos de alimentación (41,6% FND y 1,58 Mcal ENI/kg MS, $P < 0,001$).

La Tabla 3 muestra la producción y la composición de la leche en función de los modelos de alimentación identificados. La producción de leche fue diferente entre modelos de alimentación. La producción más baja fue en los modelos P, H, y Fmb con una media de 15,7 L/día, mientras el modelo M mostró la mayor producción (37,0 L/día; $P < 0,001$). Los modelos de alimentación FMa, CMA y CMB presentaron valores intermedios y estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) a los otros modelos de alimentación. El

modelo M utilizó más eficientemente el concentrado para la producción de leche, con 165 g/L de leche, que el resto de modelos, que necesitaron una media de 378 g/L ($P < 0,001$). Los modelos H y CMB necesitaron más de 440 g de concentrado para producir un litro de leche. El modelo M mostró los valores más altos de proteína, lactosa, extracto seco magro y urea, con diferencias estadísticas con los otros modelos descritos ($P < 0,001$), excepto en el contenido en lactosa y sólidos no grasos de la leche con los modelos CMA y CMB. Los valores de urea están dentro del rango normal de la leche de vaca, aunque los modelos P y M presentaron la concentración más baja y más alta respectivamente.

Tabla 3. Producción (L/día) y composición (%) de la leche en los modelos de alimentación identificados
 Table 3. Milk yield (L/day) and milk composition (%) according to the seven feeding models identified

	P	M	H	FMa	Fmb	CMa	CMb	rsd	P
N	6	4	8	12	6	14	10		
Producción	14,5 ^a	37,0 ^c	15,3 ^a	25,9 ^b	17,4 ^a	29,4 ^{bc}	25,4 ^b	5,13	***
Grasa	3,88	3,83	3,86	3,76	3,66	3,86	3,81	0,228	NS
Proteína	3,10 ^a	3,42 ^b	3,13 ^a	3,10 ^a	3,15 ^a	3,22 ^a	3,17 ^a	0,119	***
Lactosa	4,74 ^a	4,83 ^b	4,72 ^a	4,73 ^a	4,69 ^a	4,81 ^{ab}	4,79 ^{ab}	0,079	**
Sólidos no grasos	8,61 ^a	8,98 ^b	8,58 ^a	8,58 ^a	8,61 ^a	8,79 ^{ab}	8,71 ^{ab}	0,179	**
Urea (mg/L)	201 ^a	306 ^c	265 ^b	264 ^{ab}	212 ^a	298 ^b	261 ^{ab}	52,3	***

P: Pastoreo; M: Ensilado de maíz; H: Ensilado de hierba; FMa: Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz; Fmb: Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz; CMa: Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz; CMb: Concentrado con bajo proporción de ensilado de maíz.

^{a,b,c} Diferentes letras dentro de una misma fila indican diferencias significativas.

Discusión

Las explotaciones monitorizadas estaban distribuidas en las zonas costera-central, costera-occidental e interior-occidental del Principado de Asturias. En estas zonas se acumula más del 80% de las explotaciones de producción bovina de leche y su producción representa el 90% del total para la región. Adicionalmente se incluyó en el estudio una explotación de la zona del interior-oriental por la importancia de la industria láctea en esta zona. La producción de leche en las explotaciones seleccionadas representa alrededor del 1,5% de la producción regional de leche, que se considera una muestra representativa. La media de producción de leche en las explotaciones muestreadas fue 9.500 L/vaca o 16.600 L/ha. Estos valores están incluidos en el rango encontrado en las explotaciones lecheras en Europa (McCarthy *et al.*, 2011). El criterio de clasificación de las explotaciones de leche basado en la SAU disponible para el cultivo

de maíz descrito por Arango y Fernández (2011) o Jiménez-Calderón *et al.* (2015) no tiene en cuenta las fluctuaciones de los alimentos a lo largo del año, porque el ganado raramente dispone siempre del mismo alimento. Ejemplo de ello lo encontramos en nuestro estudio, donde sólo dos de las quince explotaciones mantuvieron los mismos ingredientes en la ración a lo largo de todo el año, aunque con diferentes proporciones entre periodos de muestreo. El análisis de clúster permitió la clasificación de los modelos de alimentación teniendo en cuenta la variación de los ingredientes en las raciones por cada período de muestreo. De esta manera, se obtuvieron varios criterios para establecer grupos de alimentación. Aunque las similitudes intragrupo en el contenido en ingredientes de la ración eran mayores a medida que se dividían los modelos de alimentación en un mayor número de grupos, no sucedía lo mismo con la producción de leche. Tomando como base este último criterio, los resul-

tados revelaron que no había diferencias en la composición de la leche entre el modelo FMa ni el FMb y tampoco entre el modelo CMa ni el CMb. Por este motivo se decidió unir los modelos que no producían diferencias en la composición de la leche en uno de forraje seco (F) y otro de concentrado (C) (Figura 1). Esto fue posible porque la diferente proporción de ensilado de maíz entre los modelos FMa y FMb y entre CMb y CMa, no proporcionaba información adicional. Por lo tanto, se eligieron finalmente cinco grupos de clasificación para describir los modelos de alimentación en función del principal ingrediente de la ración: Pastoreo, Ensilado de maíz, Ensilado de hierba, Forraje seco y Concentrado.

Los resultados obtenidos de acuerdo con el criterio de clasificación de pastoreo y SAU destinada al maíz, son completamente diferentes. Así pues, las explotaciones clasificadas como pastoreo de acuerdo a Jiménez-Calderón *et al.* (2015) (Tabla 1) compraban hasta un 24% del forraje fuera de la explotación (Santiago *et al.*, 2015b), mientras que en las explotaciones de vacuno lechero identificadas en este estudio como modelo P se produjo un ahorro en la compra de alimentos (1,7% del forraje comprado), lo cual ayuda a mejorar la sostenibilidad de la producción lechera. Adicionalmente, el análisis de clúster de las raciones identificadas añade dos modelos de alimentación adicionales a los descritos por Arango y Fernández (2011) y Jiménez-Calderón *et al.* (2015), que incluyen una notable proporción de forraje seco (F) y concentrados (C) en la ración.

Independientemente del modo de clasificación utilizado para definir los modelos de alimentación, la mayor producción de leche y la mayor eficiencia en el uso de concentrado fue coincidente con la asociación a la superficie de cultivo de maíz (Jiménez-Calderón *et al.*, 2015) y con nuestro modelo M. Esto confirma la importancia del cultivo de maíz y su uso como ensilado en la producción de

leche en esta región, donde la alta producción de maíz sin necesidad de regadío y su elevado contenido en almidón ha hecho que este alimento sea irremplazable como forraje de verano en las condiciones del Arco Atlántico (Van Dijk *et al.*, 2015). Por otro lado, la producción de leche es significativamente baja en otros modelos de alimentación, aunque con un buen manejo del pasto disponible o de los cultivos forrajeros sería posible lograr niveles aceptables de producción y sostenibilidad (Ineichen *et al.*, 2014), como sería el caso de los modelos P y H basados en los recursos propios de la explotación, con un descenso importante en los costes de producción, resultado de una menor compra de semillas, herramientas, maquinaria, uso de fertilización orgánica, etc., costes que se elevan en sistemas más intensivos y dependientes de compras externas (F y C).

Los modelos P, M, H, F, con una ratio similar de forraje:concentrado, mostraron grandes variaciones en la composición de la leche. La concentración de proteína y urea fue alta en la leche procedente de explotaciones correspondientes a los modelos basados en una alta oferta de ensilado de maíz (M) y concentrado (C). El alto contenido de almidón del ensilado de maíz y del concentrado podría incrementar la acumulación de propionato en el rumen (Latham *et al.*, 1974), resultando en un incremento en la proteína de la leche (Sutton, 1989). El alto contenido de urea en leche asociado a estos mismos modelos podría ser debido a una alta degradabilidad de la proteína ingerida del concentrado o a una desincronización en la degradación de la proteína y los carbohidratos de la dieta (Bargo *et al.*, 2002). Westreicher-Kristen *et al.* (2014) indican que los suplementos proteicos incluidos en los piensos compuestos parecen tener una influencia significativa en la concentración de lactosa en leche. Liu *et al.* (2000) observaron que una alta proporción de lactosa en leche está asociada con una baja concentración de

lisina circulante en sangre. Estos autores hipotizaron que un desequilibrio de la lisina dietética puede disminuir la síntesis de proteína láctea y originar entonces un exceso de otros aminoácidos que podrían ser usados para la gluconeogénesis y la síntesis de lactosa. Además, el posible exceso de aminoácidos resultaría en una desaminación de los no utilizados, que incrementaría la síntesis de urea en el hígado y finalmente la excreción de urea en leche. No obstante, Nousiainen et al. (2004) indican que la proteína de la dieta tiene más impacto en la urea en leche que los aminoácidos absorbidos y no utilizados en la síntesis de la proteína de la leche.

La proporción de grasa de la leche no muestra diferencias entre los modelos de alimentación, de acuerdo con Kay et al. (2005). En un estudio similar llevado a cabo en 20 explotaciones de leche con cinco estrategias diferentes de alimentación, Borreani et al. (2013) no encontraron diferencias en el contenido de grasa con una alimentación con una alta proporción de concentrado en la dieta (30,5%) o con pasto y baja cantidad de concentrado (15,2%). Sin embargo, ambas estrategias tenían diferentes contenidos en FND. Quizás esto se produce en nuestro estudio porque, aunque el modelo P aportó un 32,8% de concentrado y el modelo C un 48,3%, ambos tienen una proporción similar de FND. En contraste, algunos autores han encontrado incrementos en el contenido de grasa en leche en el caso de vacas estabuladas (Morales-Almaráz et al., 2011; Capuano et al., 2014; Mitani et al., 2016).

Conclusiones

A partir de los principales ingredientes de la ración en las explotaciones lecheras de Asturias, en el presente estudio se han descrito siete modelos de alimentación. Ahora bien, la proporción variable de ensilado de maíz en

los modelos cuyo principal ingrediente es el forraje seco o el concentrado no origina diferencias en la composición de la leche entre dichos modelos. Por lo tanto pueden ser agrupados finalmente en cinco modelos: Pastoreo, Ensilado de maíz, Ensilado de hierba, Forraje seco y Concentrado. La alimentación influyó sobre la producción de la leche, su composición y la eficiencia en la utilización del concentrado. El uso de ensilado de maíz en la ración puede mejorar la composición de la leche en cuanto a proteína, lactosa y extracto seco magro, además de reducir el consumo de concentrado en la ración.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el proyecto INIA RTA 2012-00065-C05-01, cofinanciado por fondos FEDER. José Daniel Jiménez-Calderón es beneficiario de una beca predoctoral FPI-INIA. Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de los ganaderos que participaron. Los autores quieren agradecer a Consuelo González y María Antonia Cueto su colaboración en los muestreos.

Bibliografía

- Álvarez A, del Corral J, Solís D, Pérez JA (2008). Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? *Journal Dairy Science* 91: 3693-3698.
- Arango J, Fernández B (2011). *Tablero de gestión de la explotación lechera*. CLAS SAT, Siero, España. 454 pp.
- Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal Dairy Science* 85: 2948-2963.

- Borreani G, Coppa M, Revello-Chion A, Comino L, Giaccone D, Ferlay A, Tabacco E (2013). Effect of different feeding strategies in intensive dairy farming systems on milk fatty acid profile, and implications on feeding costs in Italy. *Journal Dairy Science* 96: 6840-6855.
- Capuano E, Van der Veer G, Boerrigter-Eenling R, Elgersma A, Rademaker J, Sterian A, Van Ruth SM (2014). Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by cows farm milk fatty acid profile. *Food Chemistry* 164: 234-241.
- de la Roza-Delgado B, Martínez-Fernández A, Argamentería A (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos* 32: 91-104.
- Ineichen S, Piccand V, Chevalley S, Reidy B, Cutu-llic E (2014). Feeding strategies and feed self-sufficiency of dairy farms in the lowland and mountain area of Western Switzerland. En *EGF at 50: The future of European grasslands. Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation, Aberystwyth, Wales, 7-11 Septiembre 2014*. pp. 680-682. IBERS, Aberystwyth University.
- Jiménez-Calderón JD, Santiago C, Martínez-Fernández A, Vicente F (2015). Current state of the feeding systems for dairy cows in the Principality of Asturias (Spain). En *Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, Países Bajos, 15-17 Junio 2015*. pp. 105-106. Wageningen Academic Publishers.
- Kay JK, Roche JR, Kolver ES, Thomson NA, Baumgard LH (2005). A comparison between feeding systems (pasture and TMR) and the effect of vitamin E supplementation on plasma and milk fatty acid profiles in dairy cows. *Journal Dairy Research* 73: 322-332.
- Latham MJ, Sutton JD, Sharpe ME (1974). Fermentation and microorganisms in the rumen and the content of fat in the milk of cows given low roughage rations. *Journal Dairy Science* 57: 803-810.
- Liu C, Schingoethe DJ, Stegeman GA (2000). Corn distillers grains versus blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. *Journal Dairy Science* 83: 2075-2084.
- MAPA (2003). Anuario de estadística agroalimentaria. Secretaría General Técnica. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2003/default.aspx> (25 agosto 2016).
- McCarthy B, Delaby L, Pierce KM, Journot F, Horan B (2011). Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems. *Animal* 5: 784-794.
- Mitani T, Kobayashi K, Ueda K, Kondo S, (2016). Discrimination of 'grazing milk' using milk fatty acid profile in the grassland dairy area in Hokkaido. *Animal Science Journal* 87: 233-241.
- Morales-Almaráz E, de la Roza-Delgado B, González A, Soldado A, Rodríguez ML, Peláez M, Vicente F (2011). Effect of feeding system on unsaturated fatty acid levels in milk of dairy cows. *Renewable Agriculture and Food Systems* 26: 224-229.
- Nousiainen J, Schingfield KJ, Huhtanen P (2004). Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal Dairy Science* 87: 386-398.
- NRC (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. National Academic Press, Washington, EE.UU. 381pp.
- R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en <https://www.R-project.org/> (25 agosto 2016).
- SADEI (2010). *Las explotaciones ganaderas en Asturias 2010. Evolución de las explotaciones y de la cuota láctea*. Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo, España. 283 pp.
- Santiago C, Jiménez-Calderón JD, González A, Vicente F, Martínez-Fernández A (2015a). The amount of maize silage in the feed ration influences milk composition in Northern Spain. En *Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th Sympos-*

- sium of the European Grassland Federation, Wageningen, Países Bajos, 15-17 Junio 2015. pp. 122-124. Wageningen Academic Publishers.
- Santiago C, Vicente F, Martínez-Fernández A (2015b). Procedencia de los alimentos utilizados en las explotaciones de vacuno lechero del Principado de Asturias. XVI Jornadas sobre Producción Animal AIDA, 19 y 20 de mayo de 2015, Zaragoza, España, pp. 102-104.
- Soder KJ, Rotz CA (2001). Economic and environmental impact of four levels of concentrate supplementation in grazing dairy herds. *Journal Dairy Science* 84: 2560-2572.
- Sutton JD (1989). Altering milk-composition by feeding. *Journal Dairy Science* 72: 2801-2814.
- Van Dijk H, Schukking S, Van der Berg R (2015). Fifty years of forage supply on dairy farms in the Netherlands. En *Grassland and forages in high output dairy farming systems*. Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, Países Bajos, 15-17 Junio 2015. pp. 12-20. Wageningen Academic Publishers.
- Westreicher-Kristen E, Kaiser R, Steingass H, Rodehutschord M (2014). Effect of feeding dried distillers' grains with solubles on milk yield and milk composition of cows in mid-lactation and digestibility in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 98: 347-356.
- (Aceptado para publicación el 28 de marzo de 2017)