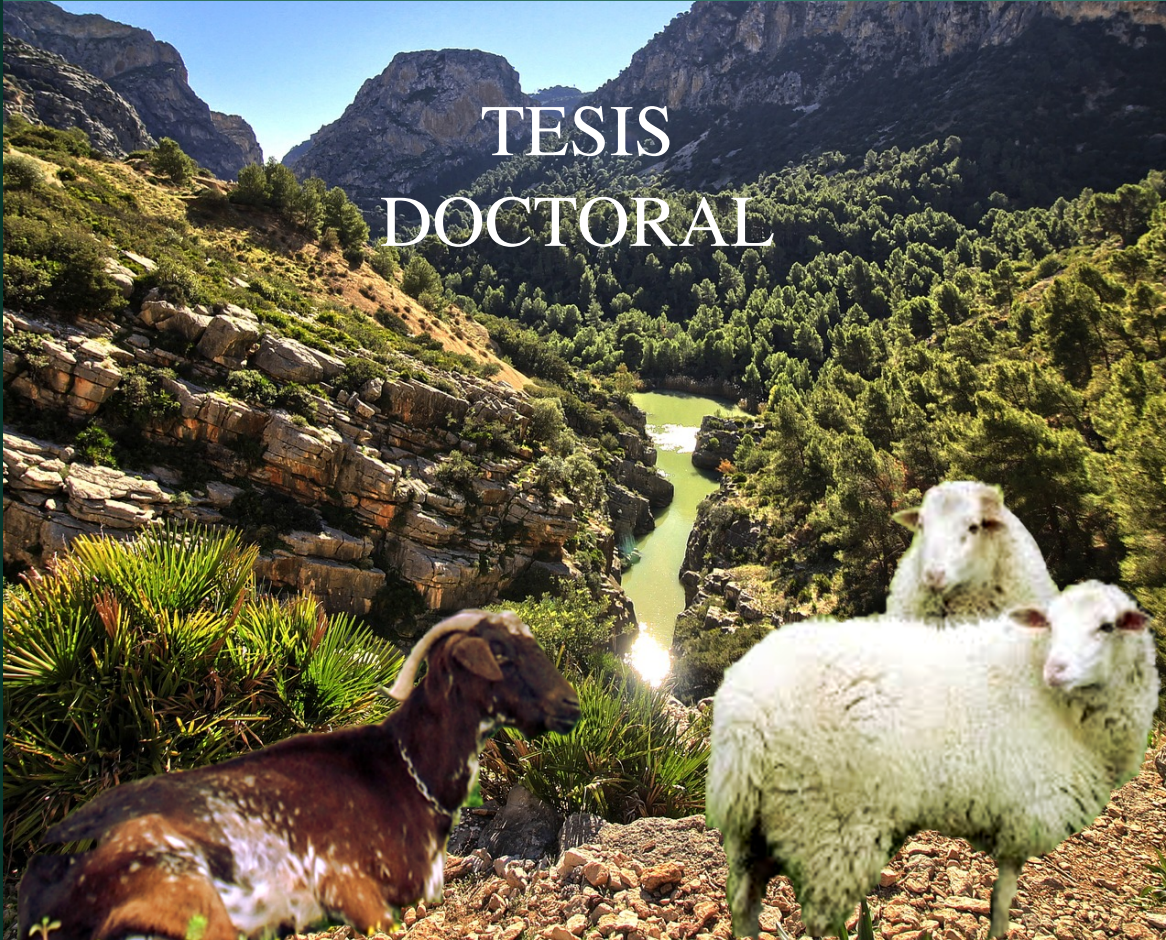


TESIS DOCTORAL



Caracterización y valorización de la
ganadería pastoral de pequeños rumiantes de
razas autóctonas a través del análisis de
su sostenibilidad y la calidad de sus productos

Rosario Gutiérrez Peña

Sevilla, septiembre 2018

Directores

Yolanda Mena Guerrero

Manuel Delgado Pertíñez



Universidad de Sevilla

Departamento de Ciencias Agroforestales

Área de Producción Animal

**Caracterización y valorización de la ganadería pastoral de
pequeños rumiantes de razas autóctonas a través del
análisis de su sostenibilidad y la calidad de sus productos**

TESIS DOCTORAL

**Programa de Doctorado en Ingeniería Agraria, Alimentaria,
Forestal y del Desarrollo Rural Sostenible**

Rosario Gutiérrez Peña

Sevilla - Septiembre de 2018



Universidad de Sevilla

Departamento de Ciencias Agroforestales

Área de Producción Animal

La Tesis Doctoral **“Caracterización y valorización de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas a través del análisis de su sostenibilidad y la calidad de sus productos”** realizada por Rosario Gutiérrez Peña y dirigida por los doctores Yolanda Mena Guerrero y Manuel Delgado Pertíñez del Área de Producción Animal del Departamento de Ciencias Agroforestales de la Universidad de Sevilla se presenta para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla dentro del Programa de doctorado en Ingeniería Agraria, Alimentaria, Forestal y del Desarrollo Rural Sostenible.

Rosario Gutiérrez Peña

Dra. Yolanda Mena Guerrero

Dr. Manuel Delgado Pertíñez

Sevilla - Septiembre de 2018

Los trabajos recogidos en esta Tesis Doctoral referidos a la ganadería caprina de raza Payoya han sido financiados por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria a través del Proyecto INIA- RTA2010-00064-C04-02.

La investigación referida a la ganadería ovina de raza Mallorquina ha sido realizada gracias al contrato como Personal Investigador de la Doctoranda adscrito al Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IRFAP) del *Govern de les Illes Balears* y subvencionado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y el Fondo Social Europeo (FPI2014-00013).

Quiero ver las ovejas

AGRADECIMIENTOS

A la hora de terminar mi Tesis Doctoral, echo la vista atrás y me conmueve encontrar en ella, más que un trabajo de investigación, un resumen de buena parte de mi vida. En diferentes lugares del Mundo y con diferentes compañeros y compañeras de viaje, pero con una misma pasión: la de contribuir a la conservación de la ganadería pastoral, al reconocer la figura de los pastores como conocedores y guardianes de la naturaleza.

Esta pasión se la debo a mis Directores, Yolanda y Manolo, sin los cuáles este trabajo no hubiera sido posible. Les estaré siempre agradecida por haberme contagiado esta admiración, por haberme enseñado con paciencia y haberme apoyado en todo momento. Este trabajo ha llegado a su fin, pero el camino vivido con ellos es un aprendizaje por el que siempre estaré marcada.

Gracias a todos los miembros del Departamento de Ciencias Agroforestales de la Universidad de Sevilla por haberme permitido colaborar con ellos durante estos años en diferentes proyectos, así como a José Luis Guzmán de la Universidad de Huelva y a Marta Soler y David Pérez Neira de la Universidad Pablo Olavide. He aprendido mucho de todos y cada uno de ellos.

Imprescindible para este trabajo ha sido el apoyo del *Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP)* y de toda la *Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori del Govern de les Illes Balears*. Muchas gracias a mis compañeros y compañeras por apostar por mí y prestarme siempre su ayuda. Espero que juntos podamos seguir trabajando por mejorar el medio rural.

Gracias a *miei colleghi sardi* de la Agencia para la investigación, experimentación e innovación tecnológica agraria" (AGRISS) de Cerdeña, en especial a Maria Sitzia y Nicola Fois, por compartir pasiones, por acogerme y enseñarme su "Sardegna povera, ma bella".

Gracias también a mis compañeros del departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente de ECOSUR unidad de San Cristóbal de las Casas, me mostraron la belleza que acoge la tierra y las gentes mexicanas.

También agradecer el apoyo de la Cooperativa Ntra. Señora de Los Remedios con los que empezamos esta andadura, así como de las asociaciones de raza que durante estos años han colaborado en nuestro trabajo (Asociación de Criadores de Raza Caprina Payoya, Asociación Española de Criadores de la Cabra Malagueña, *Associació de Ramaders d'Ovella de Raça Mallorquina i Ramaders d'Ovella Roja Mallorquina*).

No puedo dejar de agradecer su apoyo y su cariño a mis padres, Chary y Rafael, a mis hermanos, Rafael, Xavier y Pedro Antonio, a mi tío Pedro y mi familia en general, siempre han estado a mi lado y han creído en mí. Gracias también a mis amigos y amigas por su paciencia, comprensión y ánimo. Habéis sabido devolverme la fe en mí en los momentos de mayor debilidad.

Pero, no puede ser de otro modo, mi principal agradecimiento es para todos los ganaderos y ganaderas con los que he tenido el privilegio de trabajar y compartir durante estos años. Me han abierto sus puertas, me han dado su cariño y me han enseñado valiosas lecciones de saber hacer, respeto y humildad. Sin ellos, otro mundo no sería posible.

A todos, de corazón, GRACIAS.

RESUMEN

Ante la actual crisis global que vive nuestro planeta, se hace imprescindible promover un desarrollo sostenible en todos los ámbitos, incluido el de la producción agrícola y ganadera. La ganadería extensiva ligada al territorio, en concreto los sistemas pastorales de pequeños rumiantes constituidos por razas autóctonas, desempeñan un papel central en la gestión y conservación de las tierras de Alto Valor Natural. Así mismo, esta actividad ganadera ejerce un importante papel social, pues contribuye a la creación de empleo en zonas desfavorecidas y al desarrollo rural; al mismo tiempo, tiene impacto socio-cultural, mantiene la estética del paisaje y apoya al turismo. Además, diferentes estudios han demostrado que tanto la leche y sus productos derivados como la carne obtenidos de estos sistemas, ofrecen óptimos parámetros de calidad para la salud del consumidor. Sin embargo, estos sistemas están en peligro de desaparecer debido a su falta de rentabilidad y al escaso relevo generacional. Por ello, el objetivo de esta Tesis Doctoral ha sido generar conocimiento sobre el manejo de estos sistemas, su rentabilidad, la calidad de sus productos y su impacto ambiental, así como plantear mejoras que garanticen su conservación, tomando como ejemplo la raza caprina Payoya en Andalucía y la raza ovina Mallorquina en Baleares.

Se realizaron dos estudios con explotaciones caprinas pastorales de raza Payoya: un estudio previo con 8 explotaciones durante los meses de junio a octubre de 2010, y un segundo estudio con 16 explotaciones durante el año 2011. En ambos, se recogió información mensual técnica y económica, en especial del manejo alimentario, a la vez que se recogieron muestras del tanque de leche para el análisis de su calidad. En Mallorca, se realizó un tercer estudio con 7 explotaciones de ovino pastoral de raza Mallorquina de las que se recogió información mensual técnica y económica durante el año 2015 y, durante los meses de octubre a diciembre de ese año, se seleccionaron un total de 50 corderos macho para analizar la calidad de la canal y de la carne.

Entre los resultados obtenidos en las explotaciones caprinas de raza Payoya cabe destacar cómo la optimización del uso del pastoreo conlleva una reducción de la dependencia de insumos externos y de los costes de producción, lo que permite alcanzar buena productividad y rentabilidad. Por su parte, las explotaciones ovinas de

raza Mallorquina están poco especializadas y son muy heterogéneas entre sí y, aunque la autosuficiencia alimentaria es alta, la escasa rentabilidad pone en peligro su continuidad.

Respecto al análisis ambiental, concluir que para reducir la huella de carbono de las explotaciones caprinas pastorales es importante alcanzar un adecuado nivel de productividad lechera y reducir el uso de insumos externos. Sin embargo, este indicador debe ser analizado teniendo en cuenta otras unidades funcionales como la hectárea de superficie y en su cálculo es necesario incluir el secuestro de carbono que realizan los pastos.

En cuanto a la calidad de los productos, en la leche de cabra de raza Payoya se comprobó que un mayor grado de pastoreo se traduce en un aumento de la calidad funcional debido a cambios favorables en los niveles de algunos ácidos grasos beneficiosos (menor contenido de PUFA, mayor contenido de algunos AG n-3 y menor de AG n-6 totales, relación más óptima n-3/n-6) y del α tocoferol. Además, se encontraron diferencias importantes al comparar las diferentes estaciones del año, siendo posible discriminar las muestras según la estación, lo que podría ser aprovechado como herramienta de trazabilidad y para diferenciar el producto en el mercado. Por su parte, los corderos de raza Mallorquina presentan buenos valores de calidad de la canal y calidad nutricional, sin encontrarse grandes diferencias entre pesos comerciales. Sí se encontraron mayores diferencias debidas al manejo alimentario, obteniéndose un perfil lipídico más favorable (menor contenido en PUFA y mayor en SFA, CLA y AG n-3 y relación más óptima n-6/n-3) en corderos de sistemas pastorales sin aporte de concentrado (leche y pasto), manejo tradicional en la Isla.

Teniendo en cuenta tanto los aspectos clave de la sostenibilidad como los beneficios que generan estos sistemas, se proponen una serie de estrategias de mejora orientadas a mantener un adecuado nivel de autosuficiencia alimentaria, a mejorar la rentabilidad de las explotaciones y a fomentar y valorizar los servicios ecosistémicos de este tipo de ganadería. Es necesario seguir investigando en los beneficios sociales y ambientales que proporcionan estos sistemas pastorales a fin de conservarlos.

ABSTRACT

Given the current global crisis, it is essential to promote sustainable development in all areas, including agriculture and livestock production. Extensive livestock farming linked to the territory, in particular small ruminant grazing systems based on autochthonous breeds, plays a central role in the management and conservation of High Conservation Value Areas (HCVA). In addition, this activity is extremely important from a social perspective, because it contributes to the creation of employment, and, at the same time, it has a sociocultural impact, maintains the aesthetics of the landscape and supports tourism. Furthermore, different studies have shown that both milk and meat obtained from grazing systems have optimal quality for consumer health. However, these systems are in risk of disappearing due to the lack of profitability of the activity and the limited generational replacement. Therefore, the aim of this Doctoral Thesis is to generate knowledge about the management of these systems, their profitability, the quality of their products and their environmental impact, as well as to propose improvements that guarantee their conservation, taking as an example the Payoya goat systems at Andalusia and the Mallorquina sheep systems at Balearic Islands.

Two studies were conducted with Payoya goat grazing farms: a previous study with 8 farms from June to October 2010, which was extended with a second study with 16 farms during 2011. In both, technical and economic information was collected monthly, especially regarding their feeding management, while milk samples were collected from the tank for quality analysis. In Mallorca, a third study was carried out with seven Mallorquina sheep grazing farms from which technical and economic information was collected monthly during 2015 and, from October to December of the same year, a total of 50 male lambs were selected for quality analysis of carcass and meat.

Among the different results obtained in the analysis conducted with grazing goat farms, we highlight how the optimization of grazing resources entails a reduction in dependence on external inputs and production costs, which allows farms to achieve a

satisfactory level of productivity and profitability. Mallorquina sheep farms are not very specialized and they are very heterogeneous between them; they show great differences in feeding management and marketing. Although, in these farms, the feeding self-sufficiency is high, the lack of profitability jeopardizes their continuity.

Regarding environmental analysis, we can conclude that, to reduce the carbon footprint in grazing dairy goat farms, it is important to reach an adequate level of milk production and minimize use of external inputs. Even so, this indicator should be studied in a broader context, and other functional units, such as hectares used, should be considered. The contribution of pastoral systems to soil carbon sequestration should also be considered.

Regarding quality of obtained products, we can highlight that higher grazing level improve functional quality due to favourable variations in the levels of some desirable healthy FA (lower PUFA content, higher content of some n-3 FA and lower n-6 total, most optimal ratio n-6/n-3) and α -tocopherol. In addition, important differences were found according to the season of the year, being possible to discriminate milk samples based on it, which could be used by the sector as a traceability tool and to differentiate the product in the market. On the other hand, Mallorquina lambs show good carcass quality and nutritional quality. No large differences were found between commercial weights. However, differences due to feeding management were found, obtaining a more favourable lipid profile (lower content in PUFA and higher in SFA, higher content in CLA and n-3 FA and more optimal ratio n-6/n-3) in lambs of pastoral systems without concentrate supply (milk and pasture), which is the traditional management.

Taking into account both key aspects of these systems (sustainability and benefits), a series strategies are proposed aimed at maintaining an adequate level of feeding self-sufficiency, improving farm profitability and promoting and valuing the ecosystem services of this type of livestock. To preserve this system it is necessary to conduct further research aimed at identifying their social and environmental benefits.

índice

CAPÍTULO 1.	INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO 2.	OBJETIVOS.....	15
CAPÍTULO 3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1.	Razas autóctonas: definición e importancia, situación actual, estrategias de conservación.....	19
3.1.1.	Raza Payoya y su sistema productivo	21
3.1.2.	Raza Mallorquina y su sistema productivo	23
3.2.	Sostenibilidad: definición, análisis, indicadores y usos.....	27
3.2.1.	Concepto de sostenibilidad	27
3.2.2.	La evaluación de la sostenibilidad.....	32
3.2.3.	Indicadores de sostenibilidad.....	35
3.2.4.	Criterios de selección de indicadores.....	37
3.2.5.	Tipos de indicadores	38
3.2.6.	Indicadores técnicos e indicadores económicos.....	39
3.2.7.	Indicadores ambientales	54
3.2.8.	Indicadores sociales.....	59
3.2.9.	Indicadores de calidad de los productos de origen animal	62
CAPÍTULO 4.	MANEJO ALIMENTARIO Y REPRODUCTIVO DE LA GANADERÍA CAPRINA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO	85
4.1.	Introduction	86
4.2.	Materials and methods	87
4.2.1.	Area of research.....	87
4.2.2.	General characteristics of Payoya goat systems	88
4.2.3.	Selection of experimental farms, data collection and indicator calculation.....	89
4.2.4.	Chemical analysis of concentrates supplied	91
4.2.5.	Statistical analysis.....	91
4.3.	Results	92

4.3.1.	General description of the reproductive-feeding management of Payoya goat farms	92
4.3.2.	Feeding management according to grazing level	98
4.4.	Discussion.....	100
4.4.1.	Analysis of feeding and reproductive management of farms.....	100
4.4.2.	Diagnosis and actions for improving farm viability.....	101
4.5.	Conclusions	106
CAPÍTULO 5. CALIDAD DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO EN VERANO		113
5.1.	Introduction	114
5.2.	Material and methods	116
5.2.1.	Area of research, experimental farms and indicators.....	116
5.2.2.	Milk sample collection.....	117
5.2.3.	Analysis of basic chemical composition.....	117
5.2.4.	Fatty acids analysis	118
5.2.5.	Analysis of vitamin E (α -tocopherol) content and antioxidant activity....	119
5.2.6.	Statistical analysis.....	120
5.3.	Results	120
5.3.1.	Feeding and production parameters for high and medium grazing farms	120
5.3.2.	Milk yield and basic chemical composition	121
5.3.3.	Fatty acid profile	124
5.3.4.	Vitamin E content and antioxidant activity	124
5.4.	Discussion.....	128
5.4.1.	Milk yield and basic chemical composition	128
5.4.2.	Fatty acid profile	129
5.4.3.	Vitamin E content and antioxidant activity	131
5.5.	Conclusions	132

CAPÍTULO 6. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y CONTENIDO EN VITAMINAS A Y E DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO Y DE LA ÉPOCA DEL AÑO	135
6.1. Introduction	136
6.2. Materials and methods	138
6.2.1. Study area and characteristics of goat systems	138
6.2.2. Selection of experimental farms, feeding management indicators, and sampling	139
6.2.3. Chemical analyses	140
6.2.4. Data treatment and statistical analysis	143
6.3. Results and discussion	144
6.3.1. Feeding management	144
6.3.2. Fatty acid profile	146
6.3.3. Vitamin A and E contents	155
6.3.4. Discriminant analysis	158
6.4. Conclusions	163
CAPÍTULO 7. PRODUCCIÓN Y CALIDAD BROMATOLÓGICA E HIGIÉNICO-SANITARIA DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO Y DE LA ÉPOCA DEL AÑO	167
7.1. Introducción	167
7.2. Material y métodos	168
7.2.1. Área de estudio. Explotaciones. Elaboración de indicadores	168
7.2.2. Toma de muestras de leche y análisis	169
7.2.3. Análisis estadístico	169
7.3. Resultados y discusión	169
7.4. Conclusiones	172
CAPÍTULO 8. Análisis económico y social de la ganadería caprina de raza Payoya	175
8.1. Introduction	175
8.2. Material and methods	177
8.2.1. Study area	177

8.2.2.	Selection of experimental farms, data collection and indicators calculated	178
8.2.3.	Statistical analysis	180
8.3.	Results	181
8.3.1.	General characteristics of farms	181
8.3.2.	Factorial data-reduction analysis	182
8.3.3.	Farm classification in clusters.....	182
8.4.	Discussion.....	189
8.4.1.	Feeding and reproductive management and milk production	189
8.4.2.	Economic analysis according to the importance of grazing and milk productivity.....	191
8.4.3.	Social dimension of the activity	192
8.5.	Conclusions	193
CAPÍTULO 9.	Análisis ambiental de la ganadería caprina de raza Payoya	197
9.1.	Introduction	198
9.2.	Material and methods	199
9.2.1.	Experimental farms and data collection	199
9.2.2.	Calculation of the carbon footprint of goat's milk	200
9.2.3.	Data treatment and statistical analysis	202
9.3.	Results	202
9.3.1.	Inputs and Outputs	202
9.3.2.	Kilogram of FPCM as functional unit.....	204
9.3.3.	Hectare as a functional unit	206
9.4.	Discussion.....	206
9.4.1.	The importance of the functional unit used	208
9.4.2.	Livestock intensification and climate change	209
9.5.	Conclusions	211
CAPÍTULO 10.	ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA GANADERÍA OVINA DE RAZA MALLORUINA	215
10.1.	Introducción	216
10.2.	Material y métodos	217

10.3.	Resultados y discusión.....	217
10.3.1.	Caracterización general y análisis técnico-económico de las explotaciones.....	217
10.3.2.	Estrategias de mejora	221
10.4.	Conclusiones	222
CAPÍTULO 11. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DEL MANEJO ALIMENTARIO.....		227
11.1.	Introduction	228
11.2.	Materials and methods	229
11.3.	Results and discussion	229
11.4.	Conclusions	231
CAPÍTULO 12. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DEL MANEJO ALIMENTARIO.....		235
12.1.	Introducción	236
12.2.	Material y metodos	237
12.2.1.	Selección de corderos y obtención de las muestras de carne.....	237
12.2.2.	Análisis de ácidos grasos	238
12.2.3.	Análisis estadístico.....	238
12.3.	Resultados y discusión.....	239
12.3.1.	Corderos con el mismo sistema de alimentación y diferente peso comercial.....	239
12.3.2.	Corderos con el mismo peso comercial y diferente alimentación.....	240
12.4.	Conclusiones	241
CAPÍTULO 13. RESULTADOS GLOBALES		245
13.1.	Resumen de resultados de la ganadería caprina de la Raza Payoya ..	245
13.1.1.	Manejo reproductivo y alimentario y calidad de la leche en función del grado de pastoreo y de la época del año.....	245
13.1.2.	Análisis de sostenibilidad: indicadores técnicos, económicos, sociales y ambientales	266
13.2.	Resumen de resultados de la ganadería ovina Mallorquina.....	276
CAPÍTULO 14. DISCUSIÓN CONJUNTA		289

14.1.	Análisis conjunto de los indicadores de sostenibilidad para la mejora de la misma en los sistemas ganaderos asociados a las razas Payoya y Mallorquina	289
14.1.1.	Indicadores económicos	289
14.1.2.	Indicadores ambientales	292
14.1.3.	Indicadores sociales	294
14.1.4.	Indicadores de calidad de los productos (leche y carne)	296
14.2.	Puesta en valor de los aspectos positivos y fortalezas de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas	302
14.3.	Estrategias de mejora de la sostenibilidad de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas	306
14.3.1.	Estrategias para la mejora de la sostenibilidad económica	306
14.3.2.	Estrategias para la mejora de la sostenibilidad ambiental	310
14.3.3.	Estrategias para la mejora de la sostenibilidad social	311
CAPÍTULO 15.	CONCLUSIONES	321
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	327
	ANEXO: PUBLICACIONES	379

CAPÍTULO 1. Introducción

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en un mundo cada vez más globalizado, la palabra “crisis” forma parte del lenguaje cotidiano. La actual crisis del capitalismo tiene una gran complejidad, ya que abarca todos los ámbitos del sistema: económica, social y ambiental (Damián, 2015). Se habla de crisis ambiental, ligada al agotamiento de los recursos naturales, el agotamiento de la energía derivada del petróleo, la pérdida de biodiversidad, el conflicto sobre el abastecimiento de agua o el calentamiento global (Bernués et al., 2012); de crisis económica debida, por ejemplo, a la interdependencia económica, a la falta de empleo, el cada vez mayor empobrecimiento de las regiones más marginales o la falta de rentabilidad de las producciones primarias y/o artesanales (OIE, 2009); de una crisis social ligada a la pérdida de cultura, la falta de calidad de vida y de trabajo o la discriminación de algunos segmentos de la población (Damián, 2015); y de una crisis nutricional ligada a un empobrecimiento en la calidad de los alimentos, la falta de seguridad alimentaria o la falta de acceso a los recursos locales (Marchione, 2002). Esta crisis global se debe a que, por lo general, tradicionalmente no se ha tenido en cuenta que los mercados actúan sobre una base real de un planeta finito y con recursos limitados, habiéndose llegado a un nivel insostenible en la explotación de los recursos y en la capacidad del planeta de prestar servicios ambientales (Cácares, 2009). Por ello, debemos aprovechar la advertencia que supone esta crisis para impulsar un desarrollo auténticamente sostenible (OIE, 2009). La sostenibilidad es un concepto que está adquiriendo una mayor relevancia en las últimas décadas pero que, sin embargo, no está bien definido en todas las producciones, especialmente en las agrícolas y ganaderas (Hopbook et al., 2005). Para que una producción sea sostenible ha de ser ecológicamente sólida, económicamente viable, socialmente justa y humana (González de Molina, 2011).

Los sistemas ganaderos tradicionales, basados en el uso de los recursos naturales (pastos) están en consonancia con esta definición de sostenibilidad dado que, aunque con no tan elevadas producciones (pero de gran calidad) y poco consumo de energía fósil, pueden mantenerse con eficacia de forma sostenible y duradera. Para ello, se apoyan en la utilización de razas autóctonas capaces de aprovechar eficazmente los

recursos naturales mediante el pastoreo, permitiendo una explotación racional moderada que permite la regeneración del medio, sin llegar a su agotamiento (Rodríguez-Estévez & Mata, 2002). Además, los modelos pastorales ligados a razas autóctonas disminuyen la dependencia de insumos externos para la alimentación de los animales, lo que supone una enorme ventaja para el productor, que reduce su dependencia de los mercados mundiales de cereales y de energías no renovables, y para la sociedad en general, pues se liberan enormes superficies para dedicarlas a la producción de alimentos destinados a la población (APMM & EFNCP, 2013).

Las áreas menos favorecidas del planeta, predominantes en muchas regiones mediterráneas, se caracterizan por precipitaciones limitadas e inciertas, suelos pobres, pendientes pronunciadas y / u otras restricciones biofísicas. En estos entornos, la ganadería de pequeños rumiantes es, a menudo, la única actividad productiva posible (De Rancourt et al., 2006; Ruiz et al., 2011). Los pequeños rumiantes de razas autóctonas manejados bajo sistemas de pastoreo, pueden convertir recursos naturales renovables en alimentos humanos con alto valor nutricional (Ripoll-Bosch et al., 2014), gracias a un mecanismo de adaptación que les permite mantener un alto consumo de vegetación leñosa-arbustiva, dada su capacidad de utilizar alimentos ricos en taninos y otras fuentes de metabolitos secundarios (Silanikove et al., 2010). Esto les da la posibilidad de sobrevivir en áreas desfavorecidas (Mancilla-Leytón et al., 2012) y, al mismo tiempo, modelar y mantener los paisajes en los que se localizan. Estas razas están adaptadas al “terreno”, es decir, al conjunto de factores climáticos, litológicos, edáficos y de vegetación. Esta adaptación se manifiesta en su gran rusticidad: resistencia a los cambios meteorológicos, aprovechamiento de los recursos naturales, capacidad de desplazamiento y de soportar escasez de agua y alimento (de Cara-García, 2012).

Estos sistemas de pequeños rumiantes desempeñan un papel central en la gestión y la conservación de las tierras agrícolas de Alto Valor Natural (Bernués et al., 2011) y promueven la protección de los ecosistemas naturales, la biodiversidad, la mejor gestión de los recursos hídricos, constituyen una estrategia de mitigación en la lucha contra el cambio climático gracias al secuestro de carbono de los pastos, reducen el

riesgo de incendios forestales y la erosión del suelo (Gaspar et al., 2012; Riedel et al., 2007; Rivera-Ferrer et al., 2016).

Así mismo, esta actividad ganadera ejerce un papel muy importante desde el punto de vista social. Están íntimamente ligadas a modelos de explotación ganadera de carácter familiar que contribuyen a la creación de empleo y a la vertebración del medio rural (APMM & EFNCP, 2013; Dubeuf et al., 2018), realizando múltiples funciones para la sociedad: i) una función primaria a nivel de la explotación, con la producción de leche y carne que aportan nutrientes de alta calidad para la alimentación humana; ii) una función secundaria a través de las empresas de suministro (alimentación, sanidad, reparaciones...) y de transformación de los productos (queserías, mataderos, salas de despiece...); y iii) múltiples funciones terciarias como las relativas al transporte o la construcción (Ruiz et al., 2011). Pero al mismo tiempo, tienen un impacto socio-cultural para la comunidad rural, ayudan al mantenimiento de la estética del paisaje y apoyan al turismo (Sayadi et al., 2005).

Además, una parte cada vez mayor de nuestra sociedad demanda alimentos de calidad diferenciada que lleven aparejados conceptos como el respeto al medio ambiente, la producción tradicional y ligada al pastoreo o el mantenimiento de nuestra cultura gastronómica. Así, los productos procedentes de razas autóctonas pueden enmarcarse en un modelo de consumo cada vez más demandado y valorado por la ciudadanía. Una de las estrategias para conservar esta actividad ganadera es diferenciar sus productos en el mercado a través de los beneficios que estos reportan para la conservación del medio ambiente y para la salud del consumidor. En este sentido, diferentes estudios han demostrado que tanto la leche (Álvarez et al. 2007; Fedele et al., 2004; Marques y Belo, 2001; Sales-Duval et al., 2003; Valdivielso et al., 2016) como la carne (Campos et al., 2017; Díaz et al., 2002; Nardone & Valfrè, 1999; Santos-Silva et al. 2002, Urrutia et al., 2016) obtenidas a partir de sistemas pastorales ofrecen buenos parámetros de calidad.

Sin embargo, estos sistemas tradicionales de ganadería, basados en el uso de razas autóctonas y en el pastoreo como fuente principal de alimentación, están en peligro

de desaparecer dada la falta de rentabilidad del sector y el escaso relevo generacional (Dubeuf et al., 2018; Mena et al., 2014b). Para poder conservarlos, es necesario profundizar en el conocimiento de su manejo y buscar estrategias que mejoren su rentabilidad, manteniendo o incrementando su sostenibilidad ambiental y social.

El fortalecimiento de la sostenibilidad en los sistemas de producción animal requiere, como punto de partida, información fiable, analítica y sintética de los distintos aspectos de la sostenibilidad (económica, medioambiental, social y calidad del producto) en sistemas productivos concretos. Esta información, basada en el uso de indicadores, permite un conocimiento más amplio y complejo de los beneficios económicos, sociales y medioambientales desde una óptica multicriterio. A partir de este conocimiento, los ganaderos y técnicos tendrán una información que puede servir de apoyo para la toma de decisiones y la promoción de sus productos y la Administración tendrá una base sólida para diseñar políticas de puesta en valor y apoyo a la sostenibilidad (Mena et al., 2011). Sin embargo, la información disponible al respecto es escasa, parcial y ha sido generada en estudios concretos, con objetivos y metodologías diferentes y en situaciones también diferentes. La falta de información es mayor en el caso de las explotaciones de pequeños rumiantes en pastoreo, debido a las particularidades que éstas tienen en cuanto al manejo de la alimentación y el aprovechamiento de los recursos naturales (Rodríguez-Ortega et al., 2014).

Es por tanto necesario estudiar y valorar los beneficios medioambientales y sociales de estos sistemas pastorales junto con su situación económica e incorporando criterios de calidad analítica, que no siempre son remunerados por el mercado, con el objetivo de potenciar su sostenibilidad, así como analizar los elementos clave en la consecución de esta sostenibilidad en todos sus ámbitos. Esto ayudará a promover aquellas prácticas agroambientales más sostenibles mediante estrategias precisas y objetivas que aseguren la continuidad del sector y la conservación de las razas autóctonas.

CAPÍTULO 2. Objetivos

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

Habiéndose detectado importantes vacíos de información en relación al funcionamiento y la sostenibilidad de los sistemas de pequeños rumiantes basados en razas autóctonas, el **objetivo general** de esta TD es generar conocimiento sobre el manejo de estos sistemas, su rentabilidad, la calidad de sus productos y su impacto ambiental, así como plantear mejoras que garanticen su conservación y sostenibilidad, tomando como ejemplo dos razas con un manejo basado en el pastoreo: raza caprina Payoya en Andalucía y raza ovina Mallorquina en Baleares.

Los **objetivos específicos** han sido agrupados en tres apartados, dos de ellos referido a cada una de las razas y un tercero agrupándolas.

- **Objetivos específicos en la ganadería caprina de raza Payoya:**

1. Análisis del manejo reproductivo-alimentario. Concretamente, el objetivo específico es estudiar el funcionamiento de las explotaciones en base al grado de pastoreo, con especial atención a su manejo alimentario y reproductivo, y analizar las fortalezas y debilidades de estos sistemas.

2. Análisis de la calidad de la leche. Concretamente, el objetivo específico es analizar la calidad de la leche (productividad, composición química, perfil de ácidos grasos, contenido en vitaminas liposolubles A y E y capacidad antioxidante) en función del grado de pastoreo de las explotaciones y de la época del año, y evaluar la utilidad de todas las variables analíticas para discriminar las diferentes muestras de leche en función del grado de pastoreo y al estación del año.

3. Análisis económico y social. Concretamente, el objetivo específico es clasificar a las explotaciones caprinas pastorales en función de su manejo y de sus resultados productivos, y analizar de manera comparada su viabilidad económica y social, estableciendo los elementos clave del manejo que conllevan una mejora de la sostenibilidad.

4. Análisis ambiental. Concretamente, el objetivo específico es estudiar las emisiones y capturas de gases efecto invernadero de los sistemas caprinos pastorales, en función

del manejo alimentario y la productividad de las cabras, así como analizar los resultados del indicador huella de carbono, en función de distintas decisiones de tipo metodológico.

- **Objetivos específicos en la ganadería ovina de raza Mallorquina:**

5. Análisis técnico y económico. Concretamente, el objetivo específico es estudiar el funcionamiento de las explotaciones, con especial atención a su manejo alimentario y productivo, y analizar su rentabilidad.

6. Análisis de la calidad de la canal y de la carne del cordero. Concretamente, el objetivo específico es analizar la calidad de la canal (rendimiento, medidas lineales e índices de compacidad y composición tisular) y de la carne (capacidad de retención de agua, pérdidas por cocinado, contenido en pigmentos hemínicos, composición química y perfil de ácidos grasos) del cordero en función de su manejo alimentario y del peso al sacrificio.

- **Objetivos específicos conjuntos para las dos razas:**

7. Puesta en valor de los aspectos positivos y fortalezas de la ganadería pastoral pequeños rumiantes de razas autóctonas. Concretamente, el objetivo específico es poner de manifiesto los aspectos positivos y fortalezas económicas, ambientales y sociales (incluida la calidad de los productos obtenidos) de los sistemas estudiados, analizando conjuntamente los resultados alcanzados con los objetivos anteriores.

8. Estrategias de mejora de la sostenibilidad de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas. Concretamente, el objetivo específico es, a partir de toda la información generada, proponer estrategias de mejora de los sistemas estudiados que favorezcan la conservación y sostenibilidad de los mismos.

CAPÍTULO 3. Revisión Bibliográfica

CAPÍTULO 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Razas autóctonas: definición e importancia, situación actual, estrategias de conservación.

Desde 1996 la Organización de la Agricultura y la Alimentación (FAO) de las Naciones Unidas señaló como meta mundial la conservación, mejora y uso sostenible de los recursos naturales, incluidos los recursos genéticos ganaderos. Así, la FAO expone que: “La biodiversidad es esencial para la seguridad alimentaria y la nutrición. Miles de especies interconectadas constituyen una red vital de biodiversidad en los ecosistemas de los que depende la producción mundial de alimento. Con la erosión de la biodiversidad, la humanidad pierde el potencial para adaptar los ecosistemas a nuevos desafíos, como el crecimiento demográfico y el cambio climático. Alcanzar la seguridad alimentaria para todos está intrínsecamente vinculado al mantenimiento de la biodiversidad” (FAO, 1999). Igualmente, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para los próximos 15-10 años, dentro del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, contemplan la conservación y la recuperación del uso de ecosistemas terrestres, donde es urgente tomar medidas para reducir la pérdida de hábitats naturales y la biodiversidad, que son parte del patrimonio común de la humanidad.

Los principales motivos para la conservación de los recursos genéticos animales (RGA) según la FAO (FAO, 1999) son:

- Forman parte de nuestro patrimonio y riqueza genética.
- Están ligados a nuestro patrimonio cultural.
- Permiten sistemas de explotación sostenibles y producciones extensivas y/o ecológicas, facilitando el mantenimiento de los ecosistemas y de la población rural.
- Mantienen la variabilidad asegurando la capacidad de adaptación al medio y a condiciones ambientales y climáticas cambiantes.
- Garantizan la soberanía alimentaria, ante una economía globalizada, que con pocas especies obtiene la mayor parte de los alimentos.

Esto supone, ante todo, la conservación de genes que quedan a disposición de necesidades futuras, que actualmente desconocemos (Köhler-Rollefson et al., 2009). En base a ello, la Política Agraria Común de la Unión Europea desarrolla un programa de apoyo a los Recursos Genéticos de Animales Domésticos (RGAD) (Reglamento 870/2004) por el que se establece un programa comunitario para la conservación, caracterización y utilización de los recursos genéticos incluyendo los vegetales, los microbianos y los animales domésticos. Posteriormente se publican ayudas en los programas de desarrollo rural dirigidas al fomento de las razas en peligro de extinción. En España se establece el Programa Nacional de Conservación, Mejora y Fomento de las Razas Ganaderas y se incorpora en su anexo I el Catálogo Oficial de Ganado de España, donde se clasifican las razas en base a su reconocimiento, origen, situación, organización y evolución (Real Decreto 2129/2008) y que define como **razas autóctonas españolas de fomento y en peligro de extinción** a todas aquellas razas que se han originado en España, catalogándose como razas de fomento aquéllas que por su censo y organización se encuentran en expansión y como razas en peligro de extinción aquéllas que se encuentran en grave regresión o en trance de desaparición, de acuerdo con los criterios establecidos a nivel nacional o internacional.

En las últimas décadas se han puesto en peligro muchas razas ganaderas autóctonas, llegando incluso a la desaparición de algunas de ellas, debido fundamentalmente a la introducción de razas foráneas que ofrecen mayores producciones a costa de su explotación en sistemas intensivos o semi-intensivos, con los consecuentes impactos en los ecosistemas tradicionales. Según datos oficiales ofrecidos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el catálogo oficial de ganado (MAPAMA, 2008/ARCA), de las 184 razas inscritas, 128 (el 70%) están en peligro de extinción. Las particularidades de nuestro país y las variadas características geográficas, climatológicas e incluso culturales, hacen que España mantenga un alto grado de diversidad genética y que exista un amplio abanico de recursos zoogenéticos fundamentales para el mantenimiento de un adecuado equilibrio socio-económico, cultural y medioambiental (Real Decreto 2129/2008). Por ello, desde las administraciones públicas se estimula la respuesta del sector productor con esfuerzos

encaminados a la aplicación de estos nuevos criterios que, en el caso de la ganadería, se traducen fundamentalmente en la mejora racial de la cabaña ganadera mediante el fomento de razas autóctonas que en la inmensa mayoría de los casos están ligadas a sistemas extensivos de producción, bajo parámetros de respeto al entorno natural y al bienestar animal. De esta forma, según el RD2129/2008, uno de los tipos de programas de mejora, es la “Conservación in situ” que *implica la recuperación y el mantenimiento de los animales vivos en el lugar donde se ha desarrollado, en su propio ambiente. El principal inconveniente suele ser que son razas económicamente poco rentables, siendo este el motivo de abandono en muchas ocasiones, además de poco estudiadas o caracterizadas, por lo que resulta difícil buscar su nicho de conservación* (Halimani et al., 2013).

Para que estas razas se sigan conservando, de acuerdo a sus principios de manejo social y medioambientalmente sostenibles, es necesario buscar estrategias que permitan su viabilidad económica sin dejar de garantizar su sostenibilidad social y medioambiental. El poder diferenciar el producto en el mercado, gracias a una marca de calidad (denominación de origen protegida, ganadería de raza autóctona, ganadería ecológica, etc.) y su difusión para concienciar al consumidor de la mayor calidad de estos productos, debe ser una de las estrategias clave (Mena et al., 2014a; Nardone & Valfrè, 1999; Valdivielso et al., 2016).

En esta tesis doctoral (TD) se ha trabajado con dos ejemplos de sistemas de razas autóctonas basadas en el uso de los recursos naturales: caprino de raza Payoya en la Sierra de Cádiz (Andalucía) y ovino de raza Mallorquina en Mallorca (Islas Baleares).

3.1.1. Raza Payoya y su sistema productivo

La cabra Payoya es una raza autóctona andaluza, catalogada en peligro de extinción, que ha sido tradicionalmente explotada en la zona del Parque Natural de la Sierra de Grazalema y Sierra de Ronda. El origen no está determinado, no obstante, se supone que la cabra Payoya fue el resultado de la conjunción de los troncos Alpino y Pirenaico que recibe la influencia del tronco convexo, influencia necesaria para su adaptación a las zonas de sierra donde habita (Herrera & Luque, 2007). En la formación de la raza

Payoya han intervenido dos elementos fundamentales: por una parte el criterio selectivo aplicado por los ganaderos, dirigido casi exclusivamente a la mejora de la producción de leche en sistema de pastoreo y, por otro lado, las características agroclimáticas particulares de la zona de explotación, con un clima de elevada pluviosidad y una orografía difícil, con grandes pendientes (ACAPA, 2018). Ambas circunstancias han favorecido la configuración de un modelo de cabra muy rústica, de gran alzada y longitud (la Payoya es la raza caprina de mayor diámetro longitudinal de España), perfectamente adaptada al difícil medio en que se explota.

La zona de explotación de la cabra Payoya se caracteriza por tener clima Mediterráneo, con abundante pluviometría, aunque muy estacional (se concentra entre los meses de octubre y abril) siendo la pluviometría media anual de 1221 mm. La temperatura es suave en los meses de invierno y los veranos son calurosos y secos, alcanzándose una temperatura mínima de 4,5°C en febrero y una temperatura máxima de 30,7°C en agosto (AEMET, 2011).

El manejo de la mayoría de rebaños de cabra Payoya se basa en el pastoreo, estando la superficie de pastoreo ocupada principalmente por matorral (Nahed et al., 2006; Ruiz et al., 2008). De acuerdo a la clasificación establecida por Zervas & Tsiplakou (2011), la mayor parte de rebaños de Payoya son manejados en “rangeland systems” (sistemas de pastizal) consistentes en áreas de pradera, matorral y bosque. La vegetación de la zona donde se localiza la raza se caracteriza por estar constituida por bosque Mediterráneo con alta densidad de arbolado (*Quercus faginea*, *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Olea europea sylvestris*, *Ceratonia siliqua*) en alternancia con arbustos (*Pistacia lentiscus*, *Genista hispanica*, *Cistus albidus*, *Phonis purpurea*, *Retama sphaerocarpa*, *Phonis purpurea*, *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Genista scorpius*) (Mata et al., 2004). También se localizan pastos de media montaña constituidos por gramíneas (las más comunes son: *Lolium spp*, *Phalaris acuatika*, *Hainardia cylindrica*, *Hordeum bulbosum*), leguminosas (las más comunes son: *Trifolium subterraneum*, *T. pallidum*, *T. aquamosum*, *T. squarrosum*, *T. istmocarpum*, *Scorpiurus muricatus*, *S. vermiculatus*) y otras familias de dicotiledóneas (*Cichorium spp.*, *Carlina racemosa*, *Cynara humilis*, *Echium plantagineum*, *Galactites tomentosa*,

Scolymus spp.) (Fernández et al., 1991). Cultivos como trigo, cebada, avena, habas u olivar se encuentran frecuentemente en las zonas con pendientes más suaves.

Como señalan Ruiz et al., (2008) las cabras tienen un parto al año, con un periodo de lactación medio de entre seis y ocho meses y una producción media anual de 440 kg por cabra. Se realizan uno o dos ordeños al día dependiendo del nivel de producción, ordeñándose dos veces sólo en la primera mitad del periodo de lactación. Los partos están concentrados en septiembre y en febrero, lo que implica una alta estacionalidad en la venta de leche que se manifiesta en un índice de estacionalidad (leche vendida en el trimestre de menos venta / leche vendida en el trimestre de mayor venta) de 0,25. Los chivos son criados mediante lactancia natural durante aproximadamente un mes y, después, son enviados a matadero. La recría es amamantada durante tres meses (Delgado-Pertiñez et al., 2009).

3.1.2. Raza Mallorquina y su sistema productivo

Raza principalmente de orientación cárnica, comercializándose corderos de tipo lechal (menos 7 kg de peso canal), recental mediano (7-10 kg de peso canal) y, con menor frecuencia, recental grande (más de 10 kg de peso canal). Son animales de perfil recto, con tendencia a la subconvexidad, carácter más acentuado en los machos. Tipo mesolineo a sublongilíneo y eumétrico. De tamaño corporal variable dependiendo de las condiciones y zona de explotación, el peso vivo oscila en hembras de 45-55 kg y en machos de 59-69 kg. De coloración blanca o negra, presentándose la primera en una mayor frecuencia. El vellón es de color blanco o negro coincidiendo con el color de la piel, de tipo abierto o semiabierto. En las últimas décadas se observa como aumentan las zonas con escasa cubrición de lana, especialmente en la zona del cuello y vientre. Se admiten pequeñas zonas pigmentadas en la zona de los ojos (MAPAMA, 2008/ARCA).

El censo de los animales en pureza, inscritos en el Libro Genealógico, está incrementando progresivamente, igual que el nivel selectivo. El censo actual de reproductores es de 12.370 hembras y 130 machos, divididos en 78 ganaderías, con

un tamaño medio de la ganadería de 150 animales (MAPAMA, 2008/ARCA, censo actualizado en 2017).

Es una raza rústica, buena madre y con buenas condiciones lecheras, lo que motiva que sea muy apreciada como madre en las explotaciones dedicadas a la producción de carne (Pons, 2016). Son explotaciones con sistema de manejo fundamentalmente basado en el pastoreo, en el que los animales aprovechan la vegetación espontánea, rastrojos y hojas y el endospermo de la almendra y, en la época de poda, las hojas verdes de las ramas de olivo. Pero cada vez depende más de los pastos cultivados para su alimentación directa, lo que ha permitido una planificación de la producción y a la obtención de crías a lo largo de todo el año. Por tanto, se encuentra tanto en sistemas extensivos como semiextensivos.

Las Islas Baleares son un territorio eminentemente ganadero, aunque la ganadería siempre ha tenido un papel secundario en relación a la agricultura, presentándose como aprovechamiento complementario de la producción agrícola. En el siglo XX, la producción ganadera del archipiélago Balear sufrió una gran transformación con la industrialización e intensificación, que provocó la sustitución de las poblaciones autóctonas ganaderas por razas selectas más productoras. Estas razas tienen un manejo cada vez más intensificado y, consecuentemente, incrementan la dependencia del mercado exterior, dada la limitación física del territorio para producir los alimentos requeridos para el sustento del ganado y con las negativas consecuencias medioambientales que ello conlleva (Pons, 2016). Al mismo tiempo, el sector primario ha quedado mermado por un incipiente turismo que se ha venido convirtiendo en la principal actividad de las Islas, sobre todo en lo que se refiere al uso territorial. Sin embargo, para poder conservar los espacios naturales, es necesaria la presencia de pastoreo que reduzca el riesgo de incendios forestales, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Riedel et al., 2007). Los sistemas ganaderos de la Isla están en riesgo de desaparecer debido a la falta de rentabilidad del sector. No obstante, hoy en día el sector turismo es cada vez más consciente de que la existencia de la producción agrícola y ganadera son las que dan la imagen distintiva al archipiélago, donde un turismo más exigente no solo quiere disfrutar de sus

maravillosas playas, si no que quiere visitar las zonas rurales y conocer su cultura (Pons, 2016).

En Mallorca la climatología es de tipo Mediterráneo, presentando estacionalidad climatológica con veranos secos y caluroso e inviernos suaves y húmedos. Las temperaturas son templadas, pocas veces se presentan extremas, por lo general van de 10 a 30 °C, siendo la media anual de 16°C. La pluviometría es muy heterogénea en función de la latitud y de la orografía (desde 300mm a 1500mm, siendo mucho más abundante en la Sierra de Tramuntana que en el llano) concentrándose en los meses de otoño y siendo muy escasa en el verano. Cabe destacar la elevada variabilidad meteorológica interanual, lo que unido a fenómenos meteorológicos extremos (lluvia intensa, fuertes vientos, tornados, sequías etc.) hace difícil el poder programar los cultivos al no poder basarse en los resultados de años anteriores (Cifre et al., 2007).

La principal producción ganadera de Mallorca es el ganado ovino, principalmente destinado a la producción de carne. En el catálogo oficial de las razas de ganado de España de 1979, Orden del Ministerio de Agricultura de 30 de julio, solo aparece la oveja Roja Mallorquina, que la clasifica en el grupo de razas de protección oficial. La raza Mallorquina no se cataloga hasta 1997 (RD 1662/1997).

El manejo de esta ganadería puede dividirse en varios tipos de sistemas. Por un lado, los semiextensivos, generalmente localizados en la zona de planicie y en los que los animales pastorean durante el día, generalmente en parcelas de poca extensión en las que se hace rotación cada pocos días, y se encierran por la noche en establos o áreas de descanso donde se les suplementa heno y, en épocas de menor producción vegetal, también grano o concentrados. Y por otro lado, en sistemas extensivos localizados en la zona de sierra, en los que los animales se encuentran siempre en la montaña y sólo se bajan hacia las parcelas más productivas de la explotación en las épocas de partos y de cría de corderos, donde llevan un sistema muy parecido al semiextensivo.

El porcentaje de superficie dedicado a pastos para el ganado respecto a la superficie total es del 28%, estando la Isla más dedicada a la producción agrícola, suponiendo un

40% de la ocupación del territorio. De acuerdo a la clasificación establecida por Cifre et al. (2007), Mallorca está dividida en 4 tipos de superficie de acuerdo a su vegetación.

- Tipo 1: Áreas en las que predomina la producción forrajera extensiva. Comprende los municipios ubicados en la Sierra de Tramuntana (menos Escorca). Son superficies donde el uso agrícola sólo ocupa el 25% del área total y donde lo que domina son los recursos forrajeros naturales y extensivos.
- Tipo 2: Áreas en las que predomina la producción semiintensiva de cereales y forrajes. Es básicamente agrícola (cerca del 80% del área total) y se encuentra en la zona de planicie, al levante y sur de la isla.
- Tipo 3: Áreas en las que se combina la producción extensiva y la semiintensiva. Situación intermedia en la que el 50% de la superficie es ocupada por vegetación natural. Comprende los municipios de transición entre El Pla y la Sierra de Tramuntana.
- Tipo 4: Áreas en las que predomina los pastos arbustivos típicamente mediterráneos. Sólo comprende el municipio de Escorca, zona más alta de la Sierra de Tramuntana. Estas áreas tienen una elevada producción de vegetación natural (90% del área total).

Respecto al manejo reproductivo, encontramos tres tipos de sistemas: continuo, los machos están siempre junto con las hembras, que se van cubriendo conforme entran en celo y, consecuentemente, las épocas de partos y de cría también se extienden durante todo el año. El inconveniente es que hay animales que crían fuera del periodo de máxima producción de forrajes y que se pierde la posibilidad de aprovechar el "efecto macho». El sistema discontinuo, los machos se introducen en el rebaño de hembras durante los meses de alta actividad sexual (entre los meses de mayo y noviembre) y, por tanto, las épocas de partos se concentran entre octubre y abril. Este sistema es el que posiblemente se ajusta mejor al pastoreo, pues el período de cría coincide con el periodo de máxima producción forrajera. Y un sistema de reproducción planificada (generalmente, 3 partos en 2 años), en el que se planifica el manejo con el objetivo de tener dos o tres épocas de partos distribuidas a lo largo de todo el año. El

objetivo es sacar el máximo de corderos en épocas de precios de mercado mayores, aunque ello les obligue a complementar la alimentación de las madres con concentrados generalmente comprados fuera de la explotación.

3.2. Sostenibilidad: definición, análisis, indicadores y usos.

3.2.1. Concepto de sostenibilidad

En las últimas décadas, las estrategias de desarrollo convencionales se han ido fracturando debido a sus graves impactos ambientales y a la creciente desigualdad social, haciéndose evidente la necesidad de un modelo de desarrollo alternativo basado en la relación armónica entre la sociedad y la naturaleza (Galván-Miyoshi et al, 2008; Pérez-Ortiz et al., 2014). La introducción formal del concepto de desarrollo sostenible o sostenibilidad (en esta revisión no se van a diferenciar conceptualmente ambas terminologías) tiene lugar en el documento “Nuestro Futuro Común” (WCED, 1987), más conocido como informe Brundtland. Este documento mantiene la idea de que los conceptos de medio ambiente y desarrollo no pueden ser separados, pues avanzan en pro de un mismo objetivo y se encuentran inevitablemente ligados, y define el desarrollo sostenible como "un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades". Si bien el debate sobre el desarrollo sostenible se difunde rápidamente a finales de los años 80, los Estados y los organismos internacionales no intentan incorporar esta temática hasta los 90 con la declaración de convertir en propuestas los acuerdos alcanzados en la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente de Río de Janeiro 2002 (Río '92). Esto queda plasmado en el documento final de la Conferencia, conocido como “Agenda 21”, a partir del cual se convoca a definir patrones sostenibles de desarrollo que consideren aspectos ambientales, económicos, sociales, éticos y culturales, y desde donde surge la necesidad de definir formas de medir o monitorear las acciones de desarrollo para avalar su sostenibilidad. Actualmente, este concepto de desarrollo sostenible o sostenibilidad ha permeado en todos los ámbitos de la sociedad y es un concepto de uso cotidiano, convirtiéndose en uno de los elementos clave para el manejo de los recursos naturales y estando en el centro de las agendas de instituciones gubernamentales, de investigación, organismos

no gubernamentales y otros grupos relacionados con el manejo de los recursos naturales.

Sin embargo, la discusión sobre la definición de qué es sostenible es muy amplia, no pudiéndose acotar universalmente las condiciones para alcanzar la sostenibilidad. Existen autores que dan a este concepto una connotación ética, como Jonas (1979) que hizo hincapié en la ruptura del equilibrio sociedad y naturaleza y sentenció: “Actúa para que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de la vida humana genuina en la Tierra”. Esta formulación extiende nuestro deber moral a la naturaleza y a las generaciones futuras (Marie, 2011). Otras consideraciones éticas vinculan la sostenibilidad con valores como el humanismo (Oliveira de Paula and Negrão Cavalcanti, 2000;), la administración de la naturaleza (Appleby, 2005; Worrell and Appleby, 2000), la equidad (Beekman, 2004) o el cuidado del medio ambiente (Vavra, 1996).

Otros autores, por el contrario, centran la sostenibilidad en el mantenimiento de los recursos naturales. Así, el economista Gordon Douglas describe tres maneras de conceptualizar la agricultura sostenible (Douglass, 1984). La *suficiencia de recursos*, que supone que una práctica agrícola es sostenible si los recursos necesarios para llevar a cabo dicha práctica están a disposición o previstos. En contraste con la suficiencia de recursos, Douglass describió la *sostenibilidad ecológica*, que busca identificar los límites de la práctica agrícola, y la *sostenibilidad social*, que busca identificar límites políticos y éticos para los sistemas y prácticas agrícolas. Thompson (1992) ha criticado el enfoque de Douglass a la sostenibilidad social, poniendo como ejemplo sistemas agrícolas políticamente represivos y éticamente abusivos que han demostrado ser sostenibles. Thompson & Nardone (1999) también hablan de disponibilidad de recursos y describen una práctica sostenible "cuando los recursos necesarios para llevar a cabo esta práctica son previsibles, lo que requiere la identificación de las tasas a las que se están consumiendo los recursos". Por ello, si los recursos “no se hacen cero” (Faeth, 1993) la práctica será sostenible. Pero apuntan a que esta visión es muy simplista pues, para poderse aceptar, se debe suponer que la explotación de un recurso no causará que otros recursos, directa o indirectamente

vinculados a él, disminuyan hasta poder hacerse cero. Estos autores introducen el término de "integridad funcional" de un sistema, presuponiendo la reproducción en el tiempo de elementos cruciales de un sistema (Thompson, 1997; Thompson & Nardone, 1999) y asumiendo que el sistema tiene mecanismos de retroalimentación. Esta visión requiere del análisis del sistema en su conjunto y de las complejas interacciones entre sus elementos y las condiciones externas.

Son muchos los autores que definen la sostenibilidad desde un punto de vista holístico (Mebratu, 1998). Así, el Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo define la sostenibilidad teniendo en cuenta sus tres subsistemas básicos: el biológico, el social y el económico. Este punto de vista, ahora ampliamente aceptado, puede interpretarse como la base de enfoques analíticos específicos, complementados por colaboraciones interdisciplinarias y como una necesidad de enfoques sistémicos. Recientemente, el documento final de Río lo adoptó completamente "Future We Want "(UN, 2012). En este documento, el pilar social recibió una atención destacada, como lo demuestra el título del tema principal de la Cumbre: La economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza (Hák et al., 2016).

Hopwood et al, (2005) argumentan que existen tres grandes visiones de cuál debería ser la naturaleza de los cambios de las estructuras sociales y políticas y en la relación humano-naturaleza, para lograr el desarrollo sostenible:

- El status quo - hay necesidad de cambio, pero se puede lograr dentro de las estructuras actuales
- La reforma - es necesaria una reforma fundamental, pero sin una ruptura total con los acuerdos existentes.
- La transformación - como las raíces de los problemas son las estructuras económicas y de poder de la sociedad, es necesaria una transformación radical.

Galván-Miyoshi et al. (2008) dentro del libro *"Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional"*, resumen los siguientes aspectos centrales del concepto de sostenibilidad:

- Se trata de un metaconcepto, parte de principios generales y resulta de aplicación universal, pero no existe una definición única pues depende del sistema de valores. Por ello, la sostenibilidad debe definirse localmente, prestando atención a la diversidad sociocultural y ambiental.
- Es un concepto complejo y multidimensional que implica entender la interrelación entre aspectos ambientales, sociales y económicos (“sustentabilidad débil vs sustentabilidad dura”).
- Es un concepto dinámico, siendo claves tanto las metas trazadas como el camino para lograrlas.
- Hay que considerar cuestiones de equidad inter e intrageneracional, así como la articulación de escalas temporales, espaciales e institucionales. Implica trabajar con perspectiva de más largo tiempo y entender y articular las distintas dinámicas sociambientales en el tiempo y el espacio.
- Llevar a la práctica este concepto implica transformaciones profundas del presente modelo de desarrollo.

El desarrollo sostenible cada vez se está identificando más con el término de Agroecología. Dubeuf et al. (2018) describen la Agroecología como la aplicación de principios ecológicos al diseño y gestión de sistemas agrícolas sostenibles; considerándose el total de las prácticas agrícolas y de las relaciones biológicas para lograr un uso óptimo de las posibilidades ecológicas que ofrecen los agrosistemas. Pero la introducción de innovaciones y enfoques agroecológicos tiene que enfocarse no solo en asuntos ambientales, sino también en sus beneficios económicos (Horlings & Marsden, 2011). Así, los 5 pasos para lograr un enfoque agroecológico en la agricultura y la ganadería son (Gliessman, 2006):

Paso 1: Aumentar la eficiencia en el uso de *inputs*, reduciendo los insumos costosos y con impacto ambiental.

Paso 2: Sustitución de insumos y prácticas convencionales. Incluye el movimiento ecológico y las interacciones con los agricultores para encontrar alternativas - Sin cambios de diseño.

Paso 3: Los agroecosistemas se rediseñan sobre la base de nuevos procesos.

Paso 4: Reconectar al productor y al consumidor en redes alternativas de solidaridad.

Paso 5: Construir un nuevo sistema global de alimentos basado en la equidad, la participación y la justicia, no solo para garantizar la sostenibilidad, sino también para restaurar y proteger el planeta.

En producción animal, la introducción de la Agroecología ha sido reciente, favoreciendo la introducción de nuevas formas de producción para lograr la integración de los animales en el agroecosistema (Gliessman, 2006). Por ejemplo, en Francia el Ministerio de Agricultura definió en 2011 un ambicioso programa para apoyar la Agroecología en la Agricultura, "Produire autrement", basado en la aplicación de los principios de la Agroecología (Dumont et al., 2013) y con incidencia en los ámbitos económico, social y ambiental del sector ganadero. De esta forma, los 5 pasos para lograr la agroecología en el sector ganadero resultaron los siguientes:

Paso 1: Gestión integrada de la sanidad animal

Paso 2: Diminución de los inputs.

Paso 3: Disminución de la contaminación

Paso 4: Fortalecer la diversidad para aumentar la resiliencia

Paso 5: Preservar la biodiversidad mediante la adaptación de prácticas adecuadas.

De acuerdo a Hecht et al. (2018) la investigación agrícola basada en el anterior principio productivo ha tenido éxito en aumentar rendimientos en situaciones favorecidas. Sin embargo, los científicos están reconociendo que este enfoque podría limitar las opciones agrícolas para los pueblos rurales y que conlleva consecuencias secundarias involuntarias que a son ecológicamente dañinos y tienen altos costos sociales. La investigación en Agroecología, sin embargo, se concentra en temas específicos de la agricultura real "en campo", pero dentro de un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales.

Otra gran influencia en el pensamiento agroecológico ha venido del esfuerzo de investigación de antropólogos y geógrafos interesados en descubrir y analizar las prácticas agrícolas y la lógica de los pueblos campesinos. Estos estudios generalmente se han ocupado del uso de los recursos y la gestión de toda la base de subsistencia,

no solo de la parcela agrícola, y se han centrado en cómo se explica esta base de subsistencia por los pueblos locales y cómo el cambio social y económico afecta a estos sistemas (Hecht et al., 2018).

3.2.2. La evaluación de la sostenibilidad

La evaluación de sostenibilidad se ha convertido en uno de los temas centrales en la agenda de diversos centros de investigación, instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y agencias de desarrollo relacionadas con el manejo de recursos naturales (López-Ridaaura et al., 2008). Esta evaluación tiene como función principal la de resumir, focalizar y condensar la enorme complejidad de nuestro ambiente dinámico en una cantidad manejable de información significativa (Godfrey & Todd, 2001). Sin embargo, un valor en sí mismo no nos dice nada y es necesario insertarlo dentro de un “espacio” de valores para que tenga significado. Por ello, llevar a la práctica el concepto de sostenibilidad implica establecer una serie de objetivos, en base a los cuáles se describen atributos o principios generales de los sistemas de manejo sostenible que permitan entender la capacidad de ser productivos, autorregularse y a la vez transformarse. En el trabajo de Astier et al. (2008), en el cual se actualiza la metodología MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) se establecen como atributos propios de la sostenibilidad: la equidad, la productividad, la resiliencia, la adaptabilidad, la estabilidad, la confiabilidad y la autogestión. El grado de cumplimiento de estos principios se mide mediante indicadores. Los indicadores son muy importantes para hacer operativos los atributos de sostenibilidad en variables que se puedan medir localmente, la dificultad está en qué indicadores utilizar y cómo aplicarlos a diversas situaciones, sobre todo, dada la diversidad de puntos de vista de la sostenibilidad.

Los esfuerzos dirigidos a proporcionar estrategias de evaluación de la sostenibilidad se pueden clasificar en tres grupos de herramientas (Ness et al., 2007; Galván-Miyoshi et al, 2008):

- Indicadores e índices, que se dividen en no integrados e integrados. Los no integrados son listas de indicadores centrado principalmente en aspectos ambientales, económicos y, en menor medida, sociales e institucionales (CIAT, 1998; MIDEPLAN, 1998; Spangenberg et al., 2002). Los integrados son metodologías de evaluación basadas en índices en los que se sintetiza la información de los indicadores en un solo valor numérico (Taylor et al., 1993; Sutton 2003).
- Evaluación de productos, que se centran en el análisis del flujo de materia y/o de energía de productos y servicios desde una perspectiva de ciclo de vida. Clásicamente, los indicadores se relacionan con aspectos ambientales, como pueden ser el uso de la tierra, el uso de energía, la emisión de gases de efecto invernadero o los potenciales de eutroficación y acidificación, que se expresan en diferentes unidades de manera relativa a una cantidad de producto (kg de leche o carne) o de superficie (ha). Pero también se define una perspectiva de análisis de ciclo de vida social (Lehman et al., 2011) que mide todos los impactos sociales, reales o potenciales, de un producto a lo largo de su ciclo de vida. Este método no traza una imagen global del sistema en todas sus dimensiones, aunque algunos estudios incluyen indicadores suplementarios (Haas et al., 2001).
- Evaluación integrada, que son un conjunto de herramientas generalmente centradas en un cambio en la política o evaluación de proyectos, pudiendo diferenciar entre metodologías de modelización y metodologías de evaluación multicriterio. La metodología de modelización es una forma de analizar el comportamiento de un sistema y predecir su evolución a lo largo del tiempo en diferentes hipótesis. Como tal, el modelado permite la evaluación de las consecuencias de una decisión o de una situación, y la construcción de escenarios. Un ejemplo son las metodologías de indicadores de pequeños rumiantes que vienen propuestas desde Red FAO-CIHEAM sobre el Ovino y el Caprino (Subred Sistemas de Producción) a través del Observatorio de sistemas de Producción Ovino y Caprino (Toussaint, 1999; 2002; Ruiz 2012). La metodología de evaluación multicriterio combina y agrega criterios de evaluación competitivos con el fin de dar una cuantificación del logro de los

objetivos. Son propuestas metodológicas flexibles que permiten guiar el proceso de evaluación mediante diferentes etapas o pasos; parten de atributos u objetivos generales aplicables en diferentes situaciones y sistemas de manejo, que sirven de guía para derivar criterios e indicadores más específicos (van der Werf & Petit, 2002, Galan et al., 2007, Bockstaller et al., 2008). Los métodos existentes difieren según los usuarios, la escala considerada (explotación, región, país), los principios y objetivos de sostenibilidad, el modo de construcción de los indicadores o el método de agregación.

Los análisis multicriterio comentados anteriormente, constituyen un marco teórico y metodológico interesante para el desarrollo de técnicas para abordar problemas multidimensionales. Así, en las últimas décadas, ha habido importantes avances en el desarrollo y la aplicación de metodologías para la evaluación de sustentabilidad y el uso de indicadores a diferentes escalas de análisis:

- A escala nacional, subnacional o supranacional, organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Foro Económico Mundial, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) o el Banco Mundial (BM), en colaboración con los gobiernos de diferentes países e instituciones académicas, han desarrollado distintas metodologías para evaluar el progreso hacia el desarrollo sustentable y asistir en la formulación de políticas nacionales e internacionales que lo promuevan (UN, 1996 y 2001; CEPAL, 2000; OCDE, 2001; Millennium Ecosystem Assessment, 2003).
- A escala subregional también han habido importantes esfuerzos dirigidos al desarrollo de metodologías de evaluación de sustentabilidad, con el fin de apoyar la identificación de los principales factores que determinan el manejo de los recursos naturales y evaluar el impacto de prácticas, políticas o programas alternativos de manejo para el desarrollo regional (Hengsdijk et al., 1999; Bouman et al., 2000; Roetter et al., 2005).
- A la escala local (comunidad, explotación agrícola o ganadero o unidad de producción) la aplicación de herramientas de evaluación de la sustentabilidad es,

hoy en día, la base para el diseño de prácticas alternativas que mantengan o mejoren la productividad y permitan conservar la integridad de sus recursos (Taylor et al., 1993; Masera y López-Ridaura, 2000; van der Werf y Petit, 2002; Rao y Rogers, 2006; Arandia et al., 2009).

3.2.3. Indicadores de sostenibilidad

El concepto de indicador ha sido definido por diversos organismos internacionales y nacionales. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) considera de manera general un indicador como un parámetro o un valor derivado de un conjunto de parámetros que dan información sobre un fenómeno (OCDE, 1993). Así mismo, diversos autores también proponen definiciones para este concepto. Mitchell et al. (1995) los describe como medidas alternativas que permiten comprender e interpretar un sistema complejo ya que: (i) sintetizan los datos, (ii) muestran el estado actual de la situación, (iii) demuestran la consecución o no de objetivos y (iv) comunican la situación a los usuarios para la toma de decisiones de gestión. Gallopin et al. (1996) no da importancia a la definición concreta, sino a los objetivos que un indicador debe cumplir: (i) evaluar condiciones y cambios; (ii) comparar lugares y situaciones; (iii) evaluar condiciones y tendencias con respecto a los objetivos; (iv) proporcionar información previa y, finalmente, (v) prever condiciones y tendencias futuras.

Burguer (2006) señala que el indicador también puede ser considerado como un índice o medida final para evaluar la salud de un sistema económico, físico, biológico o humano. Así, los indicadores no son sólo considerados mera información del sistema, sino que también facilitan un análisis de la situación en la que dicho sistema se encuentra. En este mismo sentido, Syers et al. (1995) señalan que “conceptualmente, los indicadores son los síntomas de comportamiento en sistemas complejos, y se utilizan como diagnósticos del estado subyacente de los sistemas. Además, Quiroga (2001), en su definición de indicador, añade un valor social a la interpretación del mismo: “un indicador es más que una estadística, es una variable que en función del valor que asume en determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente, y que los usuarios decodificarán más allá de

lo que muestran directamente, porque existe un constructor cultural y de significado social que se asocia al mismo”.

Desde una etapa temprana ha quedado claro que la información y los indicadores cuantitativos desempeñarán un papel importante para lograr un desarrollo sostenible. La Agenda 21 (Capítulo 40) ya exigía "indicadores que nos muestren si estamos creando un mundo más sostenible"; desde entonces, se han introducido muchos indicadores, conjuntos de indicadores e índices compuestos. En concreto, los indicadores de sostenibilidad permiten medir las propiedades importantes de la sostenibilidad y darles seguimiento en el tiempo. Un indicador de sostenibilidad lleva implícito un conjunto de valores y metas evocados en el concepto de sostenibilidad (Quiroga, 2001). Por ello, son muy importantes para hacer operativos los atributos de sostenibilidad en variables que se puedan medir localmente (Galván-Miyoshi et al, 2008). Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos de muchas organizaciones y gobiernos nacionales e internacionales, incluidos programas a largo plazo como el "Más allá del PIB" de la Comisión Europea y el "Medición del progreso de las sociedades" de la OCDE, no ha habido consenso teórico sobre cómo medir la sostenibilidad (FAOSTAT, 2015).

Respecto a la metodología a seguir para la obtención de información con la que construir los indicadores seleccionados, para conocer el funcionamiento de los sistemas de producción es necesario conocer el proceso de toma de decisiones seguido en la explotación y ello no se puede saber ni con la encuesta, ni con las bases de datos, ni siquiera con datos referentes al balance de la campaña productiva (Gibon, 1981). Sólo el seguimiento realizado de una manera periódica (*monitorización*) sobre una determinada muestra de explotaciones recogiendo la información necesaria o siendo recogida por el propio ganadero, pero de manera activa y fidedigna, ofrece esta posibilidad. Ello permite evidenciar los mecanismos últimos de la organización y la dinámica del sistema (Deffontaines & Petit, 1985).

3.2.4. Criterios de selección de indicadores

Existen múltiples indicadores que pueden darnos información sobre las propiedades de sostenibilidad de un determinado sistema o manejo. Sin embargo, en la práctica es necesario trabajar con un número limitado de indicadores seleccionados por su relevancia, para un determinado conjunto de objetivos de sostenibilidad en un contexto dado (Fernandes & Woodhouse, 2008). En este sentido, la OCDE (1999) establece una serie de criterios para realizar una correcta selección de indicadores (Fernandes & Woodhouse, 2008):

- Relevancia. Los indicadores deben abordar cuestiones consideradas de importancia para la formulación de políticas o para la toma de decisiones.
- Validez o solidez analítica. La sostenibilidad puede ser vista desde una variedad de perspectivas (científicos, agricultores, residentes rurales, consumidores, etc.). Un indicador válido debe ser capaz de conciliar la necesidad de un análisis científico sólido con el requisito de ser reconocido como legítimo por otras partes interesadas no científicas.
- Escala apropiada: los indicadores deben estar relacionados con una escala específica de toma de decisiones (como la política regional o el manejo de la finca).
- Mensurabilidad: disponibilidad y fácil adquisición de datos.

Estos criterios universales sirven de guía para establecer los criterios de selección, pero los mismos deben ser fijados por cada autor a la hora de desarrollar su metodología. Es decir, como los indicadores son particulares a los procesos de los que forman parte, no existe una lista de indicadores universales (Bakkes et al., 1994) sino que es necesario realizar una selección de los mismos en función del problema específico bajo estudio, de la escala del proyecto, del grado de acceso y de la disponibilidad de datos. El conjunto de indicadores seleccionados está relacionado con su criterio de formulación y debe responder a los objetivos de la evaluación (Galván-Miyoshi et al, 2008). Del mismo modo, Claverías (2000) destaca entre las características más significativas que deben cumplir los indicadores se encuentran las siguientes: (i) deben ser objetivamente verificables, replicables y de fácil medición (ii)

la recogida de la información para generarlos no debe ser difícil ni costosa; (iii) tanto los productores como los técnicos deben participar en su diseño y medición; (iv) las mediciones deben poder repetirse a través del tiempo; (v) deben ser sensibles a los cambios en el sistema; y (vi) deben poder analizar las relaciones con los otros indicadores.

Así mismo, de acuerdo a Lebacqz et al., (2013), la selección de indicadores debería considerar (1) la contextualización para determinar el propósito, las escalas y las partes interesadas involucradas en la evaluación; (2) la comparación de indicadores basada en varios criterios, principalmente disponibilidad de datos; y (3) la selección de un conjunto mínimo, consistente y suficiente de indicadores.

3.2.5. Tipos de indicadores

Existen indicadores cuantitativos y cualitativos. Las variables cuantitativas son aquellas que permiten medir propiedades tangibles, susceptibles de ser calculadas e interpretadas numéricamente. Se expresan en escalas que indican tanto el orden de los objetos como la distancia entre ellos (kilogramos, litros, hectáreas...). Las variables cualitativas se utilizan comúnmente para medir propiedades o cualidades de naturaleza subjetiva, por ejemplo, las percepciones sobre la calidad del trabajo. Se expresan en escalas ordinales que indican el orden de los objetos a medir de acuerdo con su menor o mayor contenido de dicha propiedad. Sólo importa el orden de los objetos y no la distancia entre ellos (Galván-Miyoshi et al, 2008).

Los indicadores pueden resultar de un conjunto de mediciones, de índices calculados o de juicios de expertos (Bockstaller & Girardin, 2003). Así mismo, hay indicadores que se asocian a sistemas de manejo específicos, como los sistemas forestales, pecuarios, acuícolas, reservas naturales, entre otros. Sin embargo, estas áreas temáticas en la realidad no funcionan de manera aislada, así, un indicador que pertenece a un ámbito específico puede afectar también otras áreas (Astier & Hollands, 2007). González (2001) habla de tres tipos de indicadores: (i) de metas o de resultados, (ii) de proceso y disponibilidad de insumos y (iii) de impacto. Los primeros son una medida de eficiencia desde el punto de vista de los resultados, los segundos valoran la eficacia

analizando la manera de hacer las cosas y los terceros analizan los resultados teniendo en cuenta las consecuencias que conllevan. Abbona et al. (2007) también establecen otra clasificación de indicadores con dos tipologías: de estado y de manejo. Los primeros aportan información del estado actual de un recurso natural o social como rendimientos, balances de nutrientes o costos de producción. Los indicadores de manejo parten del supuesto de que ciertas prácticas tienen un efecto determinado (positivo o negativo) en el estado de un recurso natural o un componente del sistema determinado (como la frecuencia de rotación de las parcelas). Sin embargo, la clasificación de la sostenibilidad en ámbitos es la más difundida e importante, siendo la que se aborda en la presente Tesis Doctoral. Así, existen indicadores que se identifican más comúnmente con una dimensión específica, ya sea económica, social o ambiental y sus relaciones socio-económica, socio-ecológica y ambiental-económica.

3.2.6. Indicadores técnicos e indicadores económicos

El análisis técnico-económico permite que se traten y analicen de manera conjunta e interrelacionada datos técnicos y económicos de la explotación. Gracias a ello se podrá conocer no sólo si la explotación es rentable o productiva, sino que podremos analizar cuáles son las posibles causas de que no se estén consiguiendo los beneficios deseados y sobre qué aspectos del manejo de la explotación debemos mejorar, adoptando las oportunas estrategias de cambio (Ruiz et al., 2007). Por tanto, es una herramienta básica para la toma de decisiones que resulta de utilidad tanto para el responsable de la explotación, como para el técnico que asesora a un grupo de explotaciones, como para la Administración (Mena et al., 2011).

Tradicionalmente, los estudios se limitaban al análisis del sistema desde un enfoque parcial, sectorial o monodisciplinar (Deffontaines & Petit, 1985). Sin embargo, dada la complejidad de los sistemas ganaderos, es necesario adoptar una perspectiva más amplia denominada «aproximación global» a la explotación (“Approche globale” o “General Approach”) (Ruiz & Oregui, 2001) que toma como unidad de análisis a la explotación en su conjunto. Así, al analizar los indicadores referidos a un aspecto concreto se deben relacionar con indicadores que informen sobre otros aspectos del

sistema, teniéndose en cuenta posibles repercusiones en el conjunto de la explotación (Ruiz et al., 2007).

Como anteriormente se ha comentado, para poder elaborar indicadores fiables es importante disponer de información periódica y veraz. Sin embargo, el sector de los pequeños rumiantes es un sector del que se posee poca información y en el que la capacidad para generarla es limitada (ni los ganaderos ni los técnicos están acostumbrados a la recogida sistemática de datos de la explotación). Eso condiciona el tipo de indicadores que podemos usar, debiendo partir de un listado básico de indicadores que sean fáciles de construir, pero que se pueda ampliar en función de la respuesta del técnico y/o ganadero.

Se han establecido diferentes redes internacionales para contrastar los resultados de los indicadores, para obtener información sobre la evolución de los sectores ganaderos. Entre dichas redes destacan: la Agribenchmark para el vacuno y ovino de carne (Agribenchmark, 2010), la International Farm Comparison para el vacuno de leche (IFCN, 2011) y la Subred FAO-CIHEAM para los pequeños rumiantes (Toussaint et al., 2009), adaptada por Ruiz (2011) para sistemas pastorales. Aunque es interesante llegar a un consenso para el uso del mismo grupo de indicadores en zonas y sistemas de manejo similares, no existen unos umbrales absolutos mínimos para cada tipo de indicador, sino que van a depender de los condicionantes de cada zona (Dubeuf, 2001) y de las circunstancias particulares de la explotación (Nahed et al., 2006).

3.2.6.1. Indicadores técnicos

De acuerdo a Ruiz (2012), los indicadores técnicos utilizados en ganadería pueden referirse a los factores de producción, al funcionamiento de la explotación (operacionales) o a los resultados de la actividad productiva (de producción o productos generados). En las Tabla 1,

Tabla 2

Tabla 3. **Resumen de los principales indicadores técnicos de producción**

INDICADORES TÉCNICOS DE PRODUCCIÓN

se presenta un resumen de cada grupo, presentándose no sólo indicadores como tales, sino también otros *ítems* que permiten caracterizar las explotaciones. Sólo se han seleccionado aquellos que tienen una mayor relevancia por su implicación en la sostenibilidad de las explotaciones, ya sea porque son importantes para alcanzar una buena rentabilidad, porque son de relevancia ambiental o porque influyen en el aspecto social de la explotación.

Tabla 1. Resumen de los principales indicadores técnicos referidos a los factores de producción.

INDICADORES REFERIDOS A LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN				
Factor	Ítems	Unidad	Referencias	Observaciones
Base territorial	Superficie total de la explotación	Hectáreas (ha)	Nahed et al. (2006) Toussaint (2002) Usai et al. (2006)	Dimensión de la explotación.
	Tipos de superficies	ha, ha/cabra o porcentaje respecto al total	Gaspar et al.(2008; 2011) Milán et al. (2006) Murgueitio et al. (2011)	Tipos de superficies: natural (monte o pasto herbáceo), cultivado (para consumo directo, para forraje o para grano), rastrojos. También se diferencian los tipos de cultivos (cereales, leguminosas...).
	Régimen de propiedad	ha o porcentaje	Ligios et al. (2004) Usai et al. (2006) Ruiz et al. (2008)	Puede ser propia, alquilada o sin contrato.
	Carga ganadera	UGM/ha; Ovejas o cabras/ha o ha/oveja o cabra	Castel et al. (2003) García et al. (2010) Riedel et al. (2007)	Disponibilidad que los animales tienen de cada tipo de superficie.
Mano de obra	Mano de obra total	Nº UTA (unidad de trabajo agrícola)	Benoit & Laignel (2004) Benyoucef et al. (2000)	Según el MAPAMA (2009) una UTA equivale al trabajo que realiza una persona a tiempo completo en un año. Una jornada parcial se computa como la mitad de una completa. Una persona nunca puede ser más de 1 UTA.
	Mano de obra familiar	% UTA familiar respecto al total	Costa et al. (2008) Madelrieux & Dedieu (2008)	Refleja el empleo propio del núcleo familiar.
	Ovejas o cabras por UTA	Nº ovejas o cabras/UTA	Natale et al. (2004) Pérez et al. (2007)	Carga ganadera que soporta la mano de obra presente en la explotación.

	Trabajo familiar: horas al año, días de vacaciones al año, días libres semana	Nº horas o días	Asheim et al. (2009) Madelrieux & Dedieu (2008)	Carga laboral de la mano de obra familiar.
	Productividad del trabajo: – UGM/UTA – Hectáreas/UTA	UGM Hectáreas	Benoit & Liagnel (2004; 2006)	Permite comparar la efectividad de las explotaciones en el manejo que sus trabajadores realizan de factores de producción limitados (base animal y superficie).
Base animal	Número total de animales	Nº animales	Morbidini et al. (2004) Ligos et al. (2004) Stefanakis et al. (2007)	Dimensión de la explotación. Suma las madres reproductoras, los machos y la cría.
	Número de madres presentes	Nº hembras presentes	Escuder et al. (2006) Jénot (2006) Chentouf et al. (2009) Ruiz et al. (2007)	Dimensión de la explotación. Definido en Ruiz et al. (2007): “todas las cabras/ovejas que tengan más de 12 meses o aquellas que siendo menores de esa edad se hayan cubierto en el año de estudio”.
	Número de hembras por macho	Nº hembras	Preston et al. (2003) Castel et al. (2006)	Indicador reproductivo.
	Número de efectivos de otras especies ganaderas	UGM	Gaspar et al. (2008) García et al. (2010)	

Tabla 2. Resumen de los principales indicadores técnicos operacionales

INDICADORES TÉCNICOS OPERACIONALES				
Manejo	Ítems	Unidad	Referencias	Observaciones
Alimentación Reproducción	Concentrado o forraje por oveja o cabra presente y año	Kg /oveja o cabra presente	Chentouf et al. (2009) Nahed et al., 2006	Mide el grado de intensificación de la explotación
	Concentrado o forraje por oveja o cabra en ordeño y día	Kilogramos/ oveja o cabra presente y día	Sánchez et al. (2006)	
	Concentrado/forraje por litro de leche producido o vendido y año	Kilogramos	Bossis et al. (2008) Ruiz et al. (2009)	Eficiencia alimentaria
	Concentrado o forraje comprado por oveja o cabra y año	Kilogramos	Natale et al. (2004)	Autosuficiencia alimentaria
	Porcentaje de necesidades en Energía Neta (%NEN) cubiertas por el pastoreo	Porcentaje	Chentouf et al. (2009) Deléglise et al. (2015)	Diferencia entre los requerimientos de EN anuales del rebaño y el aporte energético que se le ha proporcionado en el pesebre; por tanto, se estima que la diferencia corresponde a la energía que ha sido proporcionado por el pastoreo.
	%NEN obtenida del concentrado y/o del forraje	Porcentaje	Chentouf et al. (2009) Deléglise et al. (2015)	Autosuficiencia alimentaria
	%NEN cubiertas por el pastoreo en cada trimestre del año	Porcentaje	Ruiz (2012)	Manejo del pastoreo a lo largo del año
	Porcentaje de partos en el mes de más partos	Porcentaje		Estacionalidad productiva
	Número de partos al año por oveja o cabra presente	Nº partos	Siegmund-Schultze et al. (2009)	

Tabla 3. Resumen de los principales indicadores técnicos de producción

INDICADORES TÉCNICOS DE PRODUCCIÓN				
Producto	Ítems	Unidad	Referencias	Observaciones
Leche	Litros de leche vendidos por cabra presente y año o día	Litros	Nahed et al. (2006) Vanberguer et al. (2016)	Productividad, pero vinculada a la capacidad de comercialización de leche. Además, se utiliza porque en algunos sistemas se realiza lactancia natural, y es difícil medir la cantidad de leche tomada por las crías
	Porcentaje de leche vendida en el trimestre de mayor producción	Porcentaje	Heinschink et al. (2016)	Estacionalidad
	Ratio de producción		Sánchez et al. (2006) Ruiz et al. (2008)	Estacionalidad. Cociente entre la mayor producción de leche mensual o trimestral y la menor.
	Grasa y Proteína	% en un litro de leche o gramos por litro	Valdevielso et al. (2016) Vanberguer et al. (2016)	Principal indicador de calidad por su importancia en la transformación quesera. Otros indicadores de calidad en el sub-apartado 3.2.9.
Carne	Cabritos/corderos vendidos para carne por madre presente	Nº cabritos/corderos	Núñez & Moyano (2006)	
	Edad de venta	Meses o días	Stefanakis et al. (2007)	
	Peso al sacrificio	Kilogramos	Stefanakis et al. (2007)	
	Ganancia Media Diaria	Kilogramos	Morbidini et al. (2009)	Crecimiento de los animales
	Número de animales de cría	Nº corderos/cabritos	Bossis et al. (2008) Gaspar et al. (2008)	Producción de animales para vida

3.2.6.2. Indicadores económicos

El análisis de los flujos monetarios en una explotación agraria se realiza a través de un conjunto de indicadores que aportan información sobre las interacciones de la actividad agraria con el mercado de insumos y de productos finales. Estos indicadores ayudan a comprender la realidad de la explotación y ayuda a la toma de decisiones sobre aspectos económicos y monetarios. Sin embargo, la perdurabilidad y viabilidad económica de las explotaciones no sólo depende de su rentabilidad, sino que también es necesario analizar su capacidad de mantenerse estable a lo largo del tiempo, por ejemplo, a través de su capacidad de adaptación ante cambios en la política o en los mercados.

Los indicadores económicos se han dividido en cuatro apartados: ingresos, gastos y costes, resultados de rentabilidad y otros indicadores de viabilidad económica.

Ingresos

En las actividades agropecuarias, se detectan cuatro fuentes de ingresos: la venta de la producción que debería ser la principal fuente ingresos; las subvenciones, respecto a las cuales se observa una fuerte dependencia en el sector ovino y caprino, convirtiéndose en muchos casos en el principal ingreso de la explotación y siendo claves para lograr la rentabilidad de las explotaciones (Ripoll-Bosch et al., 2013); y la venta de animales para vida y de subproductos que, en el caso de este sector y de forma general, representan una escaso ingreso extra para la explotación.

- **Ventas.** El cálculo preciso de los ingresos por ventas requiere un conocimiento exhaustivo de precios y cantidades. El precio de venta de los productos ganaderos varía a lo largo del año en base a un patrón de oferta y demanda. Así, para la leche de cabra el precio es menor durante el segundo trimestre del año que es cuando, dada la estacionalidad reproductiva del caprino en nuestro país, se produce una mayor cantidad de leche, mientras que es mayor durante el tercer trimestre del año cuando la industria quesera paga mejor la leche como estrategia para asegurar un suministro constante durante el año (Mena et al., 2014b). En lo que respecta al precio del cordero y del chivo, éste aumenta en las vísperas de Navidad (MAPAMA, 2016) dada la costumbre de consumir esta carne para las fiestas, aunque es una tradición que está decreciendo. Además, en el caso del cordero balear, también hay una fuerte tradición de consumir este producto para la Pascua, por lo que también aumenta su precio en este periodo.
- **Subvenciones.** La cuestión de las subvenciones agrarias es absolutamente crucial para el cálculo de márgenes y rentabilidades. Es habitual que las explotaciones agrarias tengan varias

producciones distintas y que estas producciones tengan subvenciones asociadas. Pero, por otro lado, se reciben ayudas a la explotación que no están asociadas a ninguna producción en concreto, siendo la más importante de ellas el Pago Básico. Para este tipo de subvenciones desacopladas es necesario establecer criterios de asignación que permitan el reparto equitativo de estos ingresos entre las diferentes actividades de la explotación. Algunos ejemplos de criterios usados en este trabajo son la proporción de Unidades de Ganado Mayor (UGM) (para varias actividades ganaderas), la proporción de Superficie Agraria Útil (SAU) utilizada (para actividades agrícolas y ganaderas) o la proporción de ingresos por venta de productos de las diferentes actividades. Además de estas subvenciones, los productores reciben subvenciones de capital vinculadas normalmente a la realización de inversiones y que por efecto de la periodicidad contable no se pueden contabilizar en un solo ejercicio, sino que deben amortizarse, según la normativa fiscal, “en el mismo período que las inversiones que financian con un máximo de 10 años”. Por ello en algunos trabajos realizados (Arianda et al., 2009) la metodología elegida es la de restar las subvenciones imputadas a cada actividad de las amortizaciones.

- **Ingresos por venta de animales para vida y subproductos.** En el caso del sector ovino y caprino, la venta de animales para vida a otras explotaciones supone un escaso porcentaje de los ingresos, excepto en algunas ganaderías que destacan por su excelente genética. Como subproductos destacan la venta de lana, pelo, estiércol o piel.

El indicador más utilizado es *Ingresos totales por madre presente* (Bossis et al. 2008; Ibnelbacyr et al., 2009; Jenot, 2006; Zamfirescu et al., 2009). Aunque también se pueden utilizar otros que dan idea de la efectividad en el uso de los factores de producción como es *Ingresos totales por hectáreas de superficie agrícola* (Benoit & Laignel, 2006), por UGM o por UTA.

En el caso de la ganadería de orientación lechera, destaca el indicador *Ingresos por venta de leche por madre presente* (Morin et al., 2006b; Ruiz et al., 2009) y el *Porcentaje de los ingresos totales por venta de leche* (Ligios et al., 2004; Ruiz et al., 2009). El Precio medio anual pagado al ganadero por litro de leche también es un indicador importante en estos sistemas (Bossis et al., 2008; Castel et al., 2006; Ruiz et al., 2009). Cuando un ganadero produce leche y destina toda o parte de la leche a elaborar sus propios quesos, pueden evaluarse económicamente las dos actividades juntas o por separado. Pacheco et al. (2009) y Srou et al. (2006) utilizan el indicador *Ingresos por venta de queso por madre presente*. Srou et al. (2006) también utilizan el indicador *Ingresos por venta de leche y queso por madre presente* cuando consideran ambas actividades juntas.

Para evaluar los ingresos procedentes de la carne producida, el indicador más usado es *Ingresos por venta de carne por madre presente* (Benoit & Laignel, 2006; Ibbelbachyr et al., 2009; Iglesias et al., 2009; Pacheco et al., 2006). Ruiz et al. (2008) a su vez utilizan también como indicador el *Porcentaje de los ingresos totales por venta de carne* y Morin et al. (2006b) suman los ingresos por leche y por carne y obtienen el indicador *Ingresos totales por carne-leche por madre presente*. De forma análoga, también es importante el cálculo del indicador *Precio medio anual de venta del animal* (Chentouf et al., 2009), *del kg peso vivo* (Martínez-Cerezo et al., 2005; Castel et al., 2006) o *del kg peso canal* (Campos et al., 2017; Barba et al., 2018), según marque el mercado.

Para el resto de ingresos también se pueden calcular los indicadores cantidad de ingreso por hembra presente (*Ingresos de ayudas por cabra*, Castel et al., 2006; Núñez & Moyano, 2006; Salcedo & García Trujillo, 2006) y porcentaje que representa un ingreso determinado respecto a los ingresos totales (*Porcentaje de los ingresos totales por ayudas*, Srouf et al., 2006).

Gastos y Costes

Los conceptos de gastos y costes tienen relación pero son diferentes. Un gasto es toda compra de materiales para la producción que implica un pago o una obligación de pago. Un coste es el valor monetario de lo destruido o sacrificado en el proceso de producción. Algunos costes no implican gastos o desembolsos de dinero de forma inmediata como es el caso del coste de oportunidad del interés del capital, la amortización o la renta de la tierra en propiedad (Soler, 2007).

La metodología propuesta por la red FAO-CIHEAM (Toussaint, 2002), modificada posteriormente por Ruiz et al. (2008) para sistemas de pequeños rumiantes en pastoreo, utiliza para el análisis económico solo el concepto de gasto pues no se contemplan los costes de oportunidad ni las amortizaciones, es decir, se evalúa los flujos de caja del ganadero. Sin embargo, en otros trabajos (Arianda et al., 2009) sí se consideran los costes, como por ejemplo los costes de oportunidad de la mano de obra familiar y las amortizaciones.

Los costes se pueden clasificar, según su relación con el volumen de producción, en fijos y variables. El **coste fijo** es aquel en el que incurre la explotación, en un período de tiempo, con independencia de su producción, es decir, con independencia de que produzca mucho o poco o de que no produzca nada. Son, pues, costes estructurales. Sin embargo, hay otros costes que varían con el volumen de producción, aumentando o disminuyendo según se quiera producir más o menos. Son los **costes variables** (Serrano et al., 2001).

El **coste de oportunidad** se genera cuando dos o más procesos de producción compiten por un mismo factor de producción escaso (Alonso & Serrano, 2008). Es el beneficio que se obtendría si los recursos estuvieran invertidos en un uso alternativo. Para la economía convencional, es un coste ya que implica una renuncia a un beneficio, se “consume” o “sacrifica” un recurso. En el caso de la producción agropecuaria, los principales costes de oportunidad son el coste de oportunidad de la mano de obra familiar, es decir el sueldo que se le asignaría al productor/a (empresario) y sus familiares; el coste de oportunidad de la tierra y el coste de oportunidad del capital. Dado que el coste de la tierra y el coste del capital son conceptos difíciles de calcular y complejos de entender bajo la lógica ganadera, en esta Tesis Doctoral sólo se ha contabilizado como coste de oportunidad el de la mano de obra familiar.

Los principales gastos y costes de una explotación ganadera son:

– **Gastos/costes variables**

1. **Gastos de alimentación comprada:** Se incluyen todos los concentrados, forrajes y subproductos adquiridos fuera de la explotación.
2. **Gastos en cultivos y mejora de pastos:** la alimentación producida en la propia explotación se contabiliza a través de los inputs necesarios para producirla (semillas, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, gasoil y aceite para maquinaria agrícola, etc.).
3. **Alquiler puntual de tierras:** si la superficie es arrendada durante menos de un año o campaña se considera un coste variable, aunque alquileres de mínimo un año se consideran costes fijos.
4. **Sanidad:** servicios veterinarios (excluidos de la cuota anual) y medicamentos, vacunas y desparasitantes.
5. **Gastos en ordeño:** mantenimiento y limpieza de todo lo relacionado con el ordeño
6. **Reparaciones:** de instalaciones y maquinaria, tanto materiales como mano de obra.
7. **Gastos en transporte:** cobrados por empresas, principalmente de alimentos y animales.
8. **Préstamos de campañas:** sólo los intereses.
9. **Cuotas:** ADSG o veterinarios, sindicatos, asociaciones, cooperativas, control lechero, gestorías.
10. **Seguros:** del ganado, de los cultivos y de la maquinaria.
11. **Trabajos por terceros:** trabajos puntuales por personal ajeno a la explotación (como trabajos para los cultivos, esquileo, apoyo extra en la época de partos, etc.).

– **Gastos fijos, amortizaciones y costes de oportunidad**

12. Electricidad

13. Gasoil y otros carburantes: se excluye el gasóleo usado para maquinaria agrícola ya que se contempla como gasto variable de los cultivos.

14. Alquiler de tierras por mínimo un año: La diferencia entre lo que se paga por “alquileres puntuales” (gasto variable) y “arrendamientos” (gasto fijo) es la capacidad de gestionar e intervenir en las fincas arrendadas. En el primer caso se compra forraje en pie sin ninguna capacidad de intervenir en esas fincas. En el segundo, en las tierras arrendadas se puede sembrar, abonar, cortar, pastorear y otras prácticas culturales de interés.

15. Mano de obra contratada: salario y seguridad social de las personas asalariadas.

16. Seguridad social: propia y de la mano de obra familiar.

17. Préstamos para inversiones: sólo se recogen los intereses, no se incluye la amortización.

18. Contribuciones: Impuestos. Contribución territorial, urbana e IAE. No se incluyen los impuestos sobre beneficios (IS e IRPF) ni el IVA.

19. Pago de aparcería: En el contrato de aparcería el propietario de la explotación aporta la base territorial, el ganadero su trabajo y los gastos de producción y los ingresos generados se reparten a medias entre ambos. No obstante, este contrato depende de los acuerdos específicos en el reparto de gastos a los que se llegue entre el propietario y el ganadero. Se parte de la premisa de que el análisis de la explotación se hace para el aparcero (ganadero), de manera que el dinero que éste da al propietario de la tierra por usarla, será equivalente a un alquiler de tierras y, por tanto, será un gasto fijo más que se calcula de la siguiente forma: $\text{Ingresos por ventas}/2 - (\text{Gastos del propietario} + \text{Gastos comunes}/2)$.

– **Amortizaciones:** Se entiende por amortización la estimación contable de la pérdida de valor que experimenta un inmovilizado a lo largo de su vida útil. Ello es consecuencia de que los bienes tienen una duración normalmente limitada a un número determinado de años, o unidades de funcionamiento (ej, horas). Por ello, deben repartirse los gastos a que dan lugar (precio de compra, gastos de adquisición y otros gastos iniciales) entre los años de su vida productiva. En este caso se ha considerado una amortización a 10 años para las instalaciones y equipos y a 25 años para las construcciones.

– **Coste de oportunidad de la mano de obra familiar:** lo que habría que pagar a la mano de obra familiar si ésta tuviera un salario o, visto de otra forma, salario que la mano de obra familiar deja de ganar al no trabajar por cuenta ajena. Es difícil llegar a un consenso sobre

cuál es el salario que le corresponde a un trabajador familiar. Hay autores (Arianda et al., 2009) que creen que hay que asignarles la Renta de Referencia del año en curso dado que el/la ganadero/a realmente es un empresario/a y debe cobrar como tal. Otros autores, como investigadores integrantes del Grupo de Investigación “Tecnología de la Producción animal”, consideran que realmente este salario está muy alejado de la realidad, por lo que se ha optado por asignar el salario mínimo interprofesional estipulado por el convenio colectivo para un/a trabajador/a por cuenta ajena que desarrolle la función de mayoral (alrededor de 1000 € mensuales).

Rentabilidad

Una vez cuantificados monetariamente los ingresos y los costes, podemos obtener distintos indicadores del desempeño de las actividades agropecuarias. Estos resultados económicos pueden venir dados tal cual, pero es frecuente que posteriormente se establezca indicadores que los refieran a una unidad que sirve para estandarizar distintas explotaciones o diferentes trabajos. El factor de estandarización suele ser la unidad animal productiva (oveja o cabra), la unidad de producto (litro de leche, animal producido para cebo o kg de carne obtenida) o la unidad de trabajo (normalmente familiar).

Los principales indicadores del resultado empresarial son el Margen Bruto, la Renta Disponible, el Margen Neto y el Beneficio empresarial. Los cálculos para la obtención de estos indicadores se resumen en la Tabla 4.

- **Margen bruto (MB):** se define como la diferencia entre los ingresos y los costes variables de la actividad productiva. Por tanto el margen bruto informa sobre los resultados de una actividad en función de los costes que la condicionan de forma directa y en función del volumen de producción.
- **Renta disponible (RD):** indica el líquido percibido y se obtiene al restar al MB, además los costes fijos.
- **Margen Neto (MN):** es la diferencia entre el margen bruto y los costes fijos directos y las amortizaciones del capital fijo. Es una aproximación más precisa al beneficio ya que tiene en cuenta los costes fijos y la depreciación del capital pero no es todavía el beneficio.
- **Beneficio empresarial:** indica la viabilidad empresarial y se calcula restando al MN los costes de oportunidad, de los cuáles en la actividad ganadera solo suele considerarse el de la mano de obra familiar.

–

Tabla 4. Representación de los principales indicadores económicos

Variable	Ingresos	Costes ¹			
		Variables	Fijos	Amortizaciones	Oportunidad
Margen Bruto					
Renta Disponible					
Margen Neto					
Beneficio					

¹ Las celdas coloreadas indican qué parámetros se incluyen para el cálculo de la variable.

Otro indicador del resultado económico de la explotación que resulta interesante para comprender el funcionamiento de la explotación es el **Coste de producción** de la unidad de producto (litro de leche, animal producido para cebo o kg de carne obtenida). Se calcula dividiendo el total de costes anuales entre las unidades de producto obtenidas en el año. Para que este coste de producción sea real deben incluirse las amortizaciones y el coste de oportunidad de la mano de obra familiar (Mena et al., 2013). Se puede obtener buena información sobre la viabilidad económica de la explotación al comparar este coste de producción con el precio medio anual percibido por el producto.

Un asunto importante es la consideración o no de las subvenciones a la hora de establecer los resultados económicos. Las ayudas, en muchos casos y sobre todo en sistemas extensivos de carne, representan una elevada proporción de los ingresos y a veces coinciden prácticamente con el beneficio (Ruiz, 2012). Por ello, diversos autores han señalado la importancia de calcular estos indicadores de ambos modos (con y sin subvenciones) y de esta forma poder comparar la importancia que estas subvenciones tienen para lograr la rentabilidad (Fernández et al., 2003; Sánchez et al., 2006; Pacheco 2006).

Diferentes trabajos realizados tanto en caprino como en ovino, coinciden que en que los principales costes de una explotación son la compra de alimentación externa, seguida del coste de arrendamiento de la tierra, y que, para obtener una buena rentabilidad, la productividad es un factor clave. Ruiz et al. (2008) realizaron un análisis multivariante con explotaciones caprinas de raza Payoya de la Sierra de Cádiz obteniendo 3 grupos de explotaciones: explotaciones con poca superficie, un uso medio de alimentación externa y baja productividad; explotaciones con gran superficie y bajo uso de alimentación externa y media productividad; y explotaciones de gran superficie, pero mayor uso de alimentación externa y alta productividad, siendo este último grupo el que obtuvo mayor MN/UTA. En Ruiz et al. (2009) se realizó también un análisis multivariante con explotaciones caprinas de España (Andalucía), Italia (Cerdeña) y Francia

(Languedoc-Roussillo y Provence-Alps-Cote d'Azur), en el que las explotaciones se agruparon en 4 grupos en función de la superficie cultivada, el tamaño del rebaño y la cantidad de forraje aportada. En este caso, las explotaciones que obtuvieron un mayor beneficio (diferencia entre los ingresos por venta de leche y el coste de alimentación) fueron las del grupo de explotaciones con aporte medio de concentrado, pero alto de forraje y con altos ingresos por venta de leche. Del mismo modo, en el trabajo realizado por Usai et al. (2006) para caprino en Cerdeña, el análisis multivariante dio similares resultados y, además, en este caso se concluyó que en las explotaciones extensivas la venta de leche tiene un menor peso respecto a la venta de carne que en las explotaciones intensivas o semi-intensivas.

En el caso del ovino de carne, esta actividad de forma habitual se combina con otras actividades ganaderas o agrícolas. Milán et al. (2003) realizaron un análisis económico de la oveja Ripollesa mediante análisis multivariante en el que se concluyó que las explotaciones con mayor beneficio de la actividad ovina eran aquellas de alto nivel de actividad ganadera y alta productividad, en comparación con explotaciones mixtas con agricultura. En Gaspar et al. (2008) se analizaron diferentes modelos productivos de dehesa, obteniendo una mayor rentabilidad las explotaciones cuya actividad principal era el cerdo ibérico, pero en las que el ovino también utiliza los pastos como base de la alimentación.

Otros indicadores económicos

Los estudios económicos y la contabilidad clásica se limitaban al cálculo de la rentabilidad para analizar la perdurabilidad de la actividad. Sin embargo, se ha visto cómo la sostenibilidad en el tiempo de cualquier actividad además debe de cumplir otros requisitos, como son la capacidad de adaptación ante cambios en la política o en los mercados (Arandia et al., 2009). En este sentido. Por ello, surgen indicadores económicos que dan respuesta a atributos concretos de la sostenibilidad en un sentido más amplio (Arandia et al., 2009; Batalla et al., 2013). Algunos ejemplos son:

- **Rentabilidad:** es el resultado económico del proceso productivo cumpliendo su objetivo si el resultado es positivo. Incluye los indicadores relativos a la contabilidad clásica. Ejemplos de indicadores: MN/UTA, Beneficio empresarial/UTA familiar, MN/cabra presente o litro vendido.
- **Autonomía:** es la capacidad de generar estrategias de adaptación a los cambios en los procesos productivos y de comercialización. La actividad no será viable si no es autosuficiente en varios aspectos como subsidios públicos, alimentación, acceso a la tierra, etc. que podría ser un riesgo externo para la finca. Ejemplos de indicadores: autonomía de subvenciones (%)

que representan los ingresos por subvenciones respecto al MN), en alimentación (gasto en alimentación comprada/UGM, % que representa el gasto en alimentación respecto al ingreso por el producto principal, % que representa el gasto en compra externa de alimentos respecto al total del gasto en alimentación), en superficie (% tierra en propiedad).

- **Estabilidad:** es estimar las expectativas de la explotación a medio y largo plazo en función del sector y de los productos que desarrolla. Se analiza la evolución en los últimos años y la predictibilidad de esa evolución a medio plazo. Ejemplos de indicadores: evolución del MN, del MB, del Beneficio empresarial.
- **Estructura de costes:** permite valorar la distribución de los costes de producción referidos a parámetros de dimensión de la explotación y conocer la aptitud para cubrir los costos incluso en situaciones menos favorables. Ejemplos de indicadores: coste de producción del producto principal, importancia de los costes con riesgo de volatilidad (alimentación, abonos, carburantes), importancia de los costes fijos (% que representan los costes fijos respecto a los ingresos).

3.2.7. Indicadores ambientales

Los indicadores agroambientales son estimadores de impacto de las prácticas agrícolas en el agroecosistema (Fernandes y Woodhouse, 2008). Al igual que los indicadores técnico-económicos, pueden ser utilizados en diferentes niveles de toma de decisiones. A nivel de granja, por ejemplo, pueden ayudar a los agricultores a adaptar sus prácticas para ser ambientalmente sostenibles, mientras que en la planificación regional más amplia o en los niveles nacionales orientan las decisiones políticas y la evaluación de sus efectos (Glenn y Pannel, 1998).

A la hora de establecer prácticas sostenibles en los sistemas agrícolas y ganaderos, estudiar y basarse en los ecosistemas naturales y su funcionamiento es una base segura para tener éxito en el futuro. En este sentido, Gliessman (2002) determina: “El principal reto en el diseño de agroecosistemas sostenibles es obtener las características de un ecosistema natural y al mismo tiempo mantener una cosecha deseable”. Este autor define también las funciones principales de los ecosistemas: flujo de energía, ciclo de nutrientes (intrínsecamente relacionado con el flujo de energía), mecanismos de regulación de poblaciones (animales y plantas) y estabilidad ante perturbaciones del sistema. Estos son, por tanto, los aspectos claves en los que medir la sostenibilidad de los agroecosistemas dado que en ellos estas funciones se encuentran alteradas en beneficio del ser humano (producción agropecuaria). En base a ello, según este autor, la agricultura sostenible debería al menos con las siguientes características:

- Tener un mínimo efecto negativo en el ambiente y no liberar sustancias tóxicas o dañinas a la atmósfera y el agua superficial o subterránea.
- Preservar y reconstruir la fertilidad del suelo, prevenir la erosión y mantener la salud ecológica del suelo.
- Usar agua en forma tal que permita la recarga de los acuíferos y su uso por parte de la población humana y otros elementos del ecosistema.
- Hacer uso de los recursos dentro del agroecosistema, incluyendo las comunidades cercanas, reemplazando los insumos externos con un mejor ciclo de nutrientes, adecuada conservación y amplio conocimiento ecológico.
- Valorar y conservar la diversidad biológica, tanto en los paisajes silvestres como en los domesticados.
- Garantizar la equidad en el acceso a las prácticas agrícolas apropiadas, al conocimiento y a la tecnología, así como permitir el control local de los recursos agrícolas.

Diferentes organismos internacionales han desarrollado listados de indicadores para analizar el estado de estas funciones en agroecosistemas, destacando las propuestas y análisis realizados por la FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations) (FAO, 2010) y por la OCDE (OCDE 1999). Sin embargo, estas listas de indicadores potenciales ofrecidos son demasiado grandes y complejas (Fernades et al., 2008) para su uso rutinario a nivel de explotación, por lo que distintos autores han ofrecido metodologías propias con las que poder realizar este tipo de análisis (Calker et al., 2005; Meul et al., 2009; Solagro, 2007; Vilain, 2008). Por su relación con esta TD, se puede destacar la propuesta metodológica realizada por Arandia et al. (2009) para vacuno de leche y su adaptación posterior de Batalla et al. (2013) para pequeños rumiantes pastorales. En esta metodología, se diferencian 7 atributos relativos a tres pautas relevantes para este análisis: 1) Análisis de recursos: Balance de energía y nutrientes; 2) Análisis de desechos: análisis de efluentes y emisiones de gases de efecto invernadero y 3) Indicadores de impacto (territorio y biodiversidad): paisaje y biodiversidad, ordenamiento territorial y ganadería y base territorial:

- **Balance de energía:** se trata de un análisis del flujo de energía (inputs-outputs) en la finca, la eficiencia y la dependencia de las fuentes de energía no renovables. En una explotación ganadera, la eficiencia energética se entiende como la capacidad de generar la máxima energía en forma de productos utilizando la menor cantidad de insumos posible (Benoit y Laigner, 2010). Tradicionalmente, los análisis energéticos sólo han contabilizado como

salidas del sistema los productos de origen animal (carne y leche). Sin embargo, para poder entender la complejidad del comportamiento energético de la ganadería pastoral, entendida como una actividad integrada en los espacios naturales y en coexistencia con la agricultura, es necesario adoptar metodologías que tengan en cuenta la producción de estiércol como output importante en estos sistemas y aspectos relacionados con las particularidades de la alimentación animal, pues consumen recursos que no compiten energéticamente con la alimentación humana.

- **Balance de nutrientes:** se basa en el análisis de los flujos de nutrientes a lo largo de la granja, teniendo como objetivo conseguir un equilibrio entre la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio que entra en el sistema a través de insumos (fertilizantes, piensos, etc.) y las salidas del sistema en forma de productos (leche, carne, etc.). Así, un uso no controlado de insumos, principalmente agrícolas, puede generar exceso de nitrógeno que destruya la calidad del suelo, contaminación de aguas subterráneas, etc. (Jarvis, 2000).
- **Análisis de efluentes:** el potencial contaminante del purín deriva, por una parte, de la contaminación química producida por compuestos nitrogenados, de fósforo, potasio, algunos metales pesados así como los compuestos orgánicos; y por otro, de la contaminación microbiana, el cual ha sido menos investigado hasta el momento actual que la primera (Burton y Turner, 2003).
- **Emisiones de gases efecto invernadero (GEI):** La huella de carbono (HC) es el indicador más utilizado para proporcionar información sobre la contribución de un producto a las emisiones de GEI. Este indicador se analizará en profundidad en un apartado específico.
- **Paisaje y biodiversidad:** El mantenimiento de la biodiversidad espontánea o cultivada, la conservación de razas autóctonas y el mantenimiento de hábitats naturales contribuyen a la coexistencia de la ganadería y el medio ambiente con efectos positivos para ambas partes.
- **Gestión de tierras:** este atributo incluye la evaluación de los usos generales de las superficies agrarias y la gestión que se realiza de las mismas, valorándose aquellas prácticas agrícolas con un menor impacto ambiental o que, incluso, tengan un impacto positivo (como es el caso de la rotación de cultivos, la asociación de cultivos, la producción de compost, etc.)
- **Ganadería y base territorial:** es necesario que se establezca un equilibrio entre el tamaño del rebaño y la superficie ocupada (carga ganadera) para mantener ambos con un manejo correcto, evitando las consecuencias negativas de un exceso de presión de pastoreo como son el sobrepastoreo o el exceso de nitrógeno.

Huella de carbono

Aunque es importante tener una visión global de todos los efectos ambientales que ejercen la ganadería, este indicador es el que se va a analizar en profundidad en esta TD dado que ha ganado gran importancia a nivel científico, político y social. Así, en las últimas décadas crece la preocupación por cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) asociadas a un producto y su relación con los diferentes modelos productivos posibles, para identificar sistemas y prácticas que hagan el mejor uso de los recursos disponibles y minimicen el posible impacto ambiental (Capper et al., 2008). Se estima que la ganadería contribuye en un 18% al total de emisiones de GEI a nivel mundial, teniendo en cuenta el uso directo e indirecto del suelo (Hristov et al., 2013). Debido a la fermentación entérica y al manejo del estiércol, el ganado rumiante es responsable de la mayor parte de estas emisiones (Zaervas y Tsiplakou, 2012), contribuyendo el sector de los pequeños rumiantes alrededor del 6,5% a este porcentaje, lo que corresponde a 475 millones de toneladas de CO₂eq. Sin embargo, estas estimaciones a menudo se basan en diferentes métodos o suposiciones, difíciles de comparar y no fáciles de obtener en la práctica debido a la falta de datos (Marino et al., 2016). También es importante destacar que la ganadería y el cambio climático interactúan en diferentes ámbitos que no siempre se tienen en cuenta en estas estimaciones: el ganado emiten gases de efecto invernadero (GEI), las prácticas agrícolas también pueden contribuir al secuestro de GEI, la ganadería puede generar productos que sustituyen a los combustibles fósiles, y los sistemas ganaderos se ven afectados por el cambio climático, son vulnerables y tendrán que adaptarse a él (Rivera-Ferré et al., 2016).

La HC se define como la cantidad total de gases de efecto invernadero producidos, de forma directa e indirectamente, en cualquier actividad humana en un marco de tiempo determinado, generalmente en un periodo de un año. La HC se expresa en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO₂ eq) que es la unidad de medición usada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono. Es decir, los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global. Los gases que se tienen en cuenta en esta determinación son el dióxido de carbono, el metano (1 t de CH₄ equivale a 24 t de CO₂) y el óxido nitroso (1 t de N₂O equivale a 298 t de CO₂ dado su potencial de calentamiento global) (PAS 2050, 2008).

La HC se calcula usando la metodología del “análisis de ciclo de vida” (ACV), también conocida como análisis “de la cuna a la tumba”, que consiste en tener en cuenta todas las etapas del ciclo productivo, es decir, mide las emisiones desde la extracción de la materia prima hasta el

producto final. De esta forma, las emisiones totales asociadas a un producto se expresan en base a una “unidad funcional” que debe ser definida, pues la elección de una unidad funcional u otra puede llevar a conclusiones radicalmente diferentes. Usar solo una unidad funcional basada en masa, que es lo que predomina en la práctica actual, no proporciona una visión equilibrada de los impactos de la intensificación productiva (A Greener World, 2016) ya que, aunque el uso de insumos sea mayor, también lo es la producción. El uso de una unidad funcional basada en superficie, además de una basada en masa, puede brindar más información sobre las consecuencias ambientales de la intensificación (Salou et al., 2017). Así, los resultados de HC expresados de acuerdo a medidas de eficiencia productiva son relevantes para las medidas financieras y de rendimiento, pero medidas absolutas o medidas expresadas en unidad de superficie son importantes para abordar el uso racional de los recursos comunes de cara a mitigar las emisiones de GEI (Rivera-Ferre et al., 2016).

Diferentes estudios previos brindan información sobre las emisiones de GEI del ganado y su relación con los diferentes sistemas de manejo, principalmente en lo referido al manejo alimentario. Algunos trabajos comparan sistemas extensivos con sistemas estabulados (Robertson et al., 2015; Rotz et al., 2010), otros comparan sistemas convencionales con sistemas ecológicos (Buratti et al., 2017; Cederberg y Mattsson, 2000; Haas et al., 2001; Iepema & Pijnenburg, 2001) y otros estudios comparan sistemas pastorales con bajo uso de insumo con otros sistemas que, aun siendo pastorales, realizan un importante uso de insumos externos (de Figueiredo et al., 2017; Ripoll-Bosch et al., 2013). Las conclusiones alcanzadas en estos trabajos son muy diversas debido a las diferencias en el contexto productivo y las diferencias en las metodologías empleadas. Pero, de forma general, existe cierto acuerdo sobre el hecho de que los sistemas más productivos tienen menores emisiones de carbono que los menos productivos, que en general son menos intensificados. Esto ocurre por tres razones principales:

- 1) Como se ha dicho, normalmente el indicador HC se expresa usando como unidad funcional (UF) la unidad de producto (kg de carne o de leche) (Batalla et al., 2015; Pardo et al., 2016; Salou et al., 2017)
- 2) La principal fuente de emisiones en la ganadería es el metano procedente de la fermentación entérica (Buratti et al., 2017; Zervas y Tsiplakou, 2012) y los sistemas más extensivos producen una mayor cantidad de metano, ya que la dieta de estos animales en pastoreo está compuesta básicamente por alimentos fibrosos (Hegarty et al. al. 2010, Desjardins et al. 2016).
- 3) El secuestro de carbono generalmente no es tenido en cuenta y, cuando se hace, no siempre es medido de manera adecuada. Sin embargo, dicho secuestro es de gran importancia a la hora

de diseñar estrategias de mitigación en los sistemas pastorales (Booker et al., 2013; Buratti et al., 2017; McDermot & Elavarthi, 2015; Stanley et al., 2018; Wang et al., 2015).

Por tanto, el definir una adecuada metodología de análisis de las emisiones es fundamental para obtener resultados reales que permitan diseñar estrategias de mitigación. Además, cuestiones como que no sólo la cantidad sino también la calidad de los recursos utilizados por la ganadería son importantes en la medición del impacto ambiental y que deben ser tomados en cuenta en la lucha contra el cambio climático (Rivera-Ferre & López-i-Gelats 2012; Rivera-Ferre et al., 2016). Por ejemplo, no es lo mismo usar grano comestible por el ser humano para alimentar animales, que usar desechos y pastos de tierras marginales, o que existen otros costos ambientales y sociales derivados de la intensificación de la ganadería. Sin embargo, son los trabajos que analizan la HC de Carbono en pequeños rumiantes son escasos, no mantienen una misma metodología y no se centran en la ganadería pastoral que aprovecha los recursos naturales. Así, por ejemplo, Pardo et al. (2016) analizaron la HC para caprino en el Sur de España usando como UF 1 kg FPCM con corrección a leche de oveja, pero sin incluir el secuestro de carbono, siendo la HC media de 2.6 kg CO₂ e/kg FPCM. Robertson et al., 2015 calcularon la HC en caprino en Nueva Zelanda, tampoco incluyeron en su metodología el secuestro de carbono y utilizaron como UF 1 kg FPCM de acuerdo al contenido en grasa y proteína de vaca y 1 ha de superficie, obteniendo emisiones mayores en los sistemas extensivos con la primera unidad (1,03 kg CO₂ e/kg FPCM), pero menores con la segunda (5,38 kg CO₂ e/ha) en comparación con los sistemas intensivos (0,81 kg CO₂ e/kg FPCM y 11,05 kg CO₂ e/ha). Batalla et al. (2015) analizaron la HC en explotaciones de ovino del norte de España usando como UF 1 kg FPCM con corrección a leche de oveja, con y sin incluir el secuestro de carbono, siendo los resultados de HC entre un 3% y un 41% (usando la metodología de Petersen et al., 2013) menores al incluir el secuestro.

Hay que destacar que no existen trabajos en los que se analicen las emisiones de GEI en pequeños rumiantes pastorales, teniendo en cuenta el secuestro de carbono de los pastos y comparando diferentes metodologías en función de distintas unidades funcionales.

3.2.8. Indicadores sociales

Desde el punto de vista social, la ganadería cumple una doble función: una función socio-económica, al constituir un medio para la formación de empresas y empleo (Ruiz et al., 2011), y una función socio-cultural, pues favorece el asentamiento de la población en el medio rural (Tudisco et al., 2010) y, con ello, la cohesión del territorio, además de conservar inter-generacionalmente el conocimiento tradicional (Gibon et al., 2005). Se reconoce el papel importante que desempeña la agricultura familiar en la preservación de las tradiciones, la

cultura y el paisaje rural, se ve a menudo como una profesión que va más allá del ámbito profesional, ya que refleja un estilo de vida basado en creencias y tradiciones sobre la vida y el trabajo (CE, 2013). Pese a la importancia social de la ganadería, la sostenibilidad social o sociocultural ha sido menos estudiada que la económica o la ambiental, aunque merece prestarle mayor atención, especialmente teniendo en cuenta las crecientes demandas de los ciudadanos en estos términos (Boogaard et al., 2011; Ruiz et al., 2009).

La sostenibilidad social se ha abordado desde dos dimensiones diferentes (Batalla et al., 2013; Guillaumin et al., 2007; Lebacqz et al., 2013 van Calker et al., 2007;): (1) dimensión interna o a nivel de explotación, que tiene en cuenta el trabajo en el campo y (2) dimensión externa o a nivel de la sociedad, que tiene en cuenta la percepción de la sociedad de la actividad agrícola. La sostenibilidad interna se refiere a la calidad de vida y las condiciones de trabajo de los agricultores y están, por tanto, relacionados con el bienestar del agricultor y su familia. La sostenibilidad social externa tiene relación con la visión que la sociedad tiene de las explotaciones agrícolas y de sus prácticas agrícolas, están relacionados con las demandas de la sociedad, en función de sus valores y preocupaciones.

La elección de indicadores sociales resulta especialmente problemática por la dificultad de consensuar los aspectos socialmente deseables de un sistema agrario, dado su carácter subjetivo, pues está influenciado por el contexto social y cultural en el que encuentra el sistema (Boogaard et al., 2011), por la mayor carga ideológica que se asocia a este tipo de indicadores en comparación con los económicos o ambientales, por las diferencias en la percepción de la sostenibilidad social entre los productores y otros grupos sociales (van Calker et al., 2007; Boogaard et al., 2011) y por su difícil cuantificación dada una disponibilidad limitada de datos (Batalla et al., 2013; Astier et al., 2008; Lebacqz et al., 2013). Los indicadores sociales pueden ser cualitativos o cuantitativos (Herrera et al., 2016; Lebacqz et al., 2013). Los indicadores cualitativos consisten en autoevaluaciones por parte del agricultor, por ejemplo, sobre su calidad de vida (Vilain, 2008), aunque también pueden ser evaluaciones por parte de los técnicos que recogen la información (Batalla et al., 2013). Los indicadores cuantitativos incluyen tanto datos brutos como indicadores simples e indicadores compuestos, es decir, datos o indicadores agregados.

Si comparamos algunas metodologías propuestas por diferentes autores para analizar la sostenibilidad social, encontramos ciertas semejanzas entre ellas. Por ejemplo, cabe destacar la importancia que se le da a la continuidad de la actividad. Así, la metodología MESMIS (Astier et al., 2008) establece los indicadores *amenazas a la continuidad* (días de batidas, miembros que trabajan fuera, ingresos externos/ingresos totales) y *continuidad potencial* (edad, continuidad a los 15 años, grado de asesoramiento) que pertenecen al atributo estabilidad, confiabilidad y

resiliencia. Del mismo modo, Ruiz et al. (2009) para ganado caprino establecen como indicador compuesto la *continuidad de la actividad*, constituido por los siguientes indicadores agregados: continuidad de la explotación en el mediano plazo, edad del productor, régimen de tenencia de la tierra y de la explotación, grado de adaptación a los cambios en el sector (innovaciones institucionales y tecnológicas) y formación del productor. También Batalla et al. (2013) establecen como atributos, temas o indicadores agregados las *características del empleo* (grado de profesionalidad, índice de feminización, edad, % de trabajadores menores de 40 años, economía social y continuidad) y el atributo *generación de empleo* (ocupación del territorio, activos por unidad de trabajo familiar, dependencia de la subvenciones y litros de leche necesarios para alcanzar la renta de referencia), ambos muy relacionados con las posibilidades de continuar con la actividad.

Otro de los indicadores que se usa con gran frecuencia es la *calidad de vida y/o de trabajo del ganadero/a y su familia*. Así, la metodología MESMIS (Astier et al., 2008) establece como indicadores la *equidad interna* (MN/UTA, MN/hora, vacaciones y grado de satisfacción) y la *equidad externa* (personas contratadas, gasoil por oveja, etc.). González de Miguel et al. (2009) también establece como indicador la *valorización del trabajo del agricultor y la mejora de su calidad de vida*. Del mismo modo, Ruiz et al. (2009) establecen como indicador el *bienestar social* que está compuesto, por una parte, por el *bienestar en el trabajo* (percepción que el agricultor tiene sobre su trabajo, percepción de sus ingresos, posibilidad de tener tiempo libre, duración de la jornada laboral y razones por las que se convirtió en agricultor) y, por otra parte, por otros indicadores que justifican la *calidad de vida* (dificultad de acceso y la distancia a la explotación, cooperación con otros agricultores, acceso a servicios agrícolas y ganaderos y el grado de satisfacción con estos y acceso a otros servicios sociales). Batalla et al. (2013) dividen este indicador en dos temas o indicadores agregados, evaluándose de forma separada la *calidad del trabajo* (autonomía en la adquisición de alimentos para el ganado, autonomía en la elección de técnicas y modos de producción, autonomía en la comercialización de los productos y otros indicadores referidos a la dureza del trabajo como si se realizan o no tareas de esfuerzo, si dispone de la maquinaria suficiente o si el productor ha tenido accidentes graves o problemas músculo-esqueléticos) y la *calidad de vida* (si el productor dispone de tiempo libre, si puede participar en actividades de formación, el número de días libres a la semana y de vacaciones al año y la valoración subjetiva por parte del productor de su calidad de vida).

En cuanto a los indicadores externos, cabe destacar la importancia que en el análisis social se le da a la calidad de los productos de origen animal y a la conservación del entorno (Lebaq et al., 2013). Así, González de Miguel et al. (2009) establecen como indicadores sociales la *producción*

de fuentes no económicas de bienestar y el grado de calidad de las producciones en relación con la salud. Batalla et al. (2013) establecen un tema o indicador agregado específico para la *calidad de los productos* y el *acercamiento a los consumidores*, constituido a su vez por los indicadores individuales: calidad higiénico-sanitaria de la leche, producción ecológica certificada, otras certificaciones de calidad, utilización de piensos libres de OGM, realización de actividades complementarias y modo de comercialización. Del mismo modo, estos mismos autores establecen un tema o indicador agregado específico para la *conservación o valoración del entorno* basado en los subtemas: 1) *Movimientos del ganado* (realización de trashumancia o transtermitancia, aprovechamiento de Parque Natural o de pastos comunales, realización de pastoreo); 2) *Valoración del entorno* (grado de cromatismo o diversidad visual del paisaje, utilización de recursos del entorno para otros usos como plantas medicinales o para elaborar utensilios y grado de cuidado general del entorno); 3) *Razas* (razas en peligro de extinción y razas autóctonas).

3.2.9. Indicadores de calidad de los productos de origen animal

Actualmente existe un creciente interés por productos de origen animal provenientes de sistemas pastorales que son percibidos, tanto por los consumidores como por los propios productores, como productos de alta calidad que además son respetuosos con el medio ambiente (Riedel et al., 2007). Son muchos los trabajos que han demostrado la mayor calidad en relación a la salud humana tanto de la leche y productos lácteos (Álvarez et al. 2007; Fedele et al., 2004; Marques & Belo, 2001; Sales-Duval et al., 2003 Valdivielso et al., 2016) como la carne (Campos et al., 2017; Díaz et al., 2003; Nardone & Valfrè, 1999; Santos-Silva et al. 2002, Urrutia et al., 2016) de pequeños rumiantes cuya alimentación está basada en el pastoreo, frente a los que están estabulados, lo que debe ser aprovechado por los productores para diferenciar sus productos en el mercado, pudiendo alcanzar un mayor beneficio.

Como se ha visto en el apartado anterior, son varios los autores que incluyen la calidad de los productos (González de Miguel et al. 2009; García Martínez et al., 2008; Lebaq et al., 2013) dentro de los indicadores sociales, ya que se consideran dentro de la dimensión social externa al dar respuesta a las demandas de la sociedad. Sin embargo, dada la importancia que estos indicadores tienen como estrategia para poder conservar los sistemas ganaderos pastorales, estos indicadores se van a analizar de manera más detallada, centrando dicho análisis en la calidad de la leche de cabra y de la canal y carne de cordero, pues son los productos obtenidos en los modelos de sistemas estudiados en esta TD.

3.2.9.1. Indicadores de calidad de la leche de cabra

La calidad de la leche cruda se puede contemplar bajo diferentes características según los parámetros a los que se esté refiriendo. Así se puede hacer referencia a una calidad composicional (composición química), una calidad higiénica (contenido en gérmenes y células somáticas totales, RCS, y ausencia de sustancias químicas indeseables), una calidad sanitaria (ausencia de enfermedades en los animales en ordeño), una calidad organoléptica (ausencia de impurezas, malos olores y sabores) y una calidad funcional (presencia de compuestos con beneficios para la salud humana) (López y Barriga, 2016). Sin embargo, el pago de la leche actualmente se está realizando exclusivamente en función del contenido de proteínas y grasas y de la calidad higiénico-sanitaria (Pirisi et al., 2007). En el Real Decreto 319/2015, de 24 de abril, sobre declaraciones obligatorias a efectuar por primeros compradores y productores de leche y productos lácteos de vaca, oveja y cabra, sólo establece como obligatorio en la declaración mensual para compradores de leche de cabra, declarar el contenido en extracto seco quesero (grasa + proteína), dando por supuesto que se cumplen las premisas legales sobre calidad higiénico-sanitaria.

Los sistemas de pago por calidad para la leche de pequeños rumiantes se aplican solo en algunos países europeos, particularmente donde el sector está bien desarrollado (Francia, España, Italia, Grecia, Portugal, Noruega y los Países Bajos). En estos sistemas el precio básico se determina para la leche de calidad estándar, teniendo en cuenta una serie de parámetros (grasa, proteína y bacteriología), los cuales se utilizan como base para aplicar una bonificación o una penalización económica en función del mayor o menor contenido en estos parámetros respecto a la calidad estándar (Pirisi et al., 2007). Sin embargo, el creciente interés por producir alimentos que proporcionan beneficios para la salud humana hace que el concepto de calidad vaya evolucionando y que cada vez se tenga más en cuenta la calidad funcional (García et al., 2014).

a) Calidad composicional

La calidad composicional hace referencia a las características fisicoquímicas de la leche. El contenido de sólidos totales, proteína y grasa, constituyen los principales indicadores de la calidad composicional y se expresan en tanto por ciento en peso. Por ejemplo, en la cabra Payoya los contenidos promedios de grasa y proteína son de 4,2% y 3,5%, para cabras de primer parto, y de 4,2% y 3,6% para cabras con al menos dos lactaciones (ACAPA, 2018). Actualmente, es el sistema de pago elegido por los compradores de leche cruda, utilizándose como unidad de pago el precio por grado (precio por cada punto porcentual de extracto seco quesero, ESQ, referido a un litro de leche) o el precio por hectogrado (precio por cada punto porcentual de ESQ referido a 100 litros de leche). Un contenido adecuado de proteína y grasa en la leche

utilizada como materia prima para la fabricación de queso, es de particular importancia para definir su calidad química, ya que tiene un efecto determinante sobre el rendimiento quesero. No existen regulaciones oficiales sobre el contenido de grasa y proteína, siendo las propias industrias regionales las que establecen sus especificaciones (calidad estándar y bonificaciones o penalizaciones) de acuerdo con las condiciones y necesidades del mercado.

Además de estos, ciertos parámetros físicos y químicos también se están incorporando como indicadores de calidad. Así por ejemplo, el punto de congelación, que permite identificar el fraude debido a la adición de agua a la leche (Antunac et al., 2001; Brathen, 1983), el valor de pH, que se puede utilizar como un indicador de la calidad higiénica de la leche o el contenido en lactosa, que favorece la absorción del calcio, el magnesio y el fósforo y la utilización de la vitamina D (Park et al., 2007). La lipólisis, que corresponde a la hidrólisis enzimática de la grasa, es otro criterio utilizado a veces como indicador de la calidad organoléptica de la leche de cabra pues provoca defectos en el sabor y olor de la leche y el queso (Morgan et al., 2001).

b) Calidad higiénico-sanitaria

La calidad higiénica hace referencia al grado de salubridad de la leche y a la ausencia de sustancias químicas indeseables en las fases de ordeño, almacenamiento, transporte y, en su caso, transformación de la leche. En pequeños rumiantes, el recuento total de bacterias constituye el principal indicador de la calidad higiénica y se refiere a la cantidad de microorganismos aeróbicos que se desarrollan a una temperatura de 30 °C, expresándose en unidades formadoras de colonia (López y Barriga, 2016). El contenido de gérmenes totales a 30 °C por mililitro de la leche cruda debe ser $\leq 1.500.000$, y ≤ 500.000 si la leche va destinada a la fabricación de productos mediante un proceso que no implique ningún tratamiento térmico (Reglamento 853/2004). El control de calidad microbiológico de la leche es una tarea delicada dada la gran variedad de condiciones que influyen en este parámetro, como la falta de máquinas de ordeño y tanques de refrigeración en la granja o el transporte de leche en vehículos inadecuados (Piresi et al., 2007).

Para conseguir una adecuada calidad sanitaria es imprescindible mantener al ganado libre de enfermedades. En concreto, es necesario llevar un control exhaustivo de la mastitis subclínica, así como mantener el ganado libre de enfermedades zoonóticas como la brucelosis y la tuberculosis. La mastitis produce una alteración de la cantidad y composición de la leche, repercutiendo negativamente sobre el ganadero en el precio de venta de la leche y originando bajos rendimientos y generando, en la industria de transformación, productos inestables y de baja calidad.

En el caso de la cabra y de la oveja no se encuentra legislado el valor umbral de células somáticas, no obstante, se recomienda que este contenido sea menor de 800.000-1.000.000 células/ml (López y Barriga, 2016). El nivel de células somáticas en leche de animales sin mastitis es muy variable y está influenciado por muchas variables extrínsecas e intrínsecas de los animales. Es particularmente alto en el período calostroal y al final de la lactación, pero puede estar influenciado por varios factores tales como la edad del animal, su nivel de producción, el estrés, el estado sanitario del animal, etc.

Para considerar una leche con calidad higiénica, además de cumplir con los criterios microbiológicos, debe estar exenta de contaminación por antibióticos, antisépticos, pesticidas, metales, sustancias indeseables y todo fenómeno de lipólisis y proteólisis (alteración de las grasas y proteínas) provocado por dicha contaminación.

Factores que afectan a la composición química y el estado higiénico-sanitario de la leche

- **Fase de lactación**

El contenido en grasa y proteína de la leche varía a lo largo de la lactación debido al denominado efecto de dilución (al aumentar la producción, disminuye el contenido proporcional en sólidos). Así, el contenido de grasa y proteína es alto en los primeros calostros, al principio de la lactación, mucho menor cuando llegan al pico de producción de leche y luego aumentan nuevamente a medida que baja la producción (Goetsch et al., 2011; Haenlein, 1996; Zeng et al., 2008) dándose, por tanto, una relación inversa entre los niveles de producción de leche y el contenido de grasa (Haenlein, 1996).

El RCS en leche es particularmente alto en el período calostroal y aumenta progresivamente a medida que progresa la lactación (Zeng et al., 2008; Delgado-Pertiñez et al., 2003; Gomes et al. 2005), de modo que la producción de leche (kg / día) tiene una correlación negativa con el número de células somáticas (Cosci et al., 2012).

- **Manejo alimentario**

Tanto el nivel de concentrados en la dieta como la naturaleza específica de los concentrados y de los forrajes tienen efecto sobre la producción de leche y su composición (Galina et al., 2007; Morand-Fehr et al., 2007). Por lo general, el aumento en el aporte de concentrado debería aumentar la producción láctea, sin embargo, se ha demostrado que este hecho está influenciado por la calidad del forraje que a su vez sea suministrado. Así, una baja calidad de forraje produce una alta movilización de tejidos, provocando una disminución de la producción láctea en el momento, así como una disminución del pico de producción (Goetsch et al., 2011). En el estudio

de Álvarez et al. (2007), se suministraron 2 dietas con distinta cantidad de concentrado y diferentes forrajes: una dieta con un 65% de concentrado y paja, y otra dieta con un 35% de concentrado, pero con forraje de alta calidad (alfalfa en pellet, heno de cebada, planta de sal, vinagrera), siendo los niveles de grasa en la leche mayores para la dieta con 35% de concentrado.

En sistemas intensivos, se ha demostrado cómo un alto nivel de ingesta de forrajes de alto valor nutritivo o un alto suministro de concentrados permite la producción de leche rica en proteínas y relativamente baja en grasa (Chillard y Ferlay, 2004). Sin embargo, si el forraje no es de calidad, una ingesta de concentrados superior al 60% hace que el contenido de grasa disminuya rápidamente debido a la escasez de fibra en la dieta (Morand-Fehr et al., 2007; Ngwa et al., 2009).

Cuando se comparan sistemas basados en pastoreo y sistemas estabulados, los componentes de la leche (grasa, proteína, lactosa) parecen estar bastante menos influenciados por el tipo de sistema que por el nivel de producción de leche de los animales. Así, la producción de leche depende del nivel de ingesta, el contenido en grasa varía de manera inversamente proporcional a la producción debido al efecto indirecto de dilución, mientras que el contenido de proteína varía, en general, de manera proporcional a la producción de leche (Min et al., 2005).

En pastos naturales, diferentes estudios de caprino en pastoreo (Claps et al., 2003; Fedele et al., 2004; Marques & Belo, 2001) muestran que un aumento de la ingesta y, por tanto, de energía, mejora la producción de leche y, en menor medida, la composición de la leche solamente si el potencial genético para la producción de leche de la raza usada lo permite. El tiempo de pastoreo diario puede modificar directamente el nivel de ingesta (en especial si el suministro de concentrado es limitado) aumentando la producción de leche, e indirectamente modificando el contenido de grasa y proteína por efectos de dilución. Sin embargo, un tiempo de pastoreo diario muy largo no induce sistemáticamente un aumento en el nivel de ingesta, aunque el contenido de grasa de la leche de cabra puede aumentar (Sales-Duval et al., 2003). La producción de leche de cabra y su contenido de grasa puede aumentar cuando el pasto natural se encuentra en una etapa de crecimiento temprano (Le Frileux et al., 2000), sin embargo, cuando su contenido en fibra es mayor el contenido en grasa disminuye (Agabriel et al., 2001). La composición de la leche se ve influenciada también por el tipo de pasto natural. Al comparar sistemas pastorales caprinos en pasto natural en llanura, en colinas y en montaña, se encontró una producción de leche ligeramente menor en los pastos de montaña, pero los contenidos de grasa y proteínas fueron más altos (Morand-Fehr et al., 2007). En el pasto cultivado, el tipo de especies de forraje, la etapa vegetativa, la estación y la carga animal pueden modificar la

composición y la calidad de la leche (Sales-Duval et al., 2003; Pirisi et al., 2002; Cabiddu et al., 2005).

En lo que respecta al RCS, Fedele et al. (1996) encontraron que cuando las cabras son alimentadas solo con pasto (sin suplementación) los valores de RCS son ligeramente menores que cuando son suplementados con concentrados energéticos (como la cebada), mientras que se obtienen conteos mucho más altos cuando se complementa con un concentrado de proteína. Perrin & Baudry (1993) indican que el trauma puntual de las ubres durante el pastoreo podría conducir a aumentos en el RCS en ausencia de infección intramamaria.

c) Calidad funcional

La calidad funcional hace referencia a la presencia en la leche de ciertos compuestos que resultan beneficiosos para la salud del consumidor, como una medida adicional de prevención en salud pública y calidad de vida. Según el International Life Science Institut (ILSI) Europa, un alimento puede ser considerado funcional cuando se demuestra que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas del organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, lo que resulta relevante para la mejoría de la salud y el bienestar, o para la reducción del riesgo de enfermar (Young, 1996, Diplock et al., 1999). En el proyecto de la UE referido a la Acción Concertada sobre Ciencia de los Alimentos Funcionales en Europa (FUFOS, 1999) los alimentos funcionales deben presentarse en forma de alimentos ordinarios (es decir, no como píldoras o cápsulas) y que se consuman como parte de una dieta normal (es decir, no como elementos muy ocasionales vinculados a síntomas específicos). De acuerdo a su definición, los alimentos funcionales se pueden clasificar en dos categorías principales: aquellos que apuntan a mejorar las funciones fisiológicas, y aquellos que apuntan a reducir el riesgo de patologías específicas. En ambos casos, debe seguir siendo alimento, y debe demostrar sus efectos en cantidades normalmente esperadas para ser consumidas en la dieta (Diplock et al., 1999). Se han identificado diversos componentes de los alimentos que resultan saludables como vitaminas (ácido fólico, B6, B12, D, K), minerales (Ca, Mg, Zn, Se), antioxidantes (vitamina E, vitamina C, carotenoides, flavonoides, polifenoles) o ácidos grasos (ácidos grasos omega-3, ácido linoleico conjugado o CLA).

Este beneficio para la salud supone un valor añadido de ese alimento. Los consumidores europeos cada vez muestran mayor interés en los alimentos funcionales, pero el grado de confianza en el uso de dichos productos parece suponer el mayor límite para un uso más amplio (Fogliano & Vitaglione, 2005). Con el fin de proteger a los consumidores europeos de declaraciones falsas o engañosas de productos alimenticios industriales y garantizarles la eficacia y seguridad del producto, la Comisión Europea regularizó la comercialización de estos

alimentos funcionales (CE No. 1924/2006), siendo fundamental que haya estudios científicos que avalen la calidad funcional de dichos productos alimenticios. Sin embargo, en productos de origen animal, y principalmente, en pequeños rumiantes la literatura científica existente al respecto es escasa, sobre todo en sistemas basados en el uso del pastoreo.

La leche de cabra, en concreto, posee propiedades únicas para la salud humana. Los glóbulos grasos son más pequeños que los de la leche de vaca y esta es una de las razones por las cuales su digestión es más fácil y su metabolismo lipídico es más eficiente (Park et al., 2007). Además, la leche de cabra tiene el mayor porcentaje de ácidos grasos (AG) de cadena corta y media (C6-C14) que son útiles para el tratamiento de diversas dolencias (por ejemplo, síndrome de malabsorción, trastornos intestinales, enfermedades coronarias y fibrosis quística) y tienen capacidades metabólicas únicas para proporcionar energía y, al mismo tiempo, disminuir, inhibir y disolver los depósitos de colesterol (Kondyli et al., 2007). Varios estudios han demostrado que la leche procedente de sistemas caprinos pastorales tienen un mayor contenido de AG poliinsaturados (PUFA), como el ácido trans-vacénico (VA), ácido linoleico (LA) y α -linolénico (α -LNA) que la procedente de sistemas estabulados (Morand Fehr et al., 2007; Tsiplakou et al., 2010; Tudisco et al., 2010).

Otro grupo de PUFA de interés para la salud humana son los ácidos grasos n-3 pues se ha demostrado que intervienen en la prevención de enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes tipo 2, artritis reumatoide y algunas otras enfermedades. Las recomendaciones actuales indican que la dieta debe tener una relación de AG n-6/n-3 óptima de 2,0-2,5 (OMS, 2010), pero la mayoría de los productos alimenticios humanos tienen una relación más cercana a 5,0-10,0 (MacRae et al., 2005). Diferentes investigaciones ponen de manifiesto mejoras sustanciales de la relación n-6/n-3 PUFA en los lípidos de animales alimentados con pastos o forrajes frescos en comparación con dietas basadas en concentrados (Demirel et al., 2006; Fisher et al., 2000; Nuernberg et al., 2008; Santos-Silva et al., 2002). Esto es debido a que el perfil de ácidos grasos de la dieta influye en la composición de ácidos grasos de la grasa de los rumiantes, el pasto contiene altos niveles de C18:3 (ácido graso linolénico) precursor de los ácidos grasos n-3, mientras que el alimento concentrado es rico en C18:2 (ácido linoleico) precursor de los ácidos grasos n-6 (Díaz et al., 2003).

Destacar también la importancia de la presencia del ácido linoleico conjugado (CLA) en los productos obtenidos de los rumiantes por sus efectos positivos para la salud. En particular, se sugiere que tiene propiedades inmunomoduladoras, anticancerígenas, antidiabéticas, y combate la arterioesclerosis (Pastuschenko et al., 2000; Whigham et al., 2000) dada su capacidad para modular los mecanismos inflamatorios a nivel de la transcripción de la molécula

de adhesión en las células endoteliales (Collomb et al., 2006). El CLA es particularmente importante en los productos de rumiantes, pues se forma principalmente (también existe una formación endógena minoritaria) como un metabolito intermediario durante la fermentación ruminal gracias al proceso de biohidrogenación del ácido linoleico (C18: 2) a ácido esteárico (C18: 0) (Wood et al., 2008). El proceso se inicia con la isomerización del ácido linoleico que da como resultado el ácido ruménico (RA; cis-9 trans-11 CLA), isómero mayoritario del CLA, que a continuación sufre una rápida hidrogenación del enlace cis-9 para formar ácido vacénico (VA; trans-11 C18:1), el cual se transformará de forma más lenta a ácido esteárico (C18: 0). A nivel de duodeno, los isómeros son absorbidos llegando a la glándula mamaria y pasando a la leche como tal, siendo el RA el isómero presente en mayor cantidad y con más efectos positivos para la salud. La dieta que reciben los animales (en especial los lípidos que contiene) es el principal factor que determina el contenido de CLA y VA de la grasa de la leche. Además, cuando un rumiante consume un exceso de cereal en su dieta, el pH del rumen disminuye (se vuelve más ácido) y disminuye la población de la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens*, que interviene en el proceso de formación, obteniéndose, por tanto, una menor concentración de CLA en la carne y la leche del animal (Smit et al., 2010). Diferentes estudios con otras especies animales han mostrado un mayor contenido en la leche procedente de sistemas pastorales que en animales estabulados (Bergamo et al., 2003 en leche de búfala; Butler et al., 2008 en leche de vaca; Tsiplakou et al., 2010 en leche de oveja). En la leche de cabra, en concreto, Tudisco et al., (2010) encontraron un mayor contenido de CLA en sistemas caprinos ecológicos y, por definición, sistemas basados en el uso de los recursos naturales, que en sistemas convencionales. Así mismo, en trabajos realizados en animales con alto consumo pasto herbáceo (D'Urso et al., 2008; Butler et al., 2008; Pajor et al., 2009) se encontró un mayor contenido en CLA en la leche que en animales con bajo consumo de hierba o estabulados. Sin embargo, en trabajos recientes con animales cuya alimentación está basada en el consumo de matorrales mediterráneos (Tsiplakou et al., 2006; Mancilla-Leyton et al., 2013) no se halló un mayor contenido que en animales estabulados, lo cual puede ser debido al alto contenido en taninos de esta vegetación y que tienen un efecto negativo sobre la biohidrogenación ruminal (Vasta et al., 2009; 2010).

Por otro lado, la grasa de la leche de cabra representa una buena fuente de vitaminas, como el tocoferol o el retinol, que ejercen su actividad antioxidante tanto en los tejidos biológicos como en los alimentos (Bergamo et al., 2003) y actúan sobre procesos tan importantes como el crecimiento y la diferenciación celular, la reproducción, el mantenimiento del sistema inmune o la visión (Álvarez et al., 2014). Los mamíferos no pueden sintetizar vitamina A (retinol) y E (α -tocopherol), por lo que la dieta les debe proporcionar estas vitaminas. Los carotenoides que son

provitamina A (principalmente β -caroteno) y tocoferoles son abundantes en los pastos frescos y forrajes, mientras que los alimentos concentrados tienden a presentar niveles muy bajos de estos compuestos (Dunne et al., 2009). Así, diferentes estudios publicados sobre el contenido en antioxidantes liposolubles de la leche han demostrado un mayor contenido de vitaminas A y E en la leche de animales cuyo manejo está basado en el pastoreo (Kondyli et al., 2007; Morand-Fehr et al., 2007; Valdivieso et al., 2015, 2016).

Además de la fuerte influencia que tiene el sistema de alimentación sobre la calidad funcional de la leche, diferentes autores (Chilliard & Ferlay, 2004; Lucas et al., 2008; Soryal et al., 2005; Strzałkowska et al., 2009) también encontraron que el perfil de AG de la leche de cabra varía en función del porcentaje de grasa del concentrado, de la naturaleza del forraje, de la fase de lactación y de la producción.

Los trabajos realizados en sistemas caprinos pastorales mediterráneos, cuya alimentación está basada en la ingesta de vegetación arbustiva y forrajes leñosos, y su efecto sobre la producción de leche y la composición de grasa son escasos. Además, principalmente se han llevado a cabo sobre pequeños rebaños experimentales, durante poco tiempo y en condiciones contraladas, donde no se puede apreciar la interacción de factores como el manejo alimentario, la fase de lactación o la estacionalidad (Tsiplakou et al., 2006; Valdivielso et al., 2015). Por lo tanto, la aplicabilidad de estos resultados experimentales para modificar la composición de la leche en las granjas comerciales no puede ser bien establecida, siendo éste uno de los objetivos principales de esta TD.

3.2.9.2. Indicadores de calidad de la canal y de la carne de cordero

Actualmente, la producción cárnica sigue un modelo industrial y una distribución comercial crecientemente concentrada, donde son los agentes comerciales los que imponen los precios y las condiciones de calidad a los productores (Soler & Horcada, 2010). La calidad es un arma para afrontar la competencia económica, pudiendo diferenciarse los productos en el mercado y, así, poder obtener un mejor precio comercial.

a) Indicadores de calidad de la canal

La calidad de la canal fue definida por Colomer-Rocher et al. (1973) como el conjunto de características cuantitativas y cualitativas, que confieren a la canal una máxima aceptación y un mayor precio frente a los consumidores o frente a la demanda del mercado. De acuerdo con Ruiz de Huidobro et al. (2005), la calidad de la canal es muy importante para poder fijar su valor económico real, aunque esta dependerá de las preferencias del mercado al que se destinan las canales.

A pesar de los distintos enjuiciamientos, la mejor canal posible que conjugue todos los requerimientos debe pasar por ser la procedente de un determinado animal que se consiga en el menor tiempo posible, con los menores costes, con una adecuada alimentación y que obtenga la mínima cantidad de hueso, unas masas musculares bien distribuidas, con preferencia procedente de las piezas de mayor valor comercial, y con un nivel de engrasamiento en un punto justo (Alcaide & Peña, 2010). La calidad de la canal se ha visto influida principalmente por la distribución del músculo, la grasa y el hueso de la canal. El tejido muscular y, en menor medida, la grasa son los principales tejidos comestibles de la canal. El hueso no es un tejido comestible, pero su proporción en la canal afecta la proporción de grasa y músculo (Mahgoub & Lu, 1998).

Las características cuantitativas y cualitativas de las diferentes canales dependen fundamentalmente del genotipo del animal y del sistema de producción utilizado. El medio donde se desarrollen los animales, las características peculiares de la especie, de la raza y las tradiciones existentes condicionan el tipo de animal en función de su edad y peso al sacrificio definiendo así la clase comercial de la canal.

Atributos de la canal:

1. Peso

Dentro de los criterios que definen la calidad de la canal, el peso es la variable que más se puede modificar según la especie y gustos por el mercado e interviene de forma fundamental en la determinación del precio. Se consideran diferentes pesos:

- Peso vivo al sacrificio (PVS): hace referencia al peso del animal en el momento del sacrificio.
- Peso canal caliente (PCC): es el peso inmediatamente después del faenado (tras la muerte y desangrado, quitándole las vísceras, piel, extremidades y cabeza).
- Peso canal fría (PCF): es el peso anterior al que se le descuentan las pérdidas por oreo de 24 horas.

Para asegurar una cierta homogeneidad se realizan unas horquillas de pesos dentro de los cuales deben estar la mayoría de los animales sacrificados. Estas horquillas de pesos vienen acompañadas por diferentes formas de pago, primando o penalizando según se encuentre dentro o fuera de los pesos recomendados (Alcaide & Peña, 2010). En las Islas Baleares, estos pesos son: lechal (animal de menos de 8 kg de PCC), recental medio (de 8 a 10 kg de PCC) y recental grande (más de 10kg de PCC).

2. Rendimiento

El rendimiento canal (% de canal o producto comercializable obtenido a partir de un peso vivo determinado) es el dato productivo que el sector utiliza para tener información sobre la rentabilidad en cuanto a producto comercializable. Se definen diferentes tipos de rendimientos:

- Rendimiento Canal Ganadero (RCG)

$$RCG = \frac{\text{PESO CANAL CALIENTE}}{\text{PESO VIVO GRANJA}} * 100$$

- Rendimiento Canal Matadero (RCM):

$$RCM = \frac{\text{PESO CANAL CALIENTE}}{\text{PESO VIVO SACRIFICIO}} * 100$$

- Rendimiento Canal Comercial (RCC):

$$RCC = \frac{\text{PESO CANAL FRÍA}}{\text{PESO VIVO SACRIFICIO}} * 100$$

El rendimiento de la canal puede variar en función de factores intrínsecos: base genética, conformación, sexo, edad, peso vivo, tipo de parto (múltiple, doble o individual), estado general y otras particularidades como el estado sanitario y fisiológico. Y de factores extrínsecos: fidelidad y homogeneidad de las pesadas, intervalo entre la última comida y el sacrificio, estado de agitación, reposo o fatiga, duración y condiciones de oreo y refrigeración, sistema de alimentación, manejo, estación de parto o duración del destete. (Alcaide & Peña, 2010).

3. Grado de engrasamiento

Mide la proporción de grasa presente en la canal respecto de su peso. Depende de diferentes factores como: la cantidad de grasa total, reparto de la grasa de la canal y la distribución de la grasa. Estos factores se ven fuertemente determinados por el sexo (Alcaide & Peña, 2010) y por la edad del animal (Nürnberg et al., 1996). Respecto a la influencia de la alimentación, muchos autores coinciden en que un nivel de alimentación alto, basado sobre todo en concentrados, antes del sacrificio tiene efecto positivo en el engrasamiento del animal (Robelin & Daenicke, 1980). Así mismo, Korver et al (1988) encontraron que dietas ricas en energía aumentan la proporción de grasa en la canal, situación que también se observa al comparar animales alimentados con concentrado con los animales en pastoreo (Kerth et al., 2007).

Posiblemente, sea el grado de engrasamiento el factor de mayor variación en el valor comercial de la canal (Briskey & Bray, 1964) y por tanto el más importante en la clasificación comercial de las canales.

4. Conformación

Se define como el espesor de los planos musculares y adiposos con relación al tamaño del esqueleto (De Boer et al., 1974). Es la forma general de la canal, su grado de redondez y compacidad. En la canal bien conformada debemos encontrar un predominio de los perfiles convexos sobre los cóncavos, y de las medidas de anchura sobre las de longitud, dando una impresión de una canal ancha, corta y compacta (Ruiz de Huidobro et al., 2005). Por lo tanto, está ligada al desarrollo y forma muscular de forma más directa y, a su vez también a la estructura ósea y a la importancia de los depósitos de grasa acumulados a nivel subcutáneo e intermuscular.

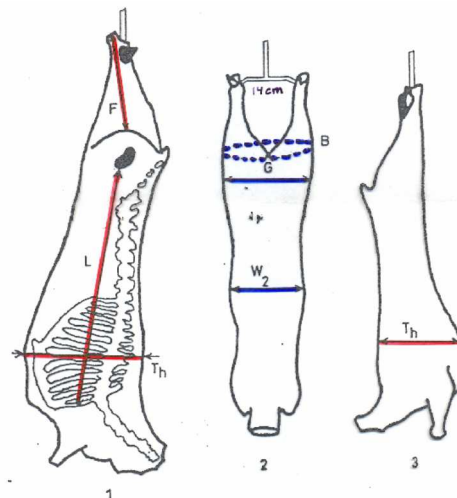
La conformación se puede evaluar objetivamente a través de medidas de longitud, anchura y espesor de la canal; por apreciación visual mediante comparación con patrones fotográficos (Kempster et al., 1982); o subjetivamente a través de la clasificación europea (perfiles y patrones fotográficos de referencia).

5. Medidas de la canal:

Para determinar la conformación de la canal objetiva, Palsson & Verges (1952) y Boccard et al. (1958) describieron una serie de medidas en el conjunto de la canal y en la hemicanal:

Figura 1. Medidas de la canal descritas por Palsson & Verges (1952) y Boccard et al. (1958)

- (F) Longitud de la pierna.
- (L) Longitud interna de la canal.
- (Th) Profundidad del pecho.
- (G) Anchura de piernas.
- (B) Diámetro piernas.
- (W) Anchura a nivel de costillas.



Estas medidas internas y externas pueden usarse para predecir la composición de la canal, como un método simple para evaluar la calidad del producto comestible sin involucrar daños en la canal. Así, diferentes trabajos (Carrasco et al., 2009; Lambe et al., 2006; Lôbo et al., 2006) han demostrado la importancia primordial del peso vivo y las medidas de la canal externa como predictores del peso y las proporciones de los tejidos en los corderos.

A partir de estas medidas se pueden calcular una serie de índices que dan una mayor información sobre la conformación conjunta de la canal. De ellos destaca el índice de

compacidad que equivale al peso de la canal caliente dividido entre su longitud interna (PCC/ L) y da idea sobre el “grado de redondez” de la misma.

6. Clasificación europea

Desde el año 2000 es obligatoria la clasificación de canales de ovino por este sistema cuando se realice comercio de canales entre países comunitarios. Este sistema hace una primera distinción entre dos tipos de canales en función de su peso: canales de menos de 13 kg y de igual o más de 13 kg.

Las canales más ligeras, de menos de 13 kg, se clasifican a su vez en tres categorías según el peso, y en dos calidades en función del color de la carne y la cobertura grasa (Reglamento CE 1278/94) (Tabla 5). De acuerdo a este sistema la gran mayoría de las canales españolas correspondientes a lechal se clasificarían como categoría A, y la mayoría de las canales de mayor peso como categoría C.

Tabla 5. Clasificación de las canales ligeras de cordero según el Reglamento CEE 1278/94

CATEGORÍA	A		B		C	
PESO	< 7 kg		7,1 – 10 kg		10,1 – 13 kg	
Calidad	Primera	Segunda	Primera	Segunda	Primera	Segunda
Color de la carne	Rosa pálido	Otro color o cobertura de grasa	Rosa pálido	Otro color o cobertura de grasa	Rosa pálido	Otro color o cobertura de grasa
Cobertura de grasa	2 o 3		2 o 3		2 o 3	

Para las canales más pesadas, de 13 ó más kg, la clasificación se hace en función de la conformación y del estado de engrasamiento (Tabla 6):

-Conformación: existen seis clases (S, E, U, R, O, P). Se valoran los perfiles de los cuartos traseros, lomo, paletilla y espalda.

-Engrasamiento: existen cinco clases (5, 4, 3, 2, 1), en función de la cantidad de grasa externa (subcutánea), interna (pélvico-renal) y región torácica (depósitos adiposos en músculos y esternón).

Tabla 6. Clasificación de las canales pesadas según el Reglamento CEE 1278/94

Conformación		Cobertura de la grasa	
S	Superior	1	Muy escasa
E	Exceslente	2	Escasa
U	Muy buena	3	Media
R	Buena	4	Importante
O	Menos buena	5	Muy imortante
P	Inferior		

7. Composición regional y tisular

Determinar la composición regional conlleva el despiece de la canal. Éste se define como la acción de separar determinadas partes anatómicas de la canal en base a divisiones establecidas por intereses comerciales, y puede, por tanto, variar de unas zonas geográficas a otras. Bocard et al. (1958) proponen que un despiece normalizado debe reunir las condiciones siguientes: reposar sobre bases anatómicas definidas y fáciles de identificar, ser simple y fácilmente reproducible (prestándose a un trabajo en serie), asemejarse en lo posible al despiece comercial tradicional más común y empleado en el país.

Las piezas comerciales de categoría superior tienen coeficientes de desarrollo más bajos que los de las piezas de categorías inferiores, por lo cual y conforme se vaya incrementando el peso de la canal, la importancia de las piezas de mayor valor va disminuyendo ligeramente. Por tanto, el porcentaje de las piezas de desarrollo precoz (por ejemplo pierna y espalda) disminuyen cuando el peso de la canal aumenta (Diestre, 1985).

La composición tisular hace referencia a la proporción de los principales tejidos que se pueden diseccionar y que tienen interés comercial: el hueso, el músculo y la grasa. Una canal ideal debe tener la mayor cantidad posible de músculo, la mínima de hueso y la adecuada de grasa para los gustos del mercado a los que va destinada (Delfa & Teixeira, 1998).

b) Indicadores de calidad de la carne

En el caso de la carne el término calidad resulta difícil de definir ya que puede tener distintas interpretaciones en función del eslabón de la cadena de comercialización: producción, procesado, distribución o consumo. Así por ejemplo, al consumidor le interesa disponer de información desde el punto de vista nutritivo, higiénico-sanitario, tecnológico y sensorial u organoléptico, para poder tomar ciertas decisiones en el momento de la compra (Horcada et al., 1998). A este respecto cabe señalar que la determinación de parámetros químicos (proteína, grasa, agua, etc.) es importante para establecer la calidad de la carne desde el punto de vista nutritivo, así como la proporción y el tipo de ácidos grasos -especialmente la proporción de ácidos grasos saturados- ya que suscita un especial interés por la repercusión negativa que tiene en la salud del consumidor (Jiménez- Colmenero et al., 2001).

Al igual que en el caso de la leche, en la carne podemos distinguir diferentes tipos de calidad:

-Calidad nutricional: Hace referencia a la contribución del alimento al aporte total de nutrientes a la dieta, tanto de un modo cualitativo como cuantitativo (contenido en energía, proteína, vitaminas y minerales).

-Calidad organoléptica: Viene determinado por aquellos atributos del alimento que son percibidos por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el oído y el tacto. Suele estar muy relacionada con su mayor o menor aceptabilidad.

-Calidad higiénico-sanitaria: Hace referencia a la ausencia tanto de sustancias potencialmente tóxicas como de microorganismos patógenos.

-Calidad tecnológica: Hace referencia a la disponibilidad que presenta la carne para su transformación, por ejemplo para la fabricación de productos cárnicos y para su conservación.

-Calidad económica: Hace referencia a la relación que existe entre su costo de producción y el grado de aceptabilidad que consigue.

-Calidad estable: Hace referencia a la aptitud del alimento para no sufrir alteraciones inmediatas, lo que permite una vida comercial relativamente prolongada.

- Calidad de servicio: el concepto de “calidad de carne” es dinámico ya que evoluciona de acuerdo a la demanda del consumidor. En este sentido, actualmente se valoran satisfactoriamente aquellos productos de fácil y rápida elaboración

Los factores que determinan la calidad de la carne se dividen en dos grandes grupos: factores intrínsecos o dependientes del animal y factores extrínsecos o ajenos al animal. Entre los factores intrínsecos al animal que influyen en las características de la carne se encuentran el tipo de músculo, la raza o genotipo (Muela et al., 2007, Santos et al., 2007), la edad (Todaro et al., 2004), el sexo (Peña et al., 2007, Rodríguez et al., 2008) y el peso de sacrificio de los animales. Entre los factores extrínsecos más importantes destacan la dieta de los animales (Scerra et al., 2007, Schmid et al., 2006) y el estrés ocasionado principalmente durante el transporte al matadero o el ocasionado durante el sacrificio.

Parámetros que determinan la calidad de la carne:

1. Composición química

Hace referencia al contenido de agua, proteína, grasa y minerales. Estas fracciones son más o menos variables dependiendo de la especie, de la raza, del plano de alimentación de los animales e incluso de la pieza. El contenido en humedad, proteína, grasa y minerales es importante desde un punto de vista nutricional, pero también tienen relación con las características organolépticas de la carne, influyendo sobre parámetros como la jugosidad, la textura o el flavor.

2. pH

El pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta a varias de sus cualidades (color, capacidad de retención de agua, etc.). Es una característica química que evoluciona en la conversión del músculo en carne durante los procesos *post-mortem*. El valor de pH se corresponde con el $-\lg[H^+]$ o lo que es lo mismo $\lg 1/[H^+]$.

Transcurridas 24 horas desde el sacrificio de los animales, los valores de pH esperados en la carne son cercanos a 5.5 (Díaz et al., 2005). Cambios de pH final en la carne se asocian al posible estrés sufrido en el transporte al matadero, de forma que los valores altos, cercanos a 6, determinados 24 horas desde el sacrificio tienen como consecuencia la aparición de carnes oscuras, firmes y secas (conocidas como DFD), mientras que las carnes con pH bajos, próximos a 5, se asocia a carnes pálidas, blancas y exudativas (conocidas como PSE) (Nieto et al., 2010). Otros factores como la raza, la edad de los animales y el propio factor individuo pueden afectar al valor de pH de la carne (Díaz et al., 2005).

3. Color

Es el principal atributo que influye en la decisión de compra, dado que el consumidor asocia el color con el grado de frescura y calidad (Brewer et al., 2009). Al incidir una luz blanca sobre una sustancia, ciertas longitudes de onda que componen esa luz blanca, serán absorbidas por la muestra, el color estará formado por la combinación de aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas por la sustancia. El color percibido ha sido definido por CIE (Comisión Internationale de L'Eclairage) como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de componentes cromáticos y acromáticos (Alberti et al., 2005).

El color se puede medir objetivamente mediante espectrofotometría usando el sistema CIE $L^*a^*b^*$ (CIE, 1976). Se basa en una transformación matemática de las coordenadas tricromáticas (X, Y, Z) y la integran los parámetros:

L^* = recibe el nombre de Claridad y puede tomar valores entre 0 y 100 (negro a blanco).

a^* y b^* = Coordenadas colorimétricas que forman un plano perpendicular a la Claridad.

Definen la desviación del punto acromático correspondiente a la Claridad:

a^* = hacia el rojo si $a^* > 0$ o hacia el verde si $a^* < 0$.

b^* = hacia el amarillo si $b^* > 0$, hacia el azul si $b^* < 0$.

El color de la carne depende de la concentración de pigmentos hemínicos (fundamentalmente mioglobina), del estado químico de la mioglobina en superficie, de la estructura y estado físico de las proteínas musculares y de la proporción de grasa de infiltración (Warris et al., 1990). Otros pigmentos (citocromos y flavinas) procuran color a la carne, pero el contenido de pigmento hemínico supone el 95 % del total de pigmentos. Se pueden describir tres estados químicos de

la molécula de mioglobina. En el interior de la carne, donde la presión parcial de oxígeno es baja, la mioglobina se encuentra en estado reducido (Fe^{++}) (Mb) confiriendo a la carne coloración rojo púrpura. La captación de una molécula de oxígeno se manifiesta en la coloración rojo brillante de la oximioglobina (MbO_2), característica de la superficie de la carne fresca. El tercer estado químico de la mioglobina, la metamioglobina (MMb) se produce por la oxidación del átomo de hierro (Fe^{+++}). Este estado procura a la carne un color pardo característico rechazado por el consumidor. Durante el momento de la compra de la carne, el consumidor valora la coloración rojo brillante, asociada fundamentalmente a la presencia de MbO_2 (Alcaide & Peña, 2010).

4. Textura

La textura de la carne se percibe como un conjunto de sensaciones táctiles resultado de la interacción de los sentidos con las propiedades físicas y químicas entre las que se incluyen la densidad, la dureza, la plasticidad, la elasticidad, la consistencia, la cantidad de grasa, la humedad y el tamaño de las partículas de la misma. De entre ellas el consumidor confiere una mayor importancia a la ternura, o bien a la dureza si se considera de forma antagónica, como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie, 1998; Ouali, 1991). La dureza se define como la capacidad de la carne para dejarse masticar y cortar. A la vez influyen en la dureza parámetros como son la capacidad de retención de agua, el contenido en grasa de infiltración, el tamaño de las fibras musculares, la estructura de los tejidos o la maduración de la carne.

5. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) fue descrita por Hamm & Deatherage (1960) y por Sañudo et al. (1996) como la capacidad que presenta la carne para retener su agua constitutiva durante la aplicación de fuerzas externas o de tratamiento. Dicha propiedad afecta a la vez a distintos parámetros como la retención de vitaminas, sales o minerales. Del agua total del músculo, el 4-5% se encuentra unida a grupos polares de la proteína y es conocida como “agua ligada”, cuyo grado de unión depende principalmente del pH, del estado de las miofibrillas musculares y de la solubilidad de las proteínas musculares. Al aplicar fuerzas externas sobre la carne, estas moléculas de agua continúan ligadas. A la vez existen fuerzas de unión de menor intensidad capaces de retener las moléculas de agua con los grupos proteicos, denominándose “agua inmovilizada”. Estas moléculas se desprenden con más facilidad en función de la intensidad de la fuerza externa aplicada. Finalmente, el “agua libre” se considera a aquella que se encuentra ocupando los espacios intercelulares y que se caracteriza porque es fácilmente expulsada del músculo gracias a fuerzas externas de poca intensidad (Gill, 1996).

Los músculos que pierden agua con facilidad son más secos, presentan pérdidas de peso durante la refrigeración, el almacenamiento, el transporte y la comercialización, así como cambios sustanciales en su composición. La alteración del aspecto y las dificultades tecnológicas que presentan estas carnes suponen una dificultad para su comercialización. De otra parte, la carne que retiene demasiada agua se aprecia también como seca y es más fácil que se contamine por la presencia de microorganismos que encuentran un medio favorable para su desarrollo.

6. Pérdidas por cocinado

Se producen por la rotura de la membrana celular y por las modificaciones que sufren las proteínas en relación a su estructura tridimensional con el calentamiento. Se trata de pérdidas de agua que pueden superar el 40% del contenido total de agua (Offer & Trinick, 1983).

Para su evaluación hay que tener en cuenta, no sólo el tiempo de cocción, sino también el tipo de cocinado en función de la temperatura, presencia de agua, calor directo, tamaño, grosor y preparación previa de la pieza (Pérez et al., 2007).

7. Perfil de ácidos grasos

Mucha literatura vincula lo inapropiado del consumo de carne roja con la incidencia de enfermedad coronaria (Cross et., 2007; Hu et al., 2001; McAfee et., 2010) y de cáncer (WCRF, 2007). Los componentes de la carne roja que se han propuesto como responsables de estas asociaciones incluyen el contenido en grasa, la composición de AGy la posible formación de compuestos cancerígenos al cocinar la carne a altas temperaturas, como las aminos heterocíclicas. También el procesamiento de la carne, como el curado y el ahumado, puede dar como resultado la formación de sustancias químicas cancerígenas, incluidos los compuestos N-nitrosos y los hidrocarburos aromáticos policíclicos. Esta mala imagen de la carne ha tenido una fuerte influencia en los hábitos de compra de los consumidores (Sepúlveda et al., 2011).

Respecto a la incidencia de cáncer, en una reunión de la Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer (IARC, 2015), se clasificó la carne procesada como alimento "Cancerígeno para los humanos" (Grupo 1) sobre la base de evidencia suficiente para aumentar el riesgo de cáncer colorrectal y una asociación positiva para el cáncer de estómago. Y clasificó el consumo de carne roja como "probablemente cancerígeno para los humanos" (Grupo 2A). Así mismo, diferentes estudios vinculan el consumo de carne roja al aumento de riesgo de enfermedades coronarias debido a su contenido en AG saturados (SFA) (Kelemen et al., 2005). Sin embargo, la mayoría de los estudios han calculado el grado de riesgo al comparar los quintiles más bajos a los más altos de ingesta de carne, excluyendo así a la mayoría de los consumidores que consumen cantidades moderadas de carne (McAfee et al., 2010). Además, muy pocos

estudios han evaluado el método de cocinar, siendo primordial la temperatura de cocción de la carne (Butler et al., 2008).

En lo que respecta al perfil de AG, como se expuso en el apartado 3.2.9.1. (subapartado c.), no todos los PUFA son iguales de beneficiosos en la prevención de estas enfermedades. Además, el perfil de AG de la dieta influye en la composición de ácidos grasos de la grasa de los rumiantes. En este sentido, en corderos el concentrado más comúnmente utilizado en la alimentación de los animales es a base de cereales (principalmente cebada y trigo) que es alto en ácido linoleico n-6, siendo en consecuencia la proporción de AG n-6/n-3 en el alimento concentrado más alto que en la hierba, lo que se traduce igualmente en una mayor relación de esos AG en la carne de los animales (Nuernberg et al., 2008). Del mismo modo, diferentes trabajos han demostrado como el contenido en CLA es significativamente mayor en corderos cuya alimentación está basada en el consumo de pastos que en los alimentados con concentrados (Díaz et al., 2005; Nuernberg et al., 2008; Wood et al., 2008).

El consumo de carne roja también se puede destacar como beneficioso para la salud, ya posee un elevado contenido en proteínas de alto valor biológico y de importantes micronutrientes como hierro, zinc, vitaminas B, selenio y retinol (McAfee et al., 2010; WCRF, 2007).

Factores que afectan a la calidad de la canal y de la carne

Aunque son muchos los factores que pueden afectar a la calidad y, en muchas ocasiones estos se encuentran interrelacionados, los trabajos realizados en esta TD se han centrado en el peso del cordero y el sistema de alimentación, dada su relevancia e influencia en la sostenibilidad de los sistemas pastorales.

i) Peso del cordero

Por lo general, el rendimiento a la canal disminuye al aumentar el peso de sacrificio debido al mayor desarrollo del aparato digestivo (Sanz et al., 2008).

Como es de esperar, las medidas lineales y sus índices aumentan sus valores absolutos a medida que se incrementa el peso de la canal (Camacho 2015; Peña et al., 2007). Las medidas que expresan anchuras y contornos aumentan más con el peso canal en relación a las que expresan longitudes, haciéndose la canal cada vez más redonda y ancha y mostrando, por tanto, una mejor conformación.

En lo que respecta a la composición tisular, el sacrificio de animales de mayor peso supone un incremento porcentual del tejido adiposo y una disminución del tejido óseo y del tejido muscular (Camacho et al., 2015). Por tanto, la diferencia de características de la canal entre dos categorías de edad, muestran que los animales de la categoría de más edad tienen una mayor relación

músculo/hueso y una menor relación músculo/grasa, que en la categoría más joven (. Esto se traduce en canales menos apreciadas por los consumidores, ya que prefieren más frecuentemente carnes más magras (Sen et al., 2004).

La composición química de la carne también varía con el incremento de peso, observándose una mayor cantidad de grasa intramuscular (Martínez-Cerezo et al., 2005). El contenido en cenizas se mantiene constante (Dhanda et al., 1999; Marichal et al., 2003), mientras que algunos autores señalan que el contenido en proteína aumenta (Argüello et al., 2005) y otros que éste se mantiene constante (Fernández et al., 2003).

Con el aumento del peso del cordero la carne adquiere un color más oscuro (L^* disminuye) y con un menor índice de amarillo (b^* disminuye) (Santos-Silva et al., 2002; Teixeira et al., 2005). Así, el cordero lechal tiene un índice de amarillo más bajo debido a la alimentación, dado que la leche materna tiene un bajo contenido en hierro. Así, el contenido en pigmentos hemínicos es mayor en canales de mayor peso (Martínez-Cerezo et al., 2005)

La textura también se ve influenciada por el peso del animal. De esta forma, la carne de animales mayores y de mayor peso es más dura, debido a que la solubilidad del colágeno intramuscular disminuye (Santos-Silva et al., 2002) y al mayor contenido en grasa intramuscular (Sañudo et al., 1996).

La pérdida por cocinado tiende a aumentar con el aumento de peso de la canal (Russo & Preziuso, 2000). La carne de estas canales requiere de tiempos de cocción más largo, lo que conduce a una mayor pérdida por cocinado.

El contenido total en AG aumenta con la edad debido al aumento en el depósito de grasa. El sistema de alimentación tiene mayor influencia que el peso en el perfil de AG, aunque en algunos trabajos sí se han hallado diferencias atribuibles directamente al peso de sacrificio. Santos-Silva et al. (2002) encontraron que al aumentar el peso de sacrificio disminuía el contenido en PUFA. Así mismo, en el trabajo desarrollado por Díaz et al. (2005) el incremento de peso de los corderos produjo un aumento en el contenido de SFA. De acuerdo a Nürnberg et al. (1996), la variación en el perfil de AG asociada a la edad (aumento de SFA y descenso de PUFA) está relacionada con el grado de engrasamiento de los corderos.

ii) Manejo alimentario

Son escasos los trabajos que comparan la calidad de canal y la carne de corderos alimentados bajo diferentes sistemas y éstos, además, muestran resultados diversos en cuanto a la mayoría de parámetros, salvo para el perfil de AG donde sí se observa una influencia directa. Así, por ejemplo, Díaz et al. (2003) observaron que el rendimiento a la canal es mayor en animales

estabulados que en animales en pastoreo. Sin embargo, Russo et al. (1999) demostraron un rendimiento deficiente en corderos que se alimentaban con dietas de alta energía como los concentrados. En lo que sí coinciden los estudios anteriormente realizados es en que los corderos manejados en pastoreo, presentan menor contenido en grasa y mayor proporción de músculo y de proteína que los corderos engordados en régimen estabulación (Campos et al., 2017; Díaz et al., 2002; Santos-Silva et al., 2002; Urrutia et al., 2016).

Como se ha descrito en el apartado correspondiente, el perfil de AG es más saludable para la salud del consumidor en corderos cuyo manejo alimentario está basado en el pastoreo, presentando un mayor contenido en CLA, una mayor proporción de n-3 y una mejor relación n-3 / n-6 (Campos et al., 2017; Díaz et al., 2005; Nuernberg et al., 2008; Wood et al., 2008).

Se ha podido comprobar como la alimentación tiene gran influencia sobre los diferentes parámetros de calidad de la canal y de la carne. A modo de ejemplo, citar que en trabajos realizados en sistemas pastorales se encontró un menor nivel de engrasamiento de la canal (Kerth et al., 2007) o un mejor perfil de ácidos grasos de la carne (Wood et al., 2008). Sin embargo, son pocos los trabajos realizados sobre razas autóctonas y, en concreto, no hay ningún trabajo sobre la calidad del cordero de raza Mallorquina. Diferenciar la mayor calidad de estos productos debe usarse para promocionar los sistemas pastorales de cara a su conservación, a través de la puesta en valor de dichos productos en el mercado y, mejorándose así, la rentabilidad de estas explotaciones.

**CAPÍTULO 4. Manejo alimentario y reproductivo de la
ganadería caprina de raza Payoya en función del grado
de pastoreo**

**CAPÍTULO 4. MANEJO ALIMENTARIO Y REPRODUCTIVO DE LA GANADERÍA
CAPRINA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO**

***“STRENGTHS AND WEAKNESSES OF TRADITIONAL FEEDING MANAGEMENT OF
DAIRY GOAT FARMS IN MOUNTAIN AREAS”***

Rosario Gutierrez-Peña^a, Yolanda Mena^b, Francisco A. Ruiz^c and Manuel Delgado-
Pertíñez^b

^a *Institute of Agricultural and Fishing Research and Training (IRFAP) of the
Government of the Balearic Islands, Palma de Mallorca, Spain.*

^b *Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering,
"AgriFood Campus of International Excellence, ceiA3", University of Sevilla, Spain*

^c *Area of Agricultural Economics and Sociology, IFAPA, Junta de Andalucía, Granada,
Spain*

Small Ruminant Research 114(1): 167-175.

Abstract

Goats are essential in mountainous areas where farms are under traditional grazing management. To conserve these rangeland systems it is important to gain knowledge of the feeding and reproductive management. 16 goat grazing farms were monitored monthly. Using the indicator *Net energy percentage provided by grazing*, the farms were classified in three groups: High, Medium and Low Grazing. The main strength of the pastoral farms was that the season with greatest supply of pasture coincided with the lactation of most breeding goats when energy requirements were highest. Farms that make more use of the pasture under this management and use goat breeds adapted to grazing can ensure their viability.

KEYWORDS: Goat herd; grazing; Mediterranean shrublands; Payoya; traditional knowledge.

4.1. Introduction

Andalusia (southern Spain) is the second goat-milk producing region in Europe (FAOSTAT 2015), where autochthonous breeds such as the Murciano-Granadina, Malagueña, Florida and Payoya comprise most herds (Sánchez-Rodríguez 2008). Payoya is best adapted to pastoral systems, as is the case of the Retinta and Verata dairy goat breeds in the mountainous regions of western Spain (Gaspar et al. 2011). According to the classification made by Zervas and Tsiplakou (2011), most Payoya goats are raised on rangeland systems that consist of grasslands, shrublands and forest ranges. This type of system has made a remarkable historical contribution to the economic and social development of disadvantaged mountain areas, including the mountain ranges in Cadiz (Sierra de Cádiz) and Ronda (Serranía de Ronda) (Nahed et al. 2006).

In addition, in the current context of climate change and increasingly scarce energy sources, advance in the construction of sustainable farming systems is an essential objective. For instance, livestock is responsible approximately of 15% of greenhouse gas emissions with anthropogenic origin, of which 6.7% are from small ruminants (Opio et al. 2013). In this sense, grazing systems appear like an environmental friendly option for future (Ripoll-Bosch et al. 2012). The complex grassland-livestock ecosystems can make a positive contribution to the natural resources base by enhancing soil quality, increasing plant and animal biodiversity and substituting for scarce, non-renewable resources such as fossil fuels (Boyazoglu et al. 2002).

However, despite the importance of these systems, goat herd management has intensified, mainly in relation to feed management, as more feed is purchased (especially concentrates) and grazing is abandoned (Castel et al. 2010). As a consequence, local know-how about livestock use of pastures (which is more efficient and better adapted to local conditions than intensive management systems, Dubeuf 2011) is in danger of disappearing upon the retirement of the shepherds, who are currently middle-aged (44 years old on average) (Ruiz et al. 2011).

There are general characterization studies of Payoya systems (Ruiz et al. 2008; Ruiz et al. 2009; Castel et al. 2011) and other goat grazing systems (Usai et al. 2006; Gaspar et al. 2011), that provide some information about their feed and reproductive management. Nevertheless, deeper and more integrated knowledge of their feeding and reproductive management is necessary in order to (i) document this knowledge, (ii) identify weaknesses and (iii) propose improvements to reinforce their strengths. Therefore, the aim of this study was to characterize and analyse the reproductive and feeding management (distribution of parturitions, diet composition and the main supplements provided) of rangeland systems for dairy goats in order to favour the conservation and diffusion of this traditional know-how.

4.2. Materials and methods

4.2.1. Area of research

The study was carried out in Sierra de Grazalema Natural Park in southern Spain, one of Spain's most ecologically outstanding areas, located between parallels 36° 55' and 36° 41' (northern latitude) and between meridians 5° 35' and 5° 11' (western longitude) (Mata et al. 2004). Altitude ranges between 650 and 1.200 m. The study area has a Mediterranean type climate, with cool and wet winters (mean 8°C) and warm and rainless summers (mean 25 °C). Mean annual rainfall is 960 - 2.220 mm. Summer drought is severe, with no precipitation from July to August. Winter is mild, with a mean temperature of 8°C in December and January, the coldest months, while the summer is hot, with a mean temperature of 25 °C in July and August, the hottest months.

The geological substratum is dominated by dolomite, limestone and loam, with basic soils (Fernández et al. 2004). Plant communities are generally dominated by sclerophyllous woody plants with an herbaceous or shrubby understory. Mean annual precipitation has been the most determinant climatic variable associated with plant growth and community distribution. The study area was characterised by the coexistence of a mosaic of dehesa (open forest), dense *Quercus ilex*, *Q. suber* and *Q. faginea* forest (Fernández et al. 2004). The understory is dominated by shrubs (60-

80% coverage and around 0.6-1.8 m tall), including *Cistus albidus*, *Phomis purpurea*, *Genista hispanica*, *G. Scorpius*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus mastichina* and *Pistacia lentiscus* as the most common species (Mata et al. 2004). There are also mid-mountain pastures formed by grass species (most common: *Lolium spp*, *Phalaris acuatia*, *Hainardia cylindrica*, *Hordeum bulbosum*), legumes (most common: *Trifolium subterraneum*, *T. pallidum*, *T. aquamosum*, *T. squarrosum*, *T. istmocarpum*, *Scorpiurus muricatus*, *S. vermiculatus*) and other families of dicots (most common: *Cichorium spp.*, *Carlina racemosa*, *Cynara humilis*, *Echium plantagineum*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus spp.*) (Fernández et al. 1991). Furthermore, in open forest, crops such as wheat, barley, oats and beans are found more often on the gentler slopes as well as olive groves.

4.2.2. General characteristics of Payoya goat systems

The autochthonous Payoya breed is the genetic base of the goat systems present in the study area and is classified as an endangered species (MAGRAMA 2012). Farms are mostly family-run with varied land ownership and combine goat production with other livestock species such as sheep, cattle and Iberian pig.

Throughout the whole year, herd feeding management is based on the grazing of natural grasslands, namely pastures, shrubs and trees. Animals receive supplementary feed indoors, although large differences are observed between farms.

Goats kid once a year, with an average lactation period of between six and eight months. Goats are milked once or twice a day, according to their productive level. Farms don't use artificial insemination or estrus synchronization methods, except the male effect. Most births are concentrated between September and February of the following year; implying a high seasonality in the quantity of milk sold, measured by the seasonality index with a score of 0.25 (milk sold in the trimester of the lower sales/milk sold in the trimester of the higher sales) (Gutiérrez- et al. 2013b; Ruiz et al. 2008).

Kids are reared naturally for approximately one month and then sent to the slaughterhouse. Lactation for replacement kids is longer, approximately three months (Delgado-Pertiñez et al. 2009).

4.2.3. Selection of experimental farms, data collection and indicator calculation

Farms were chosen for the study according to three fundamental criteria: (i) goat production had to be an important economic activity for the farm, (ii) all farms had to belong to the local cooperative that collaborated in the Project “Nuestra Señora de los Remedios”, so as to be able to confirm purchases and sales data and (iii) farmers had to express an interest in participating in the study and receive advice. In order to fulfill the first criterion, the minimum herd size of 80 head used by Nahed et al. 2006 was taken as reference and finally, sixteen Payoya goat farms with herd sizes above 80 head were selected.

Data from each farm was collected monthly from January to December of 2011. Additional information was provided by breeding associations, cooperatives, milk industries and livestock health associations in the region. A set of indicators for the technico-economic characterization of small ruminant rangeland systems was obtained according to Ruiz et al. (2008). 27 indicators related to the feeding and reproductive management of goats were selected, 21 of which were quantitative and 6 qualitative. The quantitative indicators were: *Herd size (goats)*, considering as goat each breeding female older than one year; *Total area (ha/goat)*; *Natural pasture area (ha/goat)* differentiating between *Natural shrub pasture area (ha/goat)* and *Natural herbaceous pasture area (ha/goat)*; *Crop surface area (ha/goat)*, differentiating between *Cereal cultivated pasture area*, *Cereal-legume cultivated pasture area*, *Grain cultivated area* and *Stubble pasture area*; *Net energy obtained from grazing (NERG, %)*; *Concentrate purchased per goat (kg/year)*; *Forage purchased per goat (kg/year)*; *Concentrate and forage cost per goat (€/year)*; *Crops and renting cost per goat (€/year)*; *Percentage of parturitions in each month*; *Percentage of parturitions in the month when the highest number of goats kid*; *Net energy obtained from concentrate supply (%)*; *Concentrate per milking goat (kg/day)*; *Forage supply per milking goat*

(kg/day) and *Net energy obtained from forage supply (%)*. The qualitative indicators were: *Use of concentrates on farm (One or two concentrates all or most of the year)*; *Types of concentrate used (Pelleted feed, Grain mix, Unifeed or Individual grain)*; *Use of forage supply on farm (Not used, One or more forage all or most of the year, One or more forage used only in summer or parturition month)*; *Types of forage supply used (Hay, Straw, Short fiber forage or Other by-products)*.

The indicators *Concentrate supply per milking goat* and *Forage supply per milking goat* were obtained by weighing the amount of concentrate or forage provided for milking goats each month. The indicator *Concentrate purchased per goat* and *Forage purchased per goat* were obtained by dividing the annual amount of concentrate or forage bought by the farmer by the annual average number of goats. The indicator *Net energy requirements obtained from grazing* was calculated monthly by the difference between the milking goat's net energy requirements and the net energy of concentrates and forages provided indoors and expressed as percentage, then the annual value was calculated by the average weighted by the number of milking goats each month (Ruiz et al. 2008). To calculate *Milking goat's net energy requirements* were contemplated energy requirements for maintenance, for locomotion (calculated according to grazing days per month of milking goats, kilometers walked per day and the slope of each surface, Lachica et al. 1997) and for milk production (calculated according to milk yield per milking goat and day and fat, protein and lactose milk content, INRA 2010). Net energy of concentrates and forages provided indoors was calculated from monthly value of *Concentrate supply per milking goat* and *Forage supply per milking goat*, assigning each type of feed an average energy content (INRA 2010). These values were 0.9 UFL/kg for concentrates, 0.6 UFL/kg for hay and short fiber forage and 0.3 UFL/kg for straw and other by-products.

Besides, in order to avoid negative values, the contribution of grazing was assigned a value of zero (NERG=0) on the farms that provided more energy than required in the manger. On these farms the sum of *Net energy obtained from feed supply* and *Net energy obtained from grazing* was slightly above 100%.

Farms were divided into three groups according to grazing level following the criteria used by Nahed *et al.* (2006): High grazing (HG, n=3; NERG>55%), Medium grazing (MG, n=9; NERG <55% and >25%) and Low grazing (LG, n=4; NERG<25%).

4.2.4. Chemical analysis of concentrates supplied

Samples of the concentrates supplied were collected from each farm every month and stored at 4 °C until chemically analysed. Representative aliquots of the main concentrates supplied were dried and ground to pass the 1-mm screen of a Wiley mill before analysis. AOAC (2005) methods were used to determine dry matter (method 934.01), ash (method 942.05), ether extract (method 920.39), and N (method 968.06) content. Total N was determined by the combustion method using a CNS-2000 carbon, N, and sulfur analyser (Leco CNS-2000, Leco Corporation, USA), and converted to crude protein (CP) by multiplying by a factor of 6.25. The neutral detergent fiber (NDF) analyses were carried out following Van Soest *et al.* (1991), with a Fibertec 1030 Hot Extractor (Tecator, Sweden). Amylase was not used in the NDF analysis, and the results were expressed as exclusive of residual ash. Fat content was measured by extraction with petroleum ether (boiling point, 40 to 60 °C) on a Soxtec System 1040 Extraction Unit (FOSS Tecator AB, Sweden).

4.2.5. Statistical analysis

Data of feeding management obtained annually was analysed by factorial ANOVA, using the general linear model (GLM) of the IBM SPSS Statistics for Windows (version 22.0; IBM Corp., Armonk Nueva York, USA), including the fixed effects of grazing level. Data collected monthly from January to December was analysed with the repeated measures procedure, including the fixed effects of grazing level and month. To demonstrate association between different sources of variation, chi-square (χ^2) distribution tests were performed on contingency tables. Pairwise comparisons of means were carried out where appropriate using Tukey's honest significant difference or Least Significant Difference tests. For the statistical analysis of the monthly indicator *Percentage of parturitions*, the values were transformed to logarithmic scale base 10 to standardize the frequency distribution.

4.3. Results

4.3.1. General description of the reproductive-feeding management of Payoya goat farms

Before conducting an in-depth analysis of the reproductive and feeding management according to level of grazing, a general description will serve as a background in order to study the relationship between both management practices. Table 4.1 show a qualitative analysis of feeding and reproductive management of the goat farms (degree to which different pastures are used throughout the year, the importance of concentrate and fodder supply in the manger and the annual distribution of parturitions). Tables 4.2, 4.3 and 4.4 show the mean and segregated values per month of the indicators related to the feeding and reproductive performance.

Goats kid once a year on average, following a strong seasonal reproductive pattern (Table 4.1), as 51% of the parturitions took place in a single month (*Percentage of parturitions in the month of the highest number of goats kidding*, Table 4.2). The first and main mating period takes place in the month of June, and therefore over half of the goats kid in November. Most of the goats that do not initiate gestation in June do so a couple of months later, and kid around January-February, and coincide in the kidding unit with the does kidding for the first time. Table 4.3 shows how the parturitions are mainly concentrated around two periods, November (33%) and January-February (36%).

Independently of the pasture availability and stocking rate, the goats of this area graze throughout the whole year, although grazing intensity is higher in the spring (Table 4.1). The females are kept in the goat pens just before milking or during the kidding season. Use of pastures is complemented in all cases by the supply of concentrates and forages in the manger, as the dairy livestock has high energy requirements. Goats receive an average of 0.98 kg concentrate/milking goat and day (57 % of net energy requirements), while 35 % of the energy requirements are covered by grazing (Table 4.2). Use of forages as a supplement is scarce in all farms (0.16 kg/ milking goat/ day).

The mean values of *Purchased feed cost* and *Crops and land rent cost* were 93 € and 24 € per goat and per year, respectively (Table 4.2).

Both the herd energy requirements and the pasture production vary throughout the year, as do the supplies of concentrates and forages in the manger (Table 4.3). Between January and February, and later in November and December, the farmers feed the goats the most concentrate indoors, as the grazing intensity during those months is lower and the parturitions are concentrated in these two times of the year. Use of forage indoors follows a similar trend, reaching the highest value during the months when grazing diminishes, normally around the kidding season and the summer months.

The farms of this area have an average of 371 goats and the stocking rate (inverse of the *Total area* indicator) is low, with a medium of 2.3 goats per hectare (Table 4.4). The goats graze all year round on natural pasture, made up mainly of shrubs (0.30 ha/goat) and the most abundant source on these farms (0.36 hectares of natural pasture per goat). In farms with more grazing or larger pastures, the goats stay out at pasture almost all day, whereas in the smaller pastures, the number of grazing hours varies according to the time of the year and the pasture production stage. Very little surface area is dedicated to crops (0.06 ha/goat), which are mostly forage crops destined mainly for grazing from January to June and only in some cases to be harvested for subsequent supply indoors. During the first months of the year the animals graze on these crops for very few hours per day (two hours on average), but in the spring the grazing intensity increases, as does the time that livestock remain in the crop fields. In these farms, as with many of the goat farms all over the southern Spain, it is normal for animals to graze on stubble during the summer (Tables 4.1 and 4.4). The crops are *Medicago sativa*, *Avena sativa*, *Avena sativa-Vicia angustifolia* or a commercial blend of seeds made up of *Avena sativa*, *Hordeum vulgare* and *Triticosecale aestivum*. A very small number of farmers grow cereals for grain and use stubble from these and other crops destined for sale or for feeding other livestock species

Table 4.1. Qualitative analysis of traditional feeding and reproductive management of the goat farms¹

	Month											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Percentage of parturition	+	++					+	+			+++	
Grazing of natural pasture	++	++	++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++
Grazing of cultivated pasture	+	++	++	+++	+++	+++						
Grazing of stubble							+++	+++	++			
Concentrate supply	+++	+++	++	++	++	++	++	+	+	+	+++	+++
Forage supply	++	++	+	+						+	++	++

¹ +: low value or use of the parameter, ++: medium value or use of the parameter +++: high value or use of the parameter (No sign means that the parameter does not occur that month).

Capítulo 4. Manejo alimentario y reproductivo de la ganadería caprina de raza Payoya en función del grado de pastoreo

Table 4.2. Indicators related to feeding and reproductive performance of the goat farms. Mean values and segregated according to grazing level

Parameters recorded	Mean	Grazing level			SEM ^a	P ^b		
		Low	Medium	High		GL	M	GLxM
Net energy obtained from grazing (%)	35.22	16.24c	38.72b	59.88a	1.752	***	*	ns
Net energy obtained from concentrate supply (%)	57.26	76.05a	58.99b	39.01c	1.764	***	*	ns
Concentrate supply per goat (kg/year)	337	455a	333b	187c	8.4	***	-	-
Concentrate supply per milking goat (kg/day)	0.98	1.37a	1.00b	0.60c	0.034	***	***	ns
Net energy obtained from forage supply (%)	5.20	15.29a	2.13b	1.66b	0.825	***	*	ns
Forage supply per goat (kg/year)	66	188a	22b	26b	6.1	***	-	-
Forage supply per milking goat (kg/day)	0.16	0.48a	0.06b	0.05b	0.024	***	**	ns
Purchased concentrate and forage cost per goat (€/year)	92.63	123.25a	89.53b	61.08c	2.569	***	-	-
Crops and renting cost per goat (€/year)	23.94	13.88b	26.38a	30.04a	1.591	***	-	-
Parturition in the month of the highest number of goats born (%) ^c	51.12	46.74	53.58	49.51	3.513	ns	-	-

Means with different letters (a, b and c) between columns differ significantly.

^a Standard error of mean.

^b ns: not significant, P>0.05; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.

^c Percentage of goats that have kidded out of the total number of goats present during the month of most parturitions. able 3. Indicators related to the feeding and reproductive performance of the goat farms according to month

Capítulo 4. Manejo alimentario y reproductivo de la ganadería caprina de raza Payoya en función del grado de pastoreo

Table 4.3. Indicators related to the feeding and reproductive performance of the goat farms according to month

Parameters recorded	Months											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Net energy obtained from concentrate supply (%)	62.61ab	68.83ab	60.29ab	53.90b	51.25b	53.29b	57.75ab	57.28ab	51.83b	41.62b	55.01a b	73.39a
Concentrate per goat milking (kg/day)	1.24ab	1.32a	1.09ab	0.95ab	0.86b	0.87b	0.86b	0.87b	0.78b	0.76b	0.98ab	1.23ab
Net energy obtained from forage supply (%)	6.47ab	7.74ab	2.97bc	1.32c	1.19c	3.55bc	3.83bc	4.48bc	5.04bc	8.88a	8.58a	8.55a
Forage supply per goat milking (kg/day)	0.23ab	0.22ab	0.09ab	0.05b	0.04b	0.10ab	0.10ab	0.12ab	0.13ab	0.31a	0.27ab	0.29ab
Percentage of parturitions ^a	16.03ab	19.58ab	8.69abc	4.18abc	0.91c	2.61bc	0.19c	0.54bc	0.48bc	8.77abc	32.82a	3.45abc

Means with different letters (a, b and c) between columns differ significantly.

^a For the statistical analysis, the values were transformed to logarithmic scale, base 10.

**Capítulo 4. Manejo alimentario y reproductivo de la ganadería caprina de raza
Payoya en función del grado de pastoreo**

Table 4.4. Use of different pasture areas of the goat farms. Mean values and segregated according to grazing level

Types of area	Mean	Grazing level			SEM ^a	P ^b
		Low	Medium	High		
Number of farms	16	4	9	3		
Herd size (goats)	371	263c	357b	630a	16	***
Total area (ha/goat)	0.43	0.14b	0.55a	0.50a	0.021	***
Natural pasture area (ha/goat)	0.36	0.11b	0.44a	0.43a	0.069	***
Natural shrub pasture area (ha/goat)	0.30	0.08b	0.37a	0.41a	0.074	***
Natural herbaceous pasture area (ha/goat)	0.05	0.03b	0.08a	0.02b	0.026	**
Crop surface area (ha/goat)	0.06	0.02b	0.08a	0.05ab	0.016	***
Cereal cultivated pasture area (ha/goat)	0.01	0.00b	0.02a	0.01b	0.006	***
Cereal-legume cultivated pasture area (ha/goat)	0.03	0.02	0.03	0.01	0.009	ns
Grain cultivated area (ha/goat)	0.01	0.00b	0.01ab	0.02a	0.007	***
Stubble pasture area (ha/goat)	0.02	0.00b	0.04a	0.00b	0.011	***

Means with different letters (a, b and c) between columns differ significantly.

^a Standard error of mean.

^b ns: not significant, P>0.05. * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001.

Tables 4.5 and 4.6 contain information about the concentrates and forages provided indoors. Almost half of the farmers use a single concentrate whereas the other half use two at the same time. None of the farmers use three concentrates or more at the same time. The mixture of seeds and by-products is most used in all groups. Only 56% provide forage all or most of the year, 26% do not use any forage and 18% only use forage in summer or in the kidding month. Short fiber, normally dehydrated alfalfa, is most used by all farms, either because it is included in the high fiber concentrate or because it is provided directly in the manger. Table 4.6 shows how the grain mix is the most common throughout the whole year, however this is used less frequently in the summer, when the farmer opts for just one type of grain, which is cheaper and the nutritional requirements of the herd are lower as most of the goats are dry.

The forage which is most used throughout the year is dehydrated alfalfa. During the kidding season, more straw is used, as together with the hay it is preferred by the farms that only supply forage at that time of year. By-products are used from August to December. At first, the farms use sugar beet by-products at harvest time then olive by-products when the new shoots of the olive trees are eliminated and once again when the olive groves are cleared. These by-products are no longer used after parturition, as nutritional requirements are greater and better quality forages are required.

Information about the ingredients and chemical composition of the three most important concentrates supplied is reported in Table 4.7. The first is a grain mix composed mainly of corn (25% of the total ingredients), lima beans (22%) and oat and sunflower seeds (20% each) and provides the most protein (19%). The second concentrate is a high fiber concentrate and therefore contains both short fiber forage (25%) and a mixture of grains. The grain mix is made up mainly of corn and corn distillate (36% of total ingredients), soybean hulls (15%) and granulated wheat bran (12%) and provides the most fiber and the least protein. The third concentrate analyzed is a pelleted feed, that is composed mainly of malting barley and wheat feed (24% and 20%, respectively), and to a lesser extent corn distillate (15%), soybean hulls (10%) and soybean (10%) and provides a medium level of protein (16.5%).

4.3.2. Feeding management according to grazing level

Table 4.2, 4.4 and 4.5 show the results obtained by the three groups established: LG, MG and HG. Significant differences in the percentage of parturitions in the month of the highest number of goats kidding have not been found between the different groups (Table 4.2). With respect to feeding management, goats from the HG farms receive the lowest amount of energy from concentrates (only 39%) and forages (1.70%) supplied in the manger ($P<0.001$). Use of forages as a supplement is considerably higher, in comparison with the other groups, in the farms belonging to the LG group (0.48 kg/milking goat and day) ($P<0.001$), which have less available pasture. The expenditure on feed purchase for livestock is 123 € per goat and per year

for those of the LG group, 90 € for the MG group and 61 € for the HG group (Table 4.2) ($P<0.001$). However, the expenditure on crops and land rent per year and per goat are higher in HG and MG farms (30 and 26 € per goat and year, respectively) than in LG farms (14 € per goat and year) ($P<0.001$).

The farms in the HG group have a larger herd size, with an average of 630 breeding goats (Table 4.4) ($P<0.001$). As for the grazing surface area, the farms in groups MG and HG are the largest, with 0.55 and 0.50 hectares per goat, respectively ($P<0.001$). Most of this surface area is natural pasture, of which shrub-tree pasture is the most abundant (0.37 and 0.41 ha/goat for the groups MG and HG, respectively) than the herbaceous pasture (0.08 and 0.20 ha/goat, respectively). MG group farms report the highest value of surface area dedicated to crops (0.08 ha/goat) ($P<0.001$). Stubble from cereals is only used by the goats on the MG farms.

Regarding the type of concentrate provided according to the group (Table 4.5), all the HG farms use only one type of concentrate, whereas most of the farmers of the LG group use two types. Grain mix (mixture of seeds and by-products) is used in 100% of the HG farms. High fiber concentrate and grain mix are those most used in the farms with a low level of grazing. Individual grain, whether grasses such as oats or barley or legumes such as beans or peas, is only provided in the MG farms, where it is the second most frequent form of concentrate supply. Concerning forages provided indoors (Table 4.5), few farms from the HG group provide forage throughout the year (72.7% do not supply anything), in contrast with the LG group, where all farms supply forage all or most of the year. The forage is provided only in the summer or the kidding month in 53.4% of the MG, and the remaining farms are distributed equally between non-use and use all year round (23.3%). LG farms use mostly short fiber forage, the HG farms use long fiber alfalfa hay from the field and the MG farms use both types of forage. Cereal straw is used only by the low and medium level grazing farms, but not very frequently. Very few farms use by-products such as olive branches and sugar beet.

4.4. Discussion

4.4.1. Analysis of feeding and reproductive management of farms

The farms studied present a reproductive seasonality; thereby 70% of milk is sold in the first semester (*unpublished data*) as consequence of an adaptation of the reproductive management to the supply of pasture. These results coincide with those obtained by Gaspar *et al* (2011) in the mountainous regions of western Spain where the main kidding period is in the autumn. In this region, as with the farms in the Sierra de Cádiz, the distribution of parturitions throughout the year attempts to make maximum use of the natural pasture.

However, since these dairy farms depend on the natural resources of a semi-arid environment with strong seasonal variations, they need to supplement the animals' feed to ensure good milk production. In spring and at the beginning of autumn the grazing intensity increases on both natural pastures and crops, and therefore less feed is supplied in the manger. Although, more concentrate is provided at the end of autumn and in the winter months, when there are less grazing possibilities and more nutritional requirements. The grazing intensity in such periods is lower due to different factors, such as the presence of suckling kids with their mothers (natural lactation is practised in this area), and when there are less daylight hours, and finally, when the pasture is still underdeveloped. In the summer, when grazing offers few nutritional resources, the females are either coming to the end of lactation or are dry, coinciding with the lowest supply of concentrate in the year.

As observed by different authors (Nahed et al. 2006, Ruiz et al. 2008. Gaspar et al. 2011), there is an important variability among pastoral farms regarding on grazing conditions and feeding management. In this study, differences about grazing level were also found and three groups of farms were established: LG, MG and HG. HG and MG farms have more grazing area and spend less on feeding, therefore these farms are more self-sufficient in feed, making them less vulnerable to possible cereal market crises, as Castel et al. (2012) affirm.

In the year of the study, the cost of feed (expenditure on concentrates and forage purchase and land renting and crops) was 137 €/goat and year for the LG group and 91 for the HG group; feed purchase representing 90 and 67% respectively. These differences are due not only to the higher grazing area of HG farms, but also to the adaptation of the reproductive management to the supply of pasture, above mentioned.

4.4.2. Diagnosis and actions for improving farm viability

Once the traditional management of these rangeland systems has been analysed, a diagnosis will be made of the strengths and weaknesses of this feeding and reproductive management. Based on this diagnosis, a series of possible actions will be proposed to improve management and farm viability.

4.4.2.1. Diagnosis

One positive aspect of the pastoral farms of the Sierra de Cádiz is the choice of Payoya as base breed. The goats, and in particular autochthonous breeds such as the Payoya, are the most specialized domestic ruminants in browsing (Silanikove et al. 2010; Mancilla-Leytón et al. 2012), and as such provide an opportunity to use the shrub pastures of these areas. Nevertheless, milk productivity in this breed is lower than in other Spanish breeds (FEAGAS, 2015).

A second strength of the pastoral farms studied is the optimum stocking rate, with a maximum of two goats per hectare. On the other hand, the season with greatest energy requirements coincides with the greatest supply of pasture. By contrast, during the summer, when grazing offers few nutritional resources, most of goats are coming to the end of their lactation period, and therefore the farmers may decrease the supply of concentrates in the manger (Delgado-Pertiñez et al. 2013), thus decreasing expenditure on feed purchase, which gives them a higher level of autonomy regarding feeding resources. It is noteworthy that these management criteria stem from empirical knowledge transmitted over generations and which should be retained.

This traditional reproductive management has also weaknesses: a large amount of milk is produced in springtime when milk prices drop (Castel et al. 2011; Gaspar et al. 2011). In this sense, in the HG and MG farms, cheaper milk in spring is compensated economically by lower feeding costs. But in the LG farms, that also sell more milk when prices drop, feeding costs are high and therefore farmers' profits are lower.

Following with the weakness, one generalized deficiency in the feed management of these farms is to establish only two groups of animals according to their reproductive and physiological status (dry and in lactation). This means that goats are not fed according to their productive level. As has been stated, another problem is the small amount of forage provided in the manger, especially when pasture is scarce which coincides with the findings of other previous studies conducted in the same study area (Ruiz et al. 2009; Delgado-Pertiñez et al. 2013). Furthermore, farms make very few improvements on the natural pastures and have a small crop surface area, showing a *crop surface area per goat* much smaller than pastoral farms of Italy, with an area of 0.26 ha/goat (Ruiz et al. 2009). Also, in this area pasture productivity is low and the difficult orographic conditions of the farms make it unusual to harvest the fodder crops to be kept as hay or silage; unlike on the farms in less mountainous areas, where the Malagueña goat is the main breed, and where most of the crops are grown for forage production that is supplied later in the manger (Romero et al. 2013).

Focusing on the external aspects to the productive system, one positive item of the pastoral livestock is their contribution to the environment. In this sense, the complex grassland ecosystems contribute to the carbon sequestration, to the regulation of nutrient cycles, to soil quality and structural stability, to the water cycle balance and flood limitation, and are valuable in biodiversity maintenance (Gibon et al. 2005). Furthermore, farms under controlled grazing management help to balance the ecosystem by reducing the risk of wildfires, soil erosion and loss of biodiversity (Riedel et al. 2007; Ruiz-Mirazo et al. 2011).

Concerning product quality, in previous dairy studies (Gutiérrez-Peña et al., 2012a; Gutiérrez-Peña et al., 2012b; Delgado-Pertiñez et al. 2013) a positive correlation has

been found between the level of grazing and the percentages of the nutritionally desirable n-3 fatty acid (FA) and the content of alfa-tocoferol, and a negative correlation with the n-6 FA and n-6:n-3 ratio. Furthermore, the value of grazing farming systems is also reinforced by the increased interest of consumers in site-specific and origin-labelled products, and the growing scientific evidence of the role of local grassland flora on various sensory characteristics of both cheese and meat products, such as colour and flavour (Gibon et al. 2005).

In the Sierra de Cádiz, agriculture and livestock farming is practiced simultaneously with other activities. This possibility of complementing activities means that land requirements can be responded to, as far as organic matter and nutritional elements are concerned, thus contributing to improving the natural fertility of the soil and to the development of sustainable agriculture (Mata et al. 2004). Furthermore, livestock feed can be sourced locally at a lower cost, which is a clear opportunity for these livestock systems.

One threat for these pastoral farms that may jeopardize their continuity is that the grassland area has undergone a huge reduction in the 20th century all over Europe. The European Community (EC) statistics report a 12% decrease in the area of permanent grassland in the 9 countries of the EC in the 20 year period between 1975 and 1995, i.e., a loss of over 4 million hectares of permanent grassland (Poirot, 2004). Even though this decrease has not been so significant in the marginal mountain areas, as it is impossible to mechanize the farming there, these areas have indeed become very isolated. This fact, together with the oligopolic structure of land tenure in Andalusia, where 50% of cropland is in the hands of the 2% of landowners (EdPAC et al. 2013), makes it difficult to gain access to land, meaning that many farmers in this area find it difficult to gain access to a larger surface area for grazing or for growing feed crops for livestock.

In recent years, international policies, in particular the European policies, have taken a change in direction, backing more sustainable and environmentally-friendly productions, which is seen as a positive sign to achieve institutional support for this

type of system with an intrinsic environmental value (Dubeuf, 2011). The most important public support come from the first pillar of the Common Agricultural Policy or from the Rural Development Programs (second pillar), recognizing the importance of a livestock activity that responds to the investment priorities of the European Agricultural Fund for Rural Development. Regarding the first pillar payments, the main obstacle faced by farmers situated mainly in mountain ranges and mountainous areas, with a predominance of trees and/or shrubs in the pastures, is that some or all of the pastures grazed would not be eligible for direct payments, and even if they were, an entitlement coefficient would be applied to the plots with trees and/or shrubs and the payments to farmers would be much smaller (Beaufoy and Ruiz-Mirazo 2013).

4.4.2.2. Actions for the improvement of farm management and viability

i) Improvement of natural pastures, development of crops adapted to the area and grazing optimization

Some specific strategies that focus on reproductive and feeding management may be, for example, to sow crops that can be cut several times such as alfalfa and therefore animals can graze the crops at the beginning of summer, then a second or third cut can be used as fresh fodder or as hay to be provided in the manger. In the farms of the Sierra, as this area does not have any water shortage problems in the summer, irrigated crops can be planted providing fodder all year round. Other strategies would focus on optimizing supply, for example, measuring the animals' body condition and supplementing them accordingly, or making up various lots of animals according to their physiological status and reproductive capacity and supplementing according to their specific needs.

All these actions are aimed at decreasing feeding costs and increasing feed self sufficiency on these farms, irrespective of their greater or lesser level of grazing. In the case of MG and HG farms, the best strategy for increasing profitability would be to optimize the use of grass as food source for goats. In this sense, it is necessary to generate knowledge and awareness of the quantity and quality of grazing resources, feed and reproductive handling in pastoral systems and all other factors that

contribute to the sustainability of these systems. In the case of the LG farms, with few grazing possibilities, and which have to provide a large supply of concentrates all year, a change in management oriented to generating more income from milk would be interesting. In this case, according to Gaspar *et al.* (2011) it would be recommendable to eliminate the seasonal nature of production and stagger parturitions throughout the year, with a better kidding planning.

This being a livestock and arable farming region, the lack of forage in the livestock farms may be overcome through agreements with local farmers, for instance allowing the goats to graze stubble and thus take advantage of the subsequent improved soil fertility. Other agreements could be reached, for example the livestock farmers could order the forage they need from the arable farmers at a better price, sourcing it locally without transport costs, and at the same time the farmer could ensure the sale of his production without having to depend on market demands.

There are various associations and cooperatives in the area, with specialized technical experts and relationships already consolidated with research bodies, which will enhance these actions.

ii) Enhancement and improvement of the autochthonous breeds adapted to grazing systems.

The gradual disappearance of the grasslands in Europe in the last 50 years has meant that these rangeland systems have been left isolated in depressed areas such as mountainous regions. However, the goats, and in particular autochthonous breeds like the Payoya, are the most specialized domestic ruminants in browsing (Mancilla-Leytón *et al.* 2012), and as such provides an opportunity to use the shrub pastures of these areas. Therefore, in farms with HG or MG continuing to use local but genetically improved breeds is a way not only to enhance their viability, but also to conserve the Mediterranean forests and shrublands.

iii) Marketing strategies linked to the quality of products based on grazing.

Beginning with the opportunity offered by the social demand for environmentally-friendly and high quality products, it is interesting to implement strategies to improve the marketing of these animal products through, for example, the development of quality brands, by advertising them and through campaigns launched by the administrations in support of these more sustainable livestock farms, or rather, through specific certifications such as the Carbon Footprint.

4.5. Conclusions

The traditional management of the rangeland goat systems shows an adaptation of the reproductive management to the seasonality of pasture production, and therefore the season with the greatest plant production coincides with the highest energy requirements of the animals, thus decreasing the supply of feeds to be provided in the manger. However, there are noteworthy differences between farms, even though all are considered to be mainly rangeland systems, the annual averages of energy requirements covered by feed provided in the manger is very different, presenting values of 41 % for HG, 61 % for MG and 91 % for LG.

As an improvement strategy for the HG and MG it is proposed to optimize the use of grazing resources, enhancing the beneficial effects for the environment (conservation of biodiversity, both animal and plant, and contribute to reducing the biomass fuel of these mountain areas), seeking greater feed self-sufficiency for farms and added value for the differentiated quality of milk from grazing systems. However, on the farms with a small territorial base, it is recommended to increase goat productivity and ensure the sustainability of the farm with measures such as genetic improvement, and wherever possible eliminate the seasonality of milk production, distributing it uniformly throughout the year. That's because they do not have enough surface to increase their level of autonomy regarding feeding resources and they must to improve their profitability increasing incomes.

All farms should focus on optimizing supply and supplementing according to the specific nutritional needs of the goats. In addition, further research is necessary to optimize the use of pastures, generating knowledge and awareness of the quantity

and quality of grazing resources, improving natural rangelands and encouraging the use of forage species adapted to the climatology and orography of the area, both as pasture and for forage conservation, which will help minimize the limitations in management derived from the seasonality of the Mediterranean pastures.

Capítulo 4. Manejo alimentario y reproductivo de la ganadería caprina de raza Payoya en función del grado de pastoreo

Table 4.5. Characteristics of the feeds provided in the manger by the farmers. Mean values and segregated according to grazing level.

Parameters recorded		Mean	Grazing level			p ^a
			Low	Medium	High	
Use of concentrates (%) ^b	One concentrate all or most of the year	50.5	25.0	46.6	100.0	***
	Two concentrates all or most of the year	49.5	75.0	53.4	0.0	
Types of concentrate used (%) ^c	Pelleted feed	13.1	20	12.2	0.0	***
	Grain mix	59.1	42.5	59.3	100.0	
	High fiber concentrate	16.8	37.5	10.0	0.0	
	Individual grain	10.9	0.0	18.5	0.0	
Use of forage supply (%) ^{b, d}	Not used	26.1	0.0	23.3	72.7	***
	One or more forage all or most of the year	56.0	100.0	23.3	0.0	
	One or more forage used in summer or parturition month	17.9	0.0	53.4	27.3	
Types of forage used (%) ^e	Hay	35.2	29.7	40.0	100.0	***
	Straw	15.6	13.5	20.0	0.0	
	Short fiber forage	40.2	43.2	37.8	0.0	
	Other by-products	9.0	13.5	2.2	0.0	

^a χ^2 =different indicator between grazing levels (*** P<0.001).

^b If one or two types of concentrate or forage are used all year round or for at least 8 months.

^c Grain mix: The most frequent is a mix of corn, beans, oats, sunflower seeds, barley and lupin. High fiber concentrate: The most frequent is a mix of short fiber dehydrated alfalfa with corn, corn distillate, soybean hulls and granulated wheat bran. Individual grain: The most frequent are oats, barley, beans and peas.

^d Only one type of forage is used during the summer months or the kidding season and no forage is used for the rest of the year.

^e Hay: Mainly from oats, vetch and alfalfa. Straw: Mainly from wheat, oats and barley. Short fiber forage: short fiber alfalfa that may come from High fiber concentrate or be provided directly in the manger. Other by-products: The most frequent are beet and olive by-products.

Table 4.6. Concentrate and fodder supplied (%) in the manger by the farmers according to sampling month¹.

Parameters recorded ^a		Months											
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Concentrate	Pelleted feed	13.6	12.5	8.3	8.7	14.3	12.0	12.5	13.0	13.6	15.0	18.2	16.7
	Grain mix	63.6	66.7	62.5	60.9	61.9	56.0	54.2	52.2	54.5	60.0	54.5	62.5
	High fiber concentrate	18.2	16.7	20.8	21.7	14.3	16.0	12.5	13.0	18.2	15.0	18.2	16.7
	Individual grain	4.5	4.2	8.3	8.7	9.5	16.0	20.8	21.7	13.6	10.0	9.1	4.2
Fodder	Hay	28.6	30.8	33.3	25.0	50.0	37.5	50.0	55.5	33.3	42.9	27.3	23.1
	Straw	35.7	38.5	11.1	12.5	0.0	12.5	12.5	0.0	0.0	7.1	18.2	15.4
	Short fiber forage	35.7	30.8	55.5	62.5	50.0	50.0	37.5	33.3	55.5	28.6	36.4	30.8
	Other by-products	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	11.1	21.4	18.2	30.8

^a See Table 4.5.

Table 4.7. Ingredients and chemical composition of the three most important concentrates^a supplied in the manger by the farmers.

Ingredients (%)	Grain mix	High fiber concentrate	Pelleted feed
Short fiber dehydrated alfalfa		25	
Lupin	10		
Oat	20		
Soybean hulls		15	10
Malting barley	12		24.4
Corn distillate		15.5	15
Lima beans	21.8		
Corn	25	20.4	3.2
Sunflower seeds	20		
Soybeans 44%		3.6	
Granulated wheat bran		12.3	
Wheat bran flour			9.2
Soy			9.6
Wheat feed			20
Pelleted feed	8		
Molasses	1	5	1
Salt	0.2	0.1	0.5
Bicarbonate		0.5	0.9
Carbonate			1.3
Corrector 1		0.1	0.2
Corrector 2			2
Protected fat			2.5
Preservative			0.2
Salt	0.2	0.1	0.5
Chemical composition (% DM basis)			
Dry matter (%)	91.14	90.55	91.32
Ash	4.11	7.83	7.81
Organic matter	87.03	82.72	83.23
Crude protein	18.82	15.35	16.53
Ether extract	4.72	5.82	4.56
Neutral detergent fiber	15.59	38.06	15.55

^a See Table 4.5

**CAPÍTULO 5. Calidad de la leche de cabra de raza Payoya
en función del grado de pastoreo en verano**

**CAPÍTULO 5. CALIDAD DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN
DEL GRADO DE PASTOREO EN VERANO**

***“MILK PRODUCTION, FATTY ACID COMPOSITION AND VITAMIN E CONTENT OF
PAYOYA GOATS ACCORDING TO GRAZING LEVEL IN SUMMER ON MEDITERRANEAN
SHRUBLANDS”***

Manuel Delgado-Pertíñez^a, Rosario Gutiérrez-Peña^a, Yolanda Mena^a, Victor M.
Fernández-Cabanás^a, David Laberye^b

^a *Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering,
“Agrifood Campus of International Excellence, ceiA3”, University of Seville, Spain*

^b *Fromandal S.A., grupo EURIAL, Industrial Park Las Marismas 28, 41740 Lebrija,
Seville, Spain*

Agroecology and Sustainable Food Systems, 41 (6): 614–634.

Abstract

Dietary intake of certain unsaturated fatty acids (FA), in particular conjugated linoleic acid (CLA) and omega-3 FA (n-3 FA), and fat-soluble antioxidants (e.g. α -tocopherol) has been linked to potential health benefits. Nevertheless, there is little information about how Mediterranean shrublands affect the fat composition and fat-soluble antioxidants of milk of dairy goats. The aim of this study was to evaluate the effect during the summer of different grazing levels on Mediterranean scrublands on milk production, milk FA profile and vitamin E content from Payoya goats. Eight farms were selected and data was collected monthly from June to October of 2010. Indicators for feeding management and productivity were obtained. The *Percentage of the milking goat's net energy requirements obtained from grazing* (NERG) was calculated. Farms were segregated in two groups according to the grazing level: high (HG, n=3) and medium grazing (MG, n=5). Whole milk was collected monthly from bulk tanks of the farms and analyzed for chemical composition, FA profile, α -tocopherol content and total antioxidant capacity (TAC). NERG differed between treatment groups and months ($P<0.001$ and $P<0.05$, respectively). No differences between groups were

observed for the most studied chemical parameters. The percentages of C16:1 ($P < 0.01$), C18:1 n-9 *trans* ($P < 0.05$), C18:1 n-9 *cis* ($P < 0.05$) and MUFA ($P < 0.01$) were significantly higher and the total SFA significantly lower ($P < 0.01$) in milk from MG farms compared with HG farms. In contrast, percentages of the nutritionally desirable FA (α -linolenic acid, C22:5 n-3, total n-3 PUFA) were significantly higher, while levels of total n-6 PUFA and n6:n3 ratio were significantly lower in milk from HG group. In addition, the percentages of NERG were correlated positively with the contents of several n-3 FA and negatively with the n-6 FA and n-6:n-3 ratio. CLA *cis*-9, *trans*-11 and CLA *trans*-10, *cis*-12 were not affected by grazing level. The short and long-chain FA showed significant variations during the period of study. HG farms showed significant higher α -tocopherol content in September ($p = 0.030$) and October ($p = 0.025$). The TAC levels did not significantly vary according to the grazing level and the month. In conclusions, the high grazing farms showed significantly higher levels of n-3 FA and α -tocopherol compared with the medium grazing farms, which are widely recognized as having beneficial effects on human health.

KEYWORDS: Antioxidant; CLA; dairy goat; milk quality; n-3; Pasture.

5.1. Introduction

Andalusia is the second goat milk-producing region in Europe, comprising essentially native breeds, as the Payoya breed. Most of the Payoya breed flocks have a grazing-based management, with scrubland occupying most of the grazing area (Nahed *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2008). Farms under grazing management regime are considered beneficial from the environmental point of view (Riedel *et al.* 2007). Controlled grazing favours the diversity of vegetation, the conservation of heterogeneous landscape and the prevention of soil loss and forest fires (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2011). In economically depressed areas, goat farming also has an important social role regarding preserving the population and maintaining traditions.

On the other hand, dietary intake of certain unsaturated fatty acids (FA), in particular conjugated linoleic acid (CLA) and omega-3 FA (n-3 FA), and fat-soluble antioxidants (e.g., α -tocopherol, carotenoids) has been linked to potential health benefits (Connor,

2000; Parodi, 2003; Wilcox *et al.*, 2004; MacRae *et al.*, 2005). Several works on dairy goat have highlighted the potential of grazing in herbaceous pasture for enhancing the proportion in milk and dairy products of polyunsaturated FA (PUFA), α -linolenic acid (α -LA, the main n-3 FA in milk), and/or CLA (Zan *et al.*, 2006; Galina *et al.*, 2007; D'Urso *et al.*, 2008; Lucas *et al.*, 2008), and fat-soluble antioxidants (Morand-Fehr *et al.*, 2007; Pizzoferrato *et al.*, 2007; Lucas *et al.*, 2008), compared with conventional concentrate-forage diets or low grazing systems. According to Silanikove *et al.* (2010) milk from goats feeding on pasture may present an overlooked "treasure trove" with respect to its health promoting lipid profile. While there is a great deal of information on temperate forage species fed to dairy cattle, there is little information about how Mediterranean forage species (particularly in grazing based on shrub and woody lands) affect the fat composition of milk and cheese of dairy sheep and goats. In this respect, Tsiplakou *et al.* (2006) and Mancilla-Leytón *et al.* (2013) observed that consumption of Mediterranean shrublands did not increase the milk CLA contents compared to non or low grazing animals, while Vasta *et al.* (2008) found that goats grazing on condensed tannins (CT)-rich grass and Mediterranean shrubs or shrublands had a higher CLA and vaccenic acid content in milk fat than animals grazing only grass. Moreover there is no information about differences in the composition of fat-soluble antioxidants in milk from goat dairy systems grazing on Mediterranean shrublands.

Through public subsidies and benefits, small ruminant grazing systems rapidly tend to become intensified. The number of grazing goat holdings has decreased slightly in most European countries. The main reasons for this decrease are: lack of shepherds, difficulties of grazing, rising land prices, the use of more productive breeds but less adapted to grazing, lack of recognition of the grazing product quality and scarce profitability of farms (Rancourt *et al.*, 2006; Riedel *et al.*, 2007; Castel *et al.*, 2010).

In order to maintain grazing systems, farms must enhance and promote their benefits to be profitable. The aim of this study was to evaluate the effect of different grazing levels on Mediterranean scrublands (high vs. medium) on milk production and milk FA and vitamin E composition from Payoya dairy goats. This study was conducted under

standard pasture and management conditions during the summer season in order to guarantee a majority consumption of shrub and woody plants.

5.2. Material and methods

5.2.1. Area of research, experimental farms and indicators

The selected area was the mountain range in Cádiz (South of Spain) where flocks of native Payoya goats predominate. Weather conditions corresponded to Mediterranean climate: seasonal rainfall of 600 mm (from October to April), average summer temperature of 24-26°C and a maximum of 40°C, and minimum winter temperatures of 8-10°C and a minimum of -2°C.

Eight Payoya goat farms were selected (about 27% of census farms according to the Association of Payoya Breeders, unpublished data). Data was collected monthly from June to October of 2010. The FAO-CIHEAM set of indicators for technical-economic characterization of sheep and goat production systems (Toussaint *et al.*, 2009) was obtained from farmers, breeding associations, cooperatives and milk industries. However, modifications according to Ruiz *et al.* (2008) were adapted for grazing systems.

All Payoya breed farms are raised under semi-extensive system based on the grazing of natural pastures (Association, of Payoya Breeders, unpublished data), and the main difference between farms is the concentrate consumption per animal/year (Ruiz *et al.*, 2008). In every farm and month of this study, the *Percentage of the milking goat's net energy requirements obtained from grazing* (NERG) was calculated by the difference between the total net energy requirements (NER) and the net energy of concentrates and forages provided indoors and expressed as percentage (Ruiz *et al.*, 2008). Farms were segregated in two groups according to the grazing level (Nahed *et al.*, 2006): high (HG, n=3; NERG>55%) and medium grazing (MG, n=5; NERG <55% and >25%). On rangeland, diet was composed of leaves and stems from Mediterranean shrubs and trees (mainly *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Genista hispanica*, *Cistus albidus*, *Phonis purpurea*, *Retama sphaerocarpa*

and *Phonis purpurea*). During the experimental time, mineral block supplements containing trace elements but no vitamins were applied to goats.

5.2.2. Milk sample collection

In every farm and monthly, whole milk was collected from bulk tanks (n=40). Duplicates of milk samples were stored in 50 mL plastic containers, covered with aluminum foil in order to preserve of light. Azidiol was added as preserver to one of the duplicates used for the determination of the FA profile and commercial traits in milk samples, while duplicates without azidiol were destined to the analysis of α -tocopherol. Then, samples were stored in ice boxes and transported to the laboratory where were stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ until laboratory analysis.

5.2.3. Analysis of basic chemical composition

Milk traits were recorded from June to October. Dry matter, protein, fat and lactose contents were estimated by near infrared spectroscopy (NIR) with a Foss NIRSystems 6500 SY-I monochromator (Silver Spring, Maryland, USA), from 400 to 2498 nm, every 2 nm (spectral bandpass $10\text{ nm} \pm 1\text{ nm}$). Milk samples were scanned using a transfectance cam-lock ring cell (3.75 cm diameter) with 0.1 mm pathlength, fitted with a gold-plated backing disc (FOSS ref. IH-0355-1). All spectra were manipulated and processed using WINISI III package version 1.50 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA). Subsequently, chemometric models developed in previous works for the estimation of Payoya breed milk traits were applied to NIR spectra. For calibration development, reference data were obtained with a Comby-Foss instrument (Milkoscan 255/605 type 25700/14100 and Fossomatic 250/360 type 25800/15700). Modified Partial Least Squared (MPLS) calibrations were obtained using WINISI software. The calibrations were developed using a maximum of 2 passes of automatic outliers (T and H) elimination. T outliers are defined as samples with significant differences between their laboratory and predicted values, while H outliers are defined as samples whose spectra show excessive distance ($H > 3$) to the spectral centre of the calibration set (Shenk and Westerhaus, 1995). Performance of NIRS equations was evaluated by examining the statistical values obtained for calibration

and external validation: determination coefficient and standard error of cross validation and external validation. Best calibrations were used to estimate milk traits values from spectral data of the samples studied in this work.

5.2.4. Fatty acids analysis

An aliquot of each milk sample was freeze-dried, stored at -20°C and afterwards used for the gas chromatography analyses of FA. Separation and quantification of FA methyl esters were performed with a gas chromatograph Agilent 6890N Network GS System (Agilent, Santa Clara, CA, USA), equipped with a flame ionization detector and fitted with a HP-88 capillary column (100 m, 0.25 mm i.d., 0.2 μm film thickness). Nonanoic acid methyl ester (C9:0 ME, 4 mg/mL) was used as an internal standard. Extraction and direct methylation were performed in a single step procedure based on the method published by Sukhija and Palmquist (1988) and revised by Juárez *et al.* (2008) in order to minimize isomerization and epimerization in CLA. Briefly, 1 mL of n-hexane and 3 mL of freshly made 5 % in wt methanolic HCl were added to freeze-dry milk samples, vortexed and heated for 90 min in a water bath at 70°C . After the contents were cooled to room temperature, 5 mL of 6 % by wt K_2CO_3 were added, followed by 2 mL of n-hexane. The contents of the tubes were vortexed, followed by centrifugation at 3500 rpm for 10 min. The upper organic phase was transferred to a culture tube and added 1 mL of NaSO_4 and finally dissolved in 1 mL of n-hexane for gas chromatography analysis. Individual FAs were identified by comparing their retention times with those of an authenticated standard FA mix Supelco 37 (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). Identification of the CLA isomers was done by comparing retention times with those of another authenticated standard mix (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). Fatty acids content was expressed as the percentage of total methyl esters identified.

After analyses, the FA composition data were grouped as follows: saturated FA (SFA), monounsaturated FA (MUFA), polyunsaturated FA (PUFA), unsaturated FA (UFA), n-3 PUFA, n-6 PUFA, short-chain FA (SCFA, C4:0-C10:0), medium-chain FA (MCFA, C11:0-C17:1), long-chain FA (LCFA, C18:0-C24:1) and total CLA. Ratios between the different

fractions, namely PUFA/SFA, UFA/SFA and n-6/n-3, were calculated. The desaturase activities were estimated indirectly as the ratio of the [product] to the [precursor + product] as suggested by Kelsey *et al.* (2003). Thus, activity indices of $\Delta 9$ C16 desaturase $[C16:1\ n-9 + C16:1\ n-7]/[C16:0 + C16:1\ n-9 + C16:1\ n-7]$, $\Delta 9$ C18 desaturase $[C18:1\ n-9\ cis + C18:1\ n-9\ trans]/[C18:0 + C18:1\ n-9\ cis + C18:1\ n-9\ trans]$ (Malau-Aduli *et al.*, 1998), $\Delta 6$ desaturase $[C20:3\ n-6]/[C18:2\ n-6 + C20:3\ n-6]$ (Anderson *et al.*, 2000) and $\Delta 9$ CLA desaturase $[C18:2\ cis-9, trans-11\ (rumenic\ acid, RA)]/[C18:1\ trans-11\ (vaccenic\ acid, VA) + RA]$ (Nudda *et al.*, 2008) were estimated. Finally, the atherogenicity index (AI) $[C12:0 + 4 \times 14:0 + C16:0]/[MUFA + PUFA]$ and the thrombogenicity index (TI) $[C14:0 + C16:0 + C18:0]/[0.5 \times MUFA + 0.5 \times n-6\ PUFA + 3 \times n-3\ PUFA + (n-3\ PUFA/n-6\ PUFA)]$ were calculated according to Ulbricht and Southgate (1991).

5.2.5. Analysis of vitamin E (α -tocopherol) content and antioxidant activity

Concentrations of α -tocopherol in milk samples were quantified by a modification of the method described by Butriss and Diplock (1984). Samples (0.2 g) were saponified in the presence of 0.3 mL of KOH (70%), 1 mL of KCl (1.15%) and 2 mL of pyrogallol (1% in ethanol) at 70°C for 2.5-3 h. Water (1 mL) and hexane (3 mL) were added and the mixture was vortexed for 5 min and centrifuged at 2500 rpm for 10 min (this extraction with hexane was realized two times). The organic phase containing the vitamins was removed and evaporated and dissolved in ethanol (200 μ L) prior to analyses by reverse phase HPLC (HP 1050, with a UV detector, HPIB 10, Hewlett Packard, Waldbronn, Germany). Separation was performed on a LiCrospher 100 RP-18 column (Agilent Technologies GmbH). The mobile phase was methanol:water (97:3 v/v) at a flow rate of 2 mL/min, and the detector was fixed at 292 nm.

Total antioxidant capacity (TAC) of whole milk samples was determined by the ABTS (2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) method (capacity to scavenge the radical cation ABTS⁺ in comparison to Trolox), modified from that described by Pellegrini *et al.* (1999). To prepare the stock solution of the radical cation, an ABTS solution was oxidized in water by treatment with potassium persulfate (molar

ratio=1:0.35) for 12–16 h in the dark, and then diluted in buffer (0.1 mol L⁻¹ acetate buffer, pH 5.0 or 0.1 mol L⁻¹ potassium phosphate buffer, pH 5.0–7.4) prior to assay giving an absorbance of 0.70±0.02 at 730 nm. A proper amount of sample was added to 1mL of reagent and incubated at 25°C for 10 min. Scavenging of the ABTS+ radical was monitored by the absorbance decrease at 730 nm by spectrophotometry. The water-soluble vitamin E analogue Trolox was used as standard, and triplicates were analyzed for each sample.

5.2.6. Statistical analysis

Data of feeding management, milk production and milk's constituents were analyzed by factorial ANOVA, using the general linear model (GLM) of the SPSS for Windows 18.0 package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), including the fixed effects of grazing level and month. The linear model used for each parameter was as follows:

$$Y_{ijk} = \mu + GL_i + M_j + (GL \times M)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Where Y_{ijk} = observations for dependent variables; μ = overall mean; GL_i = fixed effect of grazing level (i = high or medium); M_j = fixed effect of month (j = June to October); $GL \times M$ = interactions between among these factors, and ϵ_{ijk} = random effect of residual. To demonstrate association between the results of the goats in each stage of lactation, made at the time of milk sampling, and different sources of variation (grazing level and month), we performed Chi-square (χ^2) distribution tests on contingency tables. Pairwise comparisons of means were carried out, where appropriate, using Tukey's honest significant difference tests. Pearson correlation coefficients among different variables were also determined.

5.3. Results

5.3.1. Feeding and production parameters for high and medium grazing farms

Table 5.1 shows herd size, stage of goat lactation, area per goat and diet composition. In the experimental farms, the majority of goats had parturition in October-November and finished their lactation during the summer. During the experimental period, goats

in late stage lactation were dominant and the number of milking goats decreased significantly as the months progressed.

Natural pasture area per goat differed between treatment groups and months ($P<0.001$ and $P<0.05$, respectively) (see Table 5.1). Goats grazed most of the day, even during the summer time, despite that quantity and quality of the natural pastures decrease, as it is usual during this season under Mediterranean weather. Therefore, NERG decreased from June to October ($P<0.05$). Most of pastures are natural, as cultivated pasture area per goat is very small. Even though goat milk production decreased (and therefore goat requirements) throughout the months, no changes were observed in the amount of concentrate supplied to goat from June to October. Nevertheless, due to the variation among groups on natural pasture area per goat (HG: 1.32 and MG: 0.46 ha/goat) and concentrate supply per goat (HG: 0.8 and MG: 1.1 Kg/goat/day), the percentage of NERG was significantly higher for HG group than for MG group (HG: 56.7 and MG: 41.2) ($P<0.001$). Differences between treatments or months were not found for NER obtained from forage.

5.3.2. Milk yield and basic chemical composition

The yield and chemical composition of milk are reported in Table 5.2. Average milk yield did not statistically differ between the groups. Regarding the chemical composition, no differences between groups were observed for the most studied parameters; only there were differences between groups for lactose content ($P<0.05$).

Regarding the influence of the month, milk yield significantly decreased in relation to the month of sampling and for the chemical composition, the highest values for these components were found in the last months.

Capítulo 5. Calidad de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo en verano

Table 5.1. Differences in feeding and production management parameters (mean values) of the farms according to grazing level and month of milk production in Payoya goats

Parameters recorded	Grazing level (GL)		Month (M)					SEM ^b	Significance ^c		
	High	Medium	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.		GL	M	GLxM
Number of farms	3	5	8	8	8	8	8				
Herd size (milking goats)	335	184	318a	315a	248ab	177ab	145b	23	***	**	ns
Goats in early stage lactation (1-3 months) (%)	23	18	0	0	10	30	60		++	+	
Goats in middle stage lactation (4-6 months) (%)	7	4	25	0	0	0	0		++	+	
Goats in late stage lactation (7-9 months) (%)	70	78	75	100	90	70	40		++	+	
Natural pasture area/goat, ha	1.32	0.46	0.47b	0.48b	0.77ab	1.00ab	1.18a	0.11	***	*	ns
Cultivated pasture area/goat, ha	0.10	0.07	0.05	0.05	0.08	0.10	0.15	0.01	ns	ns	ns
Diet composition											
NER obtained from grazing (%) ^a	56.7	41.2	50.9a	47.7ab	48.7a	48.6a	39.1b	1.6	***	*	ns
NER obtained from concentrate (%) ^a	36.7	48.0	41.6	44.3	43.6	40.8	48.5	1.9	**	ns	ns
Concentrate supply (kg/goat/day)	0.8	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	0.1	**	ns	ns
NER obtained from forage (%) ^a	6.6	10.5	7.5	7.8	7.5	10.0	12.4	1.8	ns	ns	ns
Forage supply (kg/goat/day)	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	ns	ns	ns

a,b Means with different superscript between column differ significantly

^a NER, net energy requirements

^b Standard error of mean

^c * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001; ns: not significant, P>0.05. χ^2 =different indicator between grazing level or months (+, P<0.05); non-different indicator between grazing level or months (++, P>0.05)

Capítulo 5. Calidad de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo en verano

Table 5.2. Mean values of the yield and nutritional characteristics of milk depending on grazing level of the farms and month in Payoya goats

Parameters recorded	Grazing level (GL)		Month (M)					SEM ^b	Significance ^c		
	High	Medium	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.		GL	M	GLxM
Milk yield (L/goat/day)	1.11	1.35	1.74a	1.48ab	1.26abc	1.00bc	0.80c	0.08	ns	**	ns
Total solids (%)	13.55	13.37	12.91b	12.51b	12.68b	13.69b	15.39a	0.20	ns	***	ns
Protein (%)	3.75	3.78	3.46c	3.48c	3.52c	3.84b	4.54a	0.07	ns	***	ns
Fat (%)	4.90	4.93	4.34c	4.14c	4.75bc	5.25ab	6.10a	0.14	ns	***	ns
Lactose (%)	4.09	4.02	4.08	4.11	3.99	4.02	4.02	0.17	*	ns	ns
Solids not-fat (%)	8.53	8.48	8.23c	8.26bc	8.22c	8.58b	9.21a	0.07	ns	***	ns
α -tocopherol (ug/g)	0.51	0.43	0.44	0.41	0.45	0.48	0.51	0.02	*	ns	*
TAC (ABTS) (μ mol/mL) ^a	3.43	3.59	3.31	3.41	3.54	3.62	3.73	0.05	ns	ns	ns

Means with different alphabets (a,b,c) between column differ significantly

^a TAC, total antioxidant capacity by ABTS (2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) method

^b Standard error of mean

^c * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001; ns: not significant, P>0.05

5.3.3. Fatty acid profile

The percentages of C16:1 ($P < 0.01$), C18:1 n-9 *trans* ($P < 0.05$), C18:1 n-9 *cis* ($P < 0.05$) and MUFA ($P < 0.01$) were significantly higher and the total SFA significantly lower ($P < 0.01$) in milk from MG farms compared with milk from HG farms (Table 5.3). In contrast, percentages of the nutritionally desirable FA (α -linolenic acid, C22:5 n-3, total n-3 PUFA) were significantly higher, while levels of total n-6 PUFA were significantly lower in milk from HG group, when compared with milk from MG group. As a result, the n6:n3 ratio was also higher in milk from MG farms. In addition, a positive correlation was obtained between the percentages of NERG and the contents of several n-3 FA (α -linolenic acid, $r = 0.54$, $p = 0.000$; C22:6 n-3, $r = 0.50$, $p = 0.001$; total n-3, $r = 0.53$, $p = 0.000$), while a negative correlation was obtained between the percentages of NERG and the percentages of less desirable PUFA (C20:4 n-6, $r = -0.44$, $p = 0.005$; n-6:n-3 ratio, $r = -0.49$, $p = 0.001$). CLA *cis*-9, *trans*-11 and CLA *trans*-10, *cis*-12 were not affected by grazing level. The atherogenicity and thrombogenicity indexes were significantly lower in milk from MG group, when compared with milk from HG group (Table 5.3).

The FA that showed significant variations during the period of this study were only some SCFA and LCFA (see Table 5.3). The proportions of the individual FA and the FA groups depending on month are shown in Table 5.4. The short-chain FA significantly increased as a function of the month of sampling. For individual LCFA, the lowest values for these components were found in the lasted months.

5.3.4. Vitamin E content and antioxidant activity

The α -tocopherol content in milk was significantly higher in the HG group, compared with the MG group (Table 5.2). Also, significant interactions between grazing level and month were identified for α -tocopherol content ($P < 0.05$) (Fig. 5.1). HG farms showed significant higher α -tocopherol content only in September ($p = 0.030$) and October ($p = 0.025$). No correlation was observed between the percentages of NERG and the α -tocopherol contents ($p = 0.822$). In this study, the ABTS levels did not significantly vary according to the grazing level in the herd diet and the month (Table 5.2).

Table 5.3. Fatty acid profile (% of total fatty acids) of the milk in Payoya goats according to the grazing level of the farms

Fatty acid ^a	Grazing level (GL)		SEM ^b	Significance ^c		
	High	Medium		GL	M	GLxM
C4:0	1.24	1.23	0.01	ns	**	ns
C6:0	1.34	1.37	0.02	ns	**	ns
C8:0	2.10	2.05	0.06	ns	***	ns
C10:0	8.05	7.82	0.12	ns	ns	ns
C11:0	0.07	0.08	0.00	ns	*	ns
C12:0	3.72	3.66	0.10	ns	ns	ns
C13:0	0.10	0.11	0.01	ns	ns	ns
C14:0	10.88	10.52	0.16	ns	ns	ns
C14:1	0.47	0.54	0.02	ns	ns	ns
C15:0	0.75	0.85	0.03	ns	ns	ns
C15:1	0.04	0.05	0.00	ns	ns	ns
C16:0	29.25	28.71	0.28	ns	ns	ns
C16:1	0.77	0.98	0.03	**	ns	ns
C17:0	0.64	0.61	0.02	ns	ns	ns
C17:1	0.22	0.24	0.01	ns	ns	ns
C18:0	14.56	13.81	0.34	ns	ns	ns
C18:1 n-9 <i>trans</i>	0.31	0.41	0.02	*	ns	ns
C18:1 <i>trans</i> -11 (VA)	0.89	0.86	0.03	ns	ns	ns
C18:1 n-9 <i>cis</i>	19.84	21.13	0.25	*	ns	ns
C18:2 n-6 <i>trans</i>	0.21	0.25	0.01	ns	ns	ns
C18:2 n-6 <i>cis</i>	2.13	2.43	0.07	ns	ns	ns
γ -C18:3 n-6	0.04	0.06	0.00	*	*	ns
α -C18:3 n-3	0.49	0.35	0.02	***	***	ns
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 (RA)	0.33	0.33	0.01	ns	ns	ns
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0.15	0.15	0.01	ns	***	ns
C20:0	0.36	0.32	0.01	ns	***	ns
C20:1 n-9	0.05	0.06	0.00	ns	***	ns
C20:2	0.09	0.08	0.01	ns	*	ns
C20:3 n-6	0.06	0.07	0.00	ns	ns	ns
C20:4 n-6 (ARA)	0.20	0.24	0.01	ns	ns	ns
C20:3 n-3	0.02	0.02	0.00	ns	ns	ns
C20:5 n-3 (EPA)	0.05	0.04	0.00	ns	***	ns
C21:0	0.18	0.20	0.01	ns	ns	ns
C22:0	0.03	0.04	0.00	ns	***	ns
C22:1 n-9	0.06	0.06	0.00	ns	***	ns
C22:5 n-3 (DPA)	0.13	0.11	0.00	*	**	ns
C22:6 n-3 (DHA)	0.03	0.03	0.00	ns	ns	ns
C23:0	0.04	0.03	0.00	ns	ns	ns
C22:2	0.01	0.01	0.00	ns	ns	ns
C24:0	0.04	0.04	0.00	ns	***	ns
C24:1	0.02	0.02	0.00	ns	ns	ns
SFA	73.37	71.48	0.31	**	ns	ns
MUFA	22.68	24.36	0.27	**	ns	ns
PUFA	3.95	4.16	0.10	ns	ns	ns

Capítulo 5. Calidad de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo en verano

UFA	26.63	28.52	0.31	**	ns	ns
SCFA	12.73	12.47	0.17	ns	**	ns
MCFA	46.93	46.37	0.47	ns	ns	ns
LCFA	40.34	41.16	0.56	ns	ns	ns
n-6	2.64	3.05	0.08	*	ns	ns
n-3	0.72	0.55	0.03	***	***	ns
n6/n3	3.75	5.78	0.25	***	ns	ns
CLA	0.48	0.48	0.01	ns	ns	ns
PUFA/SFA	0.05	0.06	0.00	ns	ns	ns
UFA/SFA	0.36	0.4	0.00	**	ns	ns
$\Delta 9C14$	0.04	0.04	0.00	ns	ns	ns
$\Delta 9C16$	0.03	0.03	0.00	ns	ns	ns
$\Delta 9C18$	0.59	0.62	0.01	ns	ns	ns
CLA index	0.27	0.28	0.01	ns	ns	ns
VA/RA	2.78	2.73	0.13	ns	ns	ns
AI	3.06	2.79	0.06	*	ns	ns
TI	3.71	3.5	0.05	*	ns	ns

^a VA, vaccenic acid; RA, rumenic acid; ARA, arachidonic acid; EPA, eicosapentaenoic acid; DPA, docosapentaenoic acid; DHA, docosahexaenoic acid. SFA, saturated fatty acids (FA); MUFA, monounsaturated FA; PUFA, polyunsaturated FA; UFA, unsaturated FA; SCFA, short-chain FA (C4:0-C10:0); MCFA, medium-chain FA (C11:0-C17:1); LCFA, long-chain FA (C18:0-C24:1); CLA, total conjugated linoleic acid; n-3, all fatty acids with last double bond at 3rd carbon from the methyl end; n-6, all fatty acids with the last double bond at 6th carbon from the methyl end; $\Delta 9C14$ desaturase index; $\Delta 9C16$ desaturase index; $\Delta 9C18$ desaturase index; CLA desaturase index; AI, atherogenicity index; TI, thrombogenicity index.

^b Standard error of mean

^c M, month; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: not significant, P>0,05

Table 5.4. Fatty acid profile (% of total fatty acids) of the milk according to month of milk production in Payoya goats^a

Fatty acid ^b	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	SEM ^c
C4:0	1.20ab	1.14b	1.28a	1.29a	1.27a	0.01
C6:0	1.29b	1.30b	1.31b	1.38ab	1.52a	0.02
C8:0	1.90b	1.76b	1.79b	2.40a	2.48a	0.06
C11:0	0.08ab	0.07b	0.09a	0.07b	0.07b	0.00
γ-C18:3 n-6	0.06ab	0.06ab	0.07a	0.04b	0.04b	0.00
C20:0	0.35ab	0.41a	0.39a	0.28bc	0.23c	0.01
α-C18:3 n-3	0.38bc	0.55a	0.45ab	0.35bc	0.29c	0.02
C20:1 n-9	0.06b	0.07ab	0.08a	0.04c	0.03c	0.00
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0.13bc	0.18a	0.19a	0.16ab	0.10c	0.01
C20:2	0.09ab	0.11a	0.09ab	0.06b	0.06b	0.01
C22:0	0.03b	0.06a	0.05ab	0.03b	0.02b	0.00
C22:1 n-9	0.07ab	0.08a	0.07ab	0.05b	0.05b	0.00
C20:5 n-3 (EPA)	0.04ab	0.05a	0.06a	0.04ab	0.03b	0.00
C24:0	0.03b	0.03b	0.03b	0.05a	0.05a	0.00
C22:5 n-3 (DPA)	0.11ab	0.14a	0.12ab	0.11ab	0.10b	0.00
SCFA	12.10bc	11.85c	12.27abc	13.19ab	13.44a	0.17
n-3	0.58bc	0.80a	0.69ab	0.55bc	0.47c	0.03

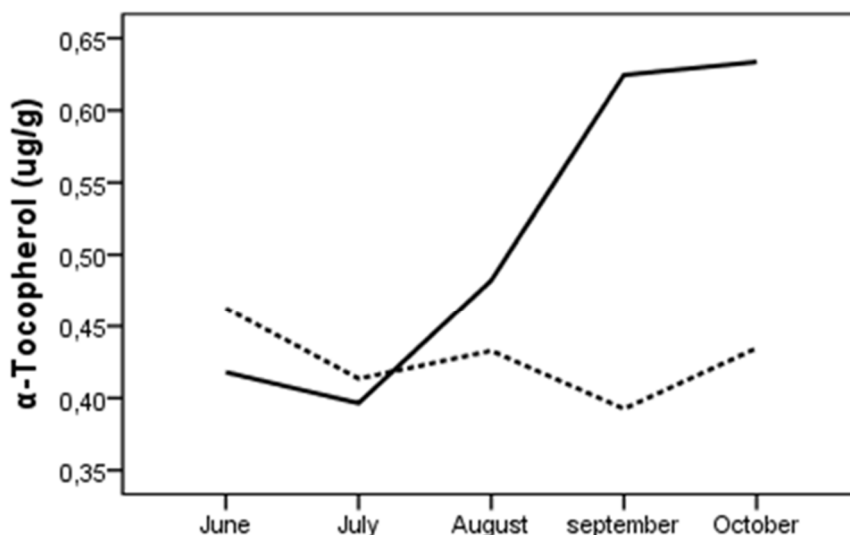
Means with different alphabets (a,b,c) between column differ significantly

^a Results are averages of two grazing systems

^b EPA, eicosapentaenoic acid; DPA, docosapentaenoic acid; SCFA, short-chain fatty acids (C4:0-C10:0)

^c Standard error of mean

Figure 5.1. Effect of high (—) and medium (---) grazing level (GL) and sampling months on the contents of α -tocopherol in milk of Payoya goats. Significant interactions between GL and date were identified. Effect of GL: June ($p=0.463$), July ($p=0.863$), August ($p=0.512$), September ($p=0.030$), October ($p=0.025$). Effect of sampling months: high grazing ($p=0.089$), medium grazing ($p=0.824$).



5.4. Discussion

5.4.1. Milk yield and basic chemical composition

According to milk production and chemical composition, the levels of energy and protein supply with the pasture and supplemented feeds were similar in both groups (Morand-Fehr *et al.*, 2007) (see Table 5.2). Lactose concentration and secretion are positively related with milk yield (Leitner *et al.*, 2011). In our study the differences found between groups according to grazing level for milk yield and lactose content were significant only in the case of lactose (P value = 0.043). In addition, the differences between groups for both parameters were small (see the mean values in Table 5.2) and according to p value for milk yield (0.072), a trend of higher values in the MG in comparison to HG farms is observed. Nevertheless, the experimental design of this study (specially due to bulk vs. individual milk collection, and reduced number of milk samples collected) does not allow drawing conclusions regarding differences in milk yield between the HG and MG systems and further research is needed to clarify this issue.

Lactational effects (in the experimental farms of this study the lactation finished towards summer) and differences in feeding (mainly due to ingestion and nutritional composition of the

feedstuff) can explain the different results in milk yield and chemical composition in the months studied.

5.4.2. Fatty acid profile

Few significant differences and trends in milk fat composition were found between HG and MG farms during the summer period when goats were fed concentrate and conserved forage-based diets. This may have been due to feeding regimes used by HG and MG herds being more similar during the summer compared with another feeding periods. Though fresh forage intake increases dietary PUFA supply (Dewhurst 2005; Dewhurst *et al.*, 2006; Tsiplakou *et al.*, 2006; D'Urso *et al.*, 2008), in our study higher SFA and lower MUFA contents (specially as consequence of higher C18:0 and lower C18:1 n-9 *cis*) were observed in milk from HG group, compared with those in MG group. The different forage/concentrate (F/C) ratio of diets between both groups could be responsible of these results (Tsiplakou and Zervas, 2008a). Indeed, a lower F/C ratio in MG goats diet, would lead to a slowing down in the last biohydrogenation step of FA (C18:1→C18:0) of PUFA coming from the diet, in agreement with previous studies that reported lower biohydrogenation rates for high concentrate indoor diets (Dewhurst 2005; Chilliard *et al.*, 2007). Because of a large portion of C18:1 comes from C18:0 by Δ^{-9} desaturase activity, a smaller substrate (C18:0) supply could explain the lower C18:1 milk fat content in HG group (Tsiplakou and Zervas, 2008a), and this effect overrides the effect of higher fresh forage intake in the HG animals.

The n-3 FA are considered the most important dietary FA for human health. Present human health recommendations include a dietary n-6:n-3 FA optimum of 2.0–2.5, but most human foodstuffs have a ratio nearer to 5.0–10.0 (MacRae *et al.*, 2005). In the present study, although the PUFA content in both groups was similar, the HG farms displayed higher percentages of n-3 FA (specially α -linolenic acid) and lower n-6:n-3 ratio than MG farms (see Table 5.3). In addition, a positive correlation was obtained between the percentages of NERG and the contents of several n-3 FA. These results are not surprising in view of the contrasting diets, and could be a consequence of high pasture intake by HG managed dams due to reduced feedstuff supplementation. Goats fed on rangeland (herbaceous plants, leaves and shrubs) (Tsiplakou *et al.*, 2006; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013) and on grass pasture (D'Urso *et al.*, 2008) have been shown to have higher n-3 FA proportions in milk fat than animals fed diets based on concentrate. It should be pointed out that it is currently uncertain whether the main n-3 FA found in milk, α -linolenic acid (C18:3 *cis* 9, *cis* 12, *cis* 15), has similar effects on human health as the long-chain n-3 FA found mainly in fish oil (C:20 or longer). These long-chain n-3 FA are known to be present

at low levels in milk fat (Dewhurst *et al.*, 2006) and in this study were not affected by grazing level, except for C22:5 n-3 (DPA). However, there is now both direct and indirect evidence that significant levels of longer-chain n-3 FA, especially eicosapentaenoic acid (EPA; C20:5 n-3) and to a lesser extent docosahexaenoic acid (DHA; C22:6 n-3), are generated from α -linolenic acid in humans (Burdge and Calder, 2005).

Also, because of potentially increased risks of atherogenicity of C16:0, fat with a high atherogenicity index is assumed to be detrimental to human health (Ulbricht and Southgate, 1991). The atherogenicity index values for both groups were similar to those from a previous study of goats under the same grazing based system (Mancilla-Leytón *et al.*, 2013), but lower than those reported in milk of sheep fed Mediterranean forages (Addis *et al.*, 2005).

In the present study, the CLA content was similar to that reported in goats fed on rangeland (Tsiplakou *et al.*, 2006; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013) or slightly lower than that reported by D'Urso *et al.* (2008) in goats fed on grass pasture, but lower than that reported for the milk fat of lactating dams on diets supplemented with concentrates rich in C18:2 and C18:3 (Nudda *et al.*, 2008) or in PUFA-rich protected fat (Sanz Sampelayo *et al.*, 2006). Although grazing animals on grass pasture have higher CLA concentrations in their milk (Atti *et al.*, 2006; D'Urso *et al.*, 2008; Butler *et al.*, 2008; Pajor *et al.*, 2009), compared to non or low grazing animals; the feeding on Mediterranean shrublands or a diet containing tannins did not increase the milk (Tsiplakou *et al.*, 2006; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013) CLA contents. These results could be due to effects of tannins on ruminal biohydrogenation (Vasta *et al.*, 2009; Vasta *et al.*, 2010) and could explain the lack of effect showed in the present study on milk. High CLA concentrations can also be achieved by high-concentrate diets supplemented with whole oily seeds or their oils (Sanz Sampelayo *et al.*, 2007; Nudda *et al.*, 2008). However, since concentrate chemical composition was not monitored in this study, this will have to be tested in future studies. Further to diet effects, species differences could explain the lack of effect showed in the present study (Tsiplakou and Zervas, 2008b). In that work, when included in diets for sheep and goats, olive tree leaves and grape marc increased significantly the concentrations of CLA *cis*-9, *trans*-11 and VA in milk fat only in sheep, showing an apparent difference in response between sheep and goats, which should be tested in further studies.

The results of the SCFA depending on month agree with those reported by Soryal *et al.* (2005), who observed a high content of SCFA at the beginning, and then in the last stage of lactation, while differ from those reported by Strzałkowska *et al.* (2009) who observed a low content of SCFA in the last stage of lactation. The variations in SCFA and MCFA were generally caused by

lactational effects, while seasonal variations in LCFA appeared to be diet-related (Hawke and Taylor, 1983; Kondyli and Katsiari, 2002). Specially for the n-3 FA, these results agree with those reported by Tsiplakou *et al.* (2006) and D'Urso *et al.* (2008), and with the positive correlation found in this study between their contents and the NERG, where the highest values in milk were registered in the months with highest percentages of NERG.

5.4.3. Vitamin E content and antioxidant activity

There is no information on the composition of fat-soluble antioxidants in milk from goat dairy systems grazing on Mediterranean shrublands. Nevertheless the results of this study agree with previous ones relating to goat (Pizzoferrato *et al.*, 2007) or cow (Butler *et al.*, 2008) in herbaceous pasture, although in our study the values were lower. They are explained by a lower supply α -tocopherol by the preserved forages and by the non or low vitamin supplementation in the farms with lower level of pasture. Some operations of the preserved forage-making such as shading, wilting and drying of the grass, result in an oxidative degradation of these nutrients (Robowsky and Knabe, 1972; Iwanska *et al.*, 1997). In addition, the amount of carotenoids, retinol and α -tocopherol secreted into ruminant milk fat depends directly upon their level in the ration (Sharma *et al.*, 1983). Thus, a higher intake of these micronutrients from fresh grass brings about a higher intestinal absorption and therefore a higher transfer from blood into milk.

Significant interactions between grazing level and month were identified for α -tocopherol content (see Fig. 5.1). Though the HG farms displayed higher NERG in every month of this study compared with the MG farms (data not shown), those farms showed significant higher α -tocopherol content only in two months. This would explain that no correlation was observed between the percentages of NERG and the α -tocopherol contents. In addition, the highest α -tocopherol values of HG farms were not associated with the months with highest percentages of NERG. This may be related to differences in the nutritional composition of the herbage resulting from the grazing systems used (e.g., the length of time allowed for pasture regrowth between grazing periods), different botanical compositions of the ingested pasture, which can mark differences in the vitamin contents of the pasture and for it in the transfer to the animal products. However, since grass composition and total forage availability were not monitored in this study, this will have to be tested in future studies.

The results of the ABTS levels differ from those reported in cheeses by Lucas *et al.* (2008), using the ferric reducing/antioxidant power, and Cuchillo-Hilario *et al.* (2009), using radical scavenging activity by ABTS and DPPH⁺, who observed that the antioxidant activity was more high as the percentage of pasture in the basic fodder ration was important. Nevertheless, the last authors,

using the antioxidant activity on liposome oxidation did not find differences between groups. The synergism between antioxidant compounds as well as the production of de novo antioxidant metabolite products can explain this effect (Calligaris *et al.* 2004; Smet *et al.* 2008). Also, the content of natural potentially antioxidant aminoacids like tyrosine, tryptophan, histidine, lisine and methionine can influence the final antioxidant capacity (Zulueta *et al.* 2009).

5.5. Conclusions

The high grazing farms showed significantly higher levels of n-3 FA and α -tocopherol compared with the medium grazing farms, which are widely recognized as having beneficial effects on human health. Nevertheless, more research is needed to elucidate the potential of milk from goat dairy systems grazing on Mediterranean shrublands as a functional food.

**CAPÍTULO 6. Perfil de Ácidos Grasos y contenido en
Vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en
función del grado de pastoreo y de la época del año**

CAPÍTULO 6. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y CONTENIDO EN VITAMINAS A Y E DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO Y DE LA ÉPOCA DEL AÑO

“FATTY ACID PROFILE AND VITAMINS A AND E CONTENTS OF MILK IN GOAT FARMS UNDER MEDITERRANEAN WOOD PASTURES AS AFFECTED BY GRAZING CONDITIONS AND SEASONS”

Rosario Gutiérrez-Peña^a, Víctor M. Fernández-Cabanás^b, Yolanda Mena^b, Manuel Delgado-Pertíñez^b

^a*Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori, Govern de les Illes Balears, 07009, Palma, Mallorca, Spain*

^b*Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering, “Agrifood Campus of International Excellence, ceiA3”, University of Seville, Spain*

Food Composition and Analysis, 72: 122–131

Abstract

European small ruminant systems are mainly situated in mountain areas and for the production model to be sustainable, the quality of products and traceability should be analysed. Technical data and bulk milk samples (n=48 for each season) from 16 goat farms were collected each month during the four seasons of the year. According to the indicator *Net energy provided by grazing* on shrublands (NERG), farms were separated in High (n=3, 59% NERG), Medium (n=9, 39%) and Low (n=4, 16%) Grazing groups. Samples were analysed for fatty acid (FA) profile and vitamin A and E contents, and was evaluated its utility to discriminate milk samples. Few differences were found in the analyzed parameters between farm groups. However, important changes were reported according to season. Spring milk (46% NERG) showed significantly higher levels of some healthy FA (total polyunsaturated, $4.67 \pm 0.044\%$ of total FA; n-3, 0.94 ± 0.017 ; conjugated linoleic acid total, 0.51 ± 0.008), summer (37% NERG) and autumn (33% NERG) showed higher levels of α tocopherol (215.5 and $195.8 \pm 6.54 \mu\text{g}/100 \text{ g}$,

respectively) and winter (32% NERG) showed higher levels of retinol (85.0 ± 1.71 $\mu\text{g}/100$ g). The multivariate approach was able to discriminate milk from different seasons.

KEYWORDS: Food analysis; Food composition; Mountain goat herds; Milk quality; Conjugated linoleic acid; n-3 fatty acids; Retinol; Tocopherol.

6.1. Introduction

At present, there is a growing interest in animal food products obtained from mountain pastures, recognised by nearly all consumers and farmers themselves as high-quality foods. European small ruminant production systems involve important socioeconomic and environmental issues in the Mediterranean region, mainly for the less favoured areas where small ruminants are adapted to grazing in marginal areas and where conditions for other agricultural production are inadequate (De Rancourt et al., 2006; Riedel et al., 2007). In these countries, many goat farms traditionally associated to grazing systems in mountain areas have specialized in milk production, particularly in economically developed countries such as Spain. This dairy specialization has brought about an increase in the use of concentrates (Castel et al., 2011) thus reducing or even eliminating pasture as a feed source. Despite the goat farming intensification process, there are still areas where farms depend on pastures, at least partly, to feed their animals. However for this production model to be sustainable, apart from being economically viable, the quality of their products should also be analysed and characterized.

Authentication of herbivore diet has become a target of scientific research, as consumer perception is being addressed to the mode of animal production. Due to the strong influence of animal feeding on the composition of milk fat, certain lipid molecules can be used to support the traceability of milk from grazing ruminants (Morand-Fehr et al., 2007; Povolito et al., 2012). In addition, intake of unsaturated fatty acids (FA), such as trans-vaccenic (VA), linoleic (LA), conjugated linoleic (CLA) and α -linolenic acids (α -LNA) or other n-3 FA, and fat-soluble antioxidants (e.g., α -tocopherol, carotenoids) are claimed to have possible benefits for human health

(Connor, 2000; Willcox et al., 2004). However, studies on goats' intake of Mediterranean shrub and woody forages and its effect on fat composition of milk products are scarce in the scientific literature. On this point, studies conducted for a short period of time and few farms (Delgado-Pertíñez et al., 2013; Tsiplakou et al., 2006) reported that intake of woody forages increased the contents of α -LNA and other n-3 FA, while CLA content did not differ from those derived from non or low grazing animals. Only during the summer, the previous study of Delgado-Pertíñez et al. (2013) evaluated the effect of grazing level on milk α -tocopherol content, and concluded that contents were significantly higher in the high grazing farms. Moreover, there is no information on the composition of retinol and other tocopherol compounds in milk from goat farms grazing on Mediterranean woody pastures.

From the scientific literature available it is clear that the analysis of just one compound is not sufficient for the unequivocal verification of pasture grazing. Using the information contained in several biomarkers at once, i.e. a multivariate approach, seems a much more appealing strategy. Canonical Variate Analysis and Principal Component Analysis biplots have been applied for the discrimination of groups. The main advantage of the biplot methods is that it is possible not only to establish the differences between groups but also to characterize the variables responsible for them. Fat-soluble antioxidants (tocopherols and retinoids) and FAs compounds have been used with these multivariate approaches to authenticate production system (outdoor grazing vs. indoor feeding) of sheep (Valdivielso et al., 2015; Virto et al., 2012) and cow dairy products (Capuano et al., 2014). Nevertheless, no references have been found regarding its application to the characterization of goat dairy products.

Influence of feeding strategies on milk composition in commercial herds has not been frequently reported. On-farm studies contribute to the generation of valuable information from real commercial farms, where all factors cannot be controlled or even are inseparably associated (e.g., lactation, season and feeding management effects) in contrast to experimental farms or trials (Delgado-Pertíñez et al., 2013;

Tsiplakou et al., 2006; Valdivielso et al., 2016 and 2015). This kind of research is indispensable in order to know how extensive grazing can affect to the quality of dairy products in farms located in mountain zones. Thus, the aim this study was focussed on the evaluation of the effect of seasonal feeding systems (winter, spring, summer and autumn) and grazing farm level on Mediterranean wood pastures (high, medium and low) on the milk FA profile, retinol and tocopherols contents from commercial herds of dairy goats. The study was conducted with a high number of farms and over a long period of time, so another objective was to evaluate the utility of all the analytical variables to discriminate milk samples according to the different grazing farm levels and the seasonal feeding groups. The work brings into focus the Payoya goat breed management system habitual in the mountain range in Cadiz (south-western Spain).

6.2. Materials and methods

6.2.1. Study area and characteristics of goat systems

The study was conducted in the mountain range of Cadiz (South of Spain). The Sierra de Cádiz district is located between parallels 36° 55' and 36° 41' (northern latitude) and between meridians 5° 35' and 5° 11' (western longitude). With a Mediterranean climate, with cool and wet winters (mean 8 °C) and warm and rainless summers (mean 25 °C). Mean annual rainfall is 960-2.220 mm. Plant communities are generally dominated by sclerophyllous woody plants with an herbaceous or shrubby understory. The understorey is mainly covered by bushes (60-80%) with 0.6-1.8 m height, being the most abundant species *Cistus albidus*, *Phomis purpurea*, *Genista hispanica*, *G. Scorpius*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus mastichina* and *Pistacia lentiscus* (Mata et al., 2004). Grass species, legumes and other families of dicots are also present in this kind of mid-mountain pastures.

Goats have one lactation per year, with an average length of 6-8 months. Most births are concentrated in October-November and in January-February of the following year, and lactation normally finishes during the summer, conducting to a high seasonality in milk production (more milk is sold in the first half of the year).

6.2.2. Selection of experimental farms, feeding management indicators, and sampling

All goats utilized in this study were of the Payoya breed. There are about 35 farms currently working with the Association of Payoya Breeders (unpublished data). Within those farms, non-randomly sixteen farms were selected based on three fundamental criteria (Gutierrez-Peña et al., 2016): (i) goat production was an important economic activity for the farm with a minimum herd size of 80 breeding goats as reported by Nahed et al. (2006), (ii) all farms belonged to the local cooperative “*Nuestra Señora de los Remedios*” that collaborated in this research project, in order to confirm technical and economic information and (iii) farms were representative of the variable management of the pastoral goat farming systems already existing in the area based on the researchers’ previous experience (Ruiz et al., 2008). The selected farms were about 50% of census farms and will be representative of the study population. Across 2011 and according to a design of repeated measures, a set of indicators for the technical characterization of small ruminant rangeland systems was obtained from each farm monthly in order to characterize their feeding management (*Net energy requirements obtained from grazing*, NERG, %; *Concentrate supply per milking goat*, kg/day; *Forage supply per milking goat*, kg/day) following the methodology proposed by Ruiz et al. (2008) and previously described by Gutierrez-Peña et al. (2016). Other indicators were collected annually: *Total area* (ha/goat); *Natural pasture area* (ha/goat) differentiating between *Natural shrub pasture area* (ha/goat) and *Natural herbaceous pasture area* (ha/goat). The indicator NERG is one of the main factors that difference farms in the area of research and was computed once a month subtracting the net energy of concentrates and forages supplied indoors to milking goat’s net energy requirements. Farms were classified in three categories depending on their grazing level (Nahed et al., 2006): High grazing (HG, n = 3; NERG > 55%), Medium grazing (MG, n = 9; NERG < 55% and >25%) and Low grazing (LG, n = 4; NERG < 25%), as it was reported by Gutierrez-Peña, et al. (2016).

According to this previous study of Gutiérrez-Peña et al. (2016), there are differences in the types of concentrate and forage supplemented depending on the grazing level,

being the most frequently utilised: compound feed and cereal straw (high grazing) and compound feed, a mixture of grains and alfalfa hay (medium and low grazing, respectively). Ingredients and proximal chemical composition of the three most frequent concentrates supplied indoor have also been published in Gutiérrez-Peña et al. (2016). Briefly, the first is a grain mix composed mainly of corn (25% of the total ingredients), lima beans (22%) and oat and sunflower seeds (20% each). The second concentrate is a high fiber concentrate and contains both short fiber forage (25%) and a mixture of grains (corn and corn distillate, 36%; soybean hulls, 15%; granulated wheat bran, 12%). The third concentrate is a pelleted feed, that is composed mainly of malting barley and wheat feed (24% and 20%, respectively), and to a lesser extent corn distillate (15%), soybean hulls (10%) and soybean (10%). With regard to the FA profile (unpublished data), the unsaturated FA are majority in the three concentrates. However, the grain mix and high fiber concentrates present higher contents in C18:2 *n-6 cis* (41 and 48% of total FA, respectively) and PUFA (44 and 51%, respectively), compared to the pelleted feed (27 and 31% for C18:2 and PUFA, respectively). Regarding the use of vitamin supplements, differences between farms were not found, as most do not supplement throughout the year (unpublished data).

Collection of whole milk samples was performed monthly according to a design of repeated measures from each farm bulk tank (n=192). Triplicates of milk samples were placed in 50 mL plastic bottles and wrapped with aluminium foil to preserve them from light. Azidiol was used as preservative in one of the samples utilized to analyse commercial traits and the FA profile of milk samples, whereas azidiol-free replicates were used for the analysis of vitamins. Finally, samples were deposited in iceboxes, sent to the laboratory and freezed at -20°C till analysis, except the samples for the analysis of vitamins that were frozen at -80°C .

6.2.3. Chemical analyses

Fat content in samples of fresh milk was analyzed with an infrared spectrophotometer (Milko Skan in a Combi-Foss 5000, Foss Electric, Hillerød, Denmark) according to FIL-IDF (1996). Fatty acid profile of milk samples was determined by gas chromatography

(GC). Milk samples were freeze-dried before GC analysis. Milk fat extraction and direct methylation of FA were performed in a single-step procedure based on the method published by Sukhija and Palmquist (1988) and revised by Juárez et al. (2008) in order to minimize isomerization and epimerization in CLA. Separation and quantification of the FA methyl esters (FAMES) were carried out using a gas chromatograph Agilent 6890N Network GS System (Agilent, Santa Clara, CA, USA), equipped with a flame-ionization detector (FID), automatic sample injector HP 7683, and fitted with a HP-88 J&W fused silica capillary column (100 m, 0.25 mm i.d., 0.2- μ m film thickness, Agilent Technologies Spain, S.L., Madrid, Spain). The chromatographic conditions were described in detail by Juárez et al. (2008): initial column temperature was 100 °C, increasing at a rate of 3 °C min⁻¹ up to 158 °C and then at 1.5 °C min⁻¹ up to 190 °C and maintaining this temperature for 15 min, then at 2 °C min⁻¹ up to 200 °C and then increasing again at 10 °C min⁻¹ up to final temperature of 240 °C hold for 10 min. Temperatures of injection and detector were maintained at 300 °C and 320 °C, respectively. Hydrogen was used as carrier gas at a flow rate of 2.7 mL min⁻¹. The split ratio was 17.7:1, and 1 μ L of solution was injected. Response linearity, recovery factor, precision, repeatability and reproducibility of the method were detailed by Juárez et al. (2008). Nonanoic acid methyl ester (C9:0 ME) at 4 mg/mL was used as an internal standard ([≥97% purity; Sigma Aldrich Co., Madrid, Spain](#)). Individual FA were identified by comparing their retention times with those of an authenticated standard FA mix Supelco 37 (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). Identification of the CLA isomers (*cis9-trans11* and *trans10-cis12*) was achieved by comparing retention times with those of another authenticated standards (>98% purity; Matreya, LLC, Pleasant Gap, USA). Fatty acid content was expressed as the percentage of total methyl esters identified. The atherogenicity index (AI) was computed using the procedure proposed by Ulbricht & Southgate (1991).

Vitamins were extracted from milk samples according to the method described by Herrero-Barbudo et al. (2005), with the following minor modifications. 1.5 to 2 mL of milk tempered at 30 °C were subjected to alkaline hydrolysis after homogenization,

adding 1.5 mL of a solution of 0.3 M ascorbic acid (analysis grade, Sigma Aldrich Co.). Subsequently, 2 mL of potassium hydroxide (analysis grade, Merck, Darmstadt, Germany) in methanol (HPLC grade, BDH Prolabo, VWR Co., Barcelona, Spain) at 40% (w/v) were added. This blend was stirred in a water bath at 70 °C and 200 rpm for 40 min. Free forms of retinol and tocopherol were extracted by adding a blend of two organic solvents (all solvents were of HPLC grade, BDH Prolabo) in 4:1 (v/v): first, n-hexane containing 0.01% of butylated hydroxytoluene (w/v) (analysis grade, Sigma Aldrich Co.) and dichloromethane in a proportion of 5:1 (v/v); then, isopropanol. The emulsion was cooled and centrifuged at 5000 rpm during 4 min. The aqueous phase was again subjected to extraction 4 times. The organic phases were collected and combined, washed with 3 mL of cold water and then recentrifuged for 2 min at 2000 rpm. The organic phase was evaporated under a nitrogen flow and the extract was finally reconstituted in 1 mL of acetonitrile (HPLC grade, Merck)/methanol (85:15, v/v) and filtered using a syringe filter with 0.2 µm pore (hydrophilic Durapore PVDF, Millipore, Darmstadt, Germany). HPLC grade deionized water was produced with a Milli-Q 50 system (Millipore Iberica SA, Madrid, Spain).

Chromatographic analysis of vitamins was performed according to Chauveau-Duriot et al. (2010), with the following minor modifications. The analysis was carried out on an Acquity UPLC, with fluorimetric detector, isocratic pump, PDA and 150×2.1 mm Acquity UPLC HSS T3, 1.8-µm column (Waters, Saint-Quentin-en-Yvelines; France). The following method was used for chromatographic separation of retinol: isocratic regime, mobile phase with acetonitrile:methanol (85:15, v/v)/Isopropanol:water (50:50, v/v) in 80/20 (v/v) and fluorimetric detection at λ_{exc} = 325 nm and emission at 475 nm; respectively. For the separation of the different forms of tocopherol, the mobile phase consisted of acetonitrile:methanol (85:15)/isopropanol in 90/10 (v/v) proportion and fluorimetric detection was performed at λ_{exc} = 295 nm and emission at 330 nm; respectively. In both cases the flow was 0.4 mL/min and column temperature was 35 °C. The wavelength range for PDA varied from 275 to 465 nm.

Tocopherols and retinol were positively identified by comparing their retention times with those of high purity (>90%) standards of the measured substances (all-trans-retinol, α -tocopherol, β -tocoferol, γ -tocopherol; Sigma Chemical Co.). Other standards of high purity (>90%) (retinyl acetate, retinyl palmitate, tocopheryl acetate; Sigma Chemical Co.) were used as internal standards and for testing prior saponification and recovery. The purity of all standards utilized was checked periodically using a UV-Vis spectrophotometer Thermo Alfa Helios (Thermo Electron Corporation, Cambridge, UK) and according to standard operating procedures for vitamins A and E (AENOR, 2014a and 2014b). Quantification ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) was done by an external calibration method using calibration curves for standards solutions in acetonitrile:methanol (85:15, v/v) in concentrations from 0.1 to 5.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ for tocopherol and from 0.1 to 5.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ for retinol. An adequate linearity was obtained for all analytes, with correlation coefficients above 0.99. Percentage recoveries for retinol and tocopherol were 92.7% and 97%, with relative standard deviation (RSD) of 3.25% and 2.29%, respectively. With the column type and pressure used, it was impossible to separate the β - and γ -tocopherol forms, therefore they were computed together.

6.2.4. Data treatment and statistical analysis

Annual feed management (total and natural pasture area) was analysed by factorial ANOVA to determine the presence or absence of significant differences ($P \leq 0.05$), including farms grazing level as fixed effects, with the general linear model (GLM) of the IBM SPSS Statistics for Windows (version 24.0; IBM Corp., Armonk Nueva York, USA). Data collected monthly across the year (rest of the indicators related to feeding management and milk FA profile, retinol and tocopherols contents) were analysed with the repeated measures procedure ($P \leq 0.05$ was considered significant). Months were arranged into the four seasons: winter (January-March), spring (April-June), summer (July-September) and autumn (October-December). The model included the fixed between-subjects factor grazing farm level, the fixed within-subjects factors month and season (repeated measures) and the interactions between these factors.

However and for simplification, the results of the month factor have not been presented in this paper. Tukey's honest significant difference or least significant difference tests ($P \leq 0.05$ was considered significant) were used where appropriate for pairwise comparisons of means. Furthermore, Pearson correlation coefficients were calculated for the variables used ($P \leq 0.05$ was considered significant).

Finally and in order to assess the utility of all the analytical variables to classify milk samples, two discriminant analyses (DA) were carried out using a stepwise model considering the FA and fat-soluble antioxidants parameters as independent variables. The discriminant classification method was leave-one-out cross-validation. The first DA was carried out to classify milk samples according to the different grazing farm levels and the second was carried out to classify them according to seasons. Then, for each function obtained, the correlation loading with the analytical variables was calculated (canonical structure matrix).

6.3. Results and discussion

6.3.1. Feeding management

The use of natural grasslands is the base of herd feeding management along the year. However, because dairy goats require high energy diets, grazing has to be complemented with concentrates and forages supplied indoor. Table 6.1 shows the mean values of the indicators related to feeding management according to grazing farm level and season. Nearly all pastures were natural, as cultivated pasture area per goat was irrelevant, and shrub pasture predominated over herbaceous pasture area. Total and natural pasture area varied according to farm level ($P < 0.001$), farms of HG and MG groups showing larger grazing areas, compared with the LG group (0.50, 0.55 and 0.14 ± 0.021 total ha/goat for HG, MG and LG groups, respectively; 0.43, 0.44 and 0.11 ± 0.069 natural pasture ha/goat for HG, MG and LG groups, respectively).

Capítulo 6. Perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

Table 6.1. Indicators (mean values) related to feeding management of goat farms segregated according to grazing level and season.

Parameters recorded	Grazing level (GL)			Season (S)				SEM ^a	P ^b		
	Low	Medium	High	Winter	Spring	Summer	Autumn		GL	S	GLxS
Number of farms	4	9	3	16	16	16	16				
Number of samples (n)	48	108	36	48	48	48	48				
Total area (ha/goat)	0.14b	0.55a	0.50a	-	-	-	-	0.021	***	-	-
Natural pasture area (ha/goat)	0.11b	0.44a	0.43a	-	-	-	-	0.069	***	-	-
Natural shrub pasture area (ha/goat)	0.08b	0.37a	0.41a	-	-	-	-	0.074	***	-	-
Natural herbaceous pasture area (ha/goat)	0.03b	0.08a	0.02b	-	-	-	-	0.026	**	-	-
Net energy obtained from grazing (%)	16.36c	39.45b	59.43a	31.51b	46.12a	37.36ab	33.40ab	1.807	***	*	ns
Concentrate supply per milking goat (kg/goat and day)	1.37a	0.96b	0.55c	1.22a	0.89b	0.89b	1.13ab	0.034	***	*	ns
Forage supply per milking goat (kg/goat and day)	0.43a	0.06b	0.05b	0.18a	0.06b	0.12b	0.32a	0.024	***	*	ns

Means with different letters (a, b and c) within each row and treatment (GL or S) differ significantly ($P \leq 0.05$).

^a Standard error of mean.

^b Statistical probability of treatment: ns (not significant), $P > 0.05$; *, $P \leq 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

Animals herding the largest part of the day, also in winter and summer, even though the decrease in the amount and nutritive value of the natural pastures, typical in those seasons with Mediterranean climate. However, because of the discrepancy on natural pasture area and daily concentrate supply per goat (HG: 0.55, MG: 0.96 and LG: 1.37 ± 0.034 kg/goat/day) ($P < 0.001$), the value of NERG resulted significantly higher for the HG group than for the MG and LG groups (HG: 59.4, MG: 39.4 and LG: $16.4 \pm 1.81\%$) ($P < 0.001$) (Table 6.1). Furthermore, the LG group showed a higher value for forage supply (0.43 ± 0.024 kg/goat and day) and no differences were found between HG and MG groups ($P < 0.001$).

The indicators for feeding management varied throughout the year (Table 6.1). In winter and autumn, the farmers provided goats the largest amounts of concentrates indoors (1.22 and 1.13 ± 0.034 kg/goat/day, respectively) ($P < 0.05$), as the grazing intensity was slighter and the births were gathered in the cited periods of the year. Supply of forage at manger followed an analogous pattern, showing maximum values in periods with lower grazing.

6.3.2. Fatty acid profile

In Table 6.2 is presented the milk fat content. Average value did not vary among grazing level groups ($P > 0.05$). As for the influence of the season, the fat percentage was highest in autumn and lowest in spring (5.91 and $4.34 \pm 0.062\%$, respectively) ($P < 0.001$), in relation to the other milk samples, nevertheless, no significant discrepancies were found in milk fat content per goat and day ($P > 0.05$). Lactation effects can explain the results of fat percentage (most births in the farms were concentrated between October-November and January-February of the subsequent year, and finished their lactation normally during the summer). Delgado-Pertíñez et al. (2003) described a similar tendency related to milk production seasonality in goats on pasture.

Table 6.3 shows FA composition of milk according to grazing farm level. Milk fat composition and trends were very similar for all studied groups, probably due to the similar management of females observed for all experimental farms based on the use

of natural pastures. In agreement with literature data, C16, C18:1c9, C18 and C14 were the main FA (showing contents above 9% of total FA), and exhibited unaltered values ($P > 0.05$) for milk produced from diverse feeding regimes, except for C18 ($P < 0.05$) that was slightly higher in the HG group than in the LG group (13.93 and $13.22 \pm 0.131\%$ of total FA, respectively). Though fresh forage consumption enhances dietary PUFA provision (D'urso et al., 2008; Pajor et al., 2009; Tsiplakou et al., 2006), in our study lower PUFA ($P < 0.05$) contents (especially as consequence of minor C18:2 n-6 *cis* contents, $P < 0.01$) were detected in milk from HG and MG groups, when contrasted with the LG group (HG: 4.19, MG: 4.21 and LG: $4.37 \pm 0.044\%$ of total FA). These results could be due to the higher intake of concentrates in the LG lactating does (grain mix and high fibre concentrate, Gutierrez-Peña et al., 2016) with higher contents in C18:2 and PUFA, because of the composition of the concentrate (i.e. 20% of whole sunflower seeds), as this cause prevails over the influence of higher fresh forage consumption in the HG and MG groups.

Certain n-3 FA percentages (namely α -linolenic acid and C20:5 n-3) resulted significantly higher ($P < 0.05$), whereas total n-6 PUFA were lower in samples from HG and MG groups ($P < 0.05$), in contrast to milk from the LG group (α -linolenic acid: 0.45, 0.43 and $0.40 \pm 0.010\%$ of total FA for HG, MG and LG groups, respectively; C20:5 n-3 acid: 0.06, 0.06 and $0.05 \pm 0.001\%$ of total FA for HG, MG and LG groups, respectively; total n-6 PUFA: 2.77, 2.87 and $3.08 \pm 0.034\%$ of total FA for HG, MG and LG groups, respectively) (Table 6.3). Thus, milk from LG group showed a higher n6/n3 ratio ($P < 0.01$) (3.63 , 3.89 and 4.49 ± 0.085 for HG, MG and LG groups, respectively). Furthermore, NERG showed a positive correlation with the percentages of various n-3 FA (α -linolenic acid, $r = 0.20$, $p = 0.011$; C20:5 n-3, $r = 0.27$, $p = 0.00$; total n-3, $r = 0.16$, $p = 0.028$), while negative correlations were observed with less desirable PUFA (C18:2 n-6 *cis*, $r = -0.21$, $p = 0.005$; total n-6, $r = 0.18$, $p = 0.016$; n-6:n-3 ratio, $r = -0.27$, $p = 0.000$). These results were in line with literature references. In ruminants, synthesis of long chain C18 FA is limited, so they mainly proceed directly from animal diet or from ruminal biohydrogenation, in contrast to short and medium chain FA.

Besides, unsaturated FA contents are high in fresh pasture, being α -linolenic acid the main n-3 FA (Dewhurst et al., 2006). Although phenological stage and botanical composition of plants can affect to their FA contents, the obtained results could be a result of high pasture consumption by females in HG and MG groups with limited feedstuff supplement. Indeed, studies carried out with goats fed on shrublands and on grass pasture had higher n-3 FA proportions and decreased the n-6/n-3 ratio in milk fat compared with animals that were fed diets based on concentrates, both in commercial flocks (Delgado-Pertíñez et al., 2013; Tsiplakou et al., 2006;) and experimental farms (D'urso et al., 2008; Mancilla-Leytón et al., 2013).

The atherogenicity index was not affected by the grazing level (Table 6.3) ($P > 0.05$), and results were similar to previous studies of goats in similar semi-extensive systems (Delgado-Pertíñez et al., 2013; Mancilla-Leytón et al., 2013). With respect to milk content of CLA (Table 6.3), the grazing level had no effect ($P > 0.05$) (CLA total: 0.44, 0.46 and $0.47 \pm 0.008\%$ of total FA for HG, MG and LG groups, respectively) and the values were not far from those described for goats producing in rangelands (Delgado-Pertíñez et al., 2013; Mancilla-Leytón et al., 2013; Tsiplakou et al., 2006). The increase in CLA in dairy products fat from animals feeding on herbaceous pasture compared to indoor feeding or low grazing animals have been reported in goats. However, the lack of effect showed in animals grazing on wood pastures in the present study or on a diet enriched in tannins, agrees with the *in vitro* studies, and could be attributable to the influences of tannins on biohydrogenation process in the rumen (Vasta et al., 2010, 2009).

Capítulo 6. Perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

Table 6.2. Fat and vitamin A and E contents (mean values) of goat milk according to grazing level and season.

Parameters recorded	Grazing level (GL)			Season (S)				SEM ^a	P ^b		
	Low	Medium	High	Winter	Spring	Summer	Autumn		GL	S	GL x S
Fat (%)	5.0a	4.83a	5.23a	4.97b	4.34c	4.74b	5.91a	0.06	ns	***	ns
Fat (g/d)	67.5a	60.38a	44.1 a	65.52a	65.04a	52.77a	52.41a	1.80	ns	ns	ns
Retinol (µg/100 g)	63.92a	65.88a	73.61a	84.97a	63.83b	51.78c	65.20b	1.71	ns	**	ns
α-tocopherol (µg/100 g)	109.70b	179.39a	219.62a	136.50b	134.77b	195.81a	215.46a	6.54	**	***	ns
β+γ-tocopherol (µg/100 g)	8.64a	9.06a	6.82a	9.78a	5.19b	8.51a	10.60a	0.42	ns	**	ns

n, see Table 1. Means with different letters (a, b and c) within each row and treatment (GL or S) differ significantly ($P \leq 0.05$).

^a Standard error of mean.

^b Statistical probability of treatment: ns (not significant), $P > 0.05$; *, $P \leq 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

Capítulo 6. Perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

Table 6.3. Fatty acid (FA) composition (% of total FA, mean values) of goat milk according to grazing level and season.

Fatty acid ^a	Grazing level (GL)			Season (S)				SEM ^{ab}	P ^c		
	Low	Medium	High	Winter	Spring	Summer	Autumn		GL	S	GL x S
C4:0	2.80a	2.87a	2.71a	2.24 d	2.71c	3.32a	3.10b	0.041	ns	***	ns
C6:0	2.55a	2.57a	2.45a	2.07 c	2.40b	2.93a	2.83a	0.036	ns	***	ns
C8:0	2.42a	2.43a	2.33a	2.16 b	2.22b	2.68a	2.61a	0.031	ns	***	ns
C10:0	9.97a	9.87a	9.67a	10.17 a	9.46b	10.35a	9.43b	0.063	ns	***	ns
C11:0	0.12a	0.13a	0.10a	0.15 a	0.11a	0.10a	0.12a	0.008	ns	ns	ns
C12:0	4.40a	4.33a	4.28a	4.35 a	4.20a	4.47a	4.34a	0.034	ns	ns	ns
C13:0	0.11a	0.11a	0.10a	0.10 b	0.11ab	0.11a	0.11a	0.002	ns	**	ns
C14:0	9.19a	9.25a	9.07a	9.29 a	9.25a	9.23a	9.01a	0.050	ns	ns	ns
C14:1	0.32a	0.33a	0.33a	0.30 c	0.39a	0.35b	0.26d	0.005	ns	***	ns
C15:0	0.71a	0.69a	0.70a	0.69 b	0.81a	0.73ab	0.56c	0.010	ns	***	ns
C15:1	0.06a	0.06a	0.05a	0.05 b	0.04b	0.06a	0.07a	0.002	ns	***	ns
C16:0	26.73a	26.20a	26.75a	26.25 b	27.74a	27.52a	23.94c	0.132	ns	***	ns
C16:1	1.01a	0.94a	0.95a	0.81 c	0.83c	1.18a	1.05b	0.019	ns	***	ns
C17:0	0.54a	0.56a	0.56a	0.56 b	0.60a	0.54b	0.51b	0.006	ns	***	ns
C17:1	0.23a	0.24a	0.25a	0.26 a	0.26a	0.24a	0.19b	0.004	ns	***	ns
C18:0	13.22b	13.69ab	13.93a	13.76 b	13.54b	11.63c	15.69a	0.131	*	***	ns
C18:1 n-9 <i>trans</i>	0.48a	0.44a	0.43 a	0.44 ab	0.36b	0.47a	0.51a	0.009	ns	***	ns

Capítulo 6. Perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

C18:1 n-11 <i>trans</i> (VA)	1.07a	0.95a	0.93a	1.02 ab	0.83b	0.98ab	1.05a	0.020	ns	*	ns
C18:1 n-9 <i>cis</i>	19.11a	19.52a	19.67a	20.73 a	18.83c	18.33c	19.85b	0.102	ns	***	ns
C18:2 n-6 <i>trans</i>	0.33a	0.33a	0.34a	0.38 a	0.37a	0.27c	0.30b	0.006	ns	***	ns
C18:2 n-6 <i>cis</i>	2.43a	2.22b	2.12b	2.14 ab	2.44a	2.34ab	2.12b	0.031	**	**	ns
γ -C18:3 n-6	0.06a	0.06a	0.06a	0.04 b	0.07a	0.07a	0.06a	0.002	ns	***	ns
α -C18:3 n-3	0.40b	0.43ab	0.45a	0.37 b	0.54a	0.40b	0.38b	0.010	*	***	*
CLA n-9 <i>cis</i> , n-11 <i>trans</i> (RA)	0.42a	0.41a	0.39a	0.45 a	0.45a	0.32b	0.40a	0.008	ns	***	ns
CLA n-10 <i>trans</i> , n-12 <i>cis</i>	0.05a	0.05a	0.04a	0.04 c	0.05b	0.05b	0.06a	0.001	ns	***	ns
C20:0	0.26b	0.28ab	0.30a	0.26 b	0.31a	0.31ab	0.23bc	0.006	*	***	ns
C20:1 n-9	0.08a	0.09a	0.08a	0.09 a	0.09a	0.07b	0.08a	0.002	ns	**	ns
C20:2	0.07a	0.07a	0.07a	0.06 b	0.07a	0.07a	0.08a	0.002	ns	***	ns
C20:3 n-3	0.03a	0.03a	0.03a	0.03 a	0.03a	0.03a	0.03a	0.001	ns	ns	ns
C20:3 n-6	0.04a	0.04a	0.04a	0.04 a	0.04a	0.04a	0.04a	0.001	ns	ns	ns
C20:4 n-6 (ARA)	0.22a	0.22a	0.22a	0.15 c	0.22b	0.26a	0.24ab	0.004	ns	***	ns
C20:5 n-3 (EPA)	0.05b	0.06a	0.06a	0.05 b	0.07a	0.06ab	0.05b	0.001	*	***	ns
C21:0	0.06a	0.06a	0.07a	0.05 b	0.05b	0.07a	0.07a	0.002	ns	***	ns
C22:0	0.07a	0.06a	0.06a	0.05 bc	0.04c	0.06b	0.12a	0.003	ns	***	ns
C22:1 n-9	0.06a	0.06a	0.06a	0.09 a	0.06b	0.06b	0.04c	0.003	ns	***	ns
C22:2	0.02a	0.02a	0.02a	0.02 b	0.02b	0.03a	0.03a	0.001	ns	***	ns
C22:5 n-3 (DPA)	0.18a	0.18a	0.18a	0.15 c	0.19b	0.14c	0.23a	0.004	ns	***	ns

Capítulo 6. Perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

C22:6 n-3 (DHA)	0.08a	0.09a	0.09a	0.07 b	0.11a	0.05c	0.11a	0.004	ns	***	ns
C24:0	0.02a	0.02a	0.02a	0.02 b	0.02b	0.02b	0.03a	0.001	ns	**	ns
C24:1	0.03a	0.03a	0.03a	0.02 b	0.04a	0.02b	0.03a	0.001	ns	***	ns
SFA	73.19a	73.14a	73.12a	72.20 b	73.59a	74.11a	72.70b	0.100	ns	***	ns
MUFA	22.44a	22.65a	22.77a	23.85 a	21.74b	21.76b	23.15a	0.101	ns	***	ns
PUFA	4.37a	4.21ab	4.19b	3.96 b	4.67a	4.13b	4.15b	0.044	*	***	ns
n-3	0.74a	0.79a	0.80a	0.67 c	0.94a	0.68c	0.81b	0.017	ns	***	ns
n-6	3.08a	2.87ab	2.77b	2.73 b	3.13a	2.98ab	2.77b	0.034	*	***	ns
n-6:n-3	4.49a	3.89b	3.63b	4.40 ab	3.68bc	4.42a	3.45c	0.085	**	***	*
CLA total	0.47a	0.46a	0.44a	0.49 a	0.51a	0.37b	0.47a	0.008	ns	***	ns
CLA index	0.29a	0.31a	0.30a	0.30 ab	0.36a	0.26b	0.28b	0.006	ns	***	ns
PUFA/SFA	0.06a	0.06a	0.06a	0.05 b	0.06a	0.06a	0.06a	0.001	ns	***	ns
UFA/SFA	0.37a	0.37a	0.37a	0.39 a	0.36b	0.35b	0.38a	0.002	ns	***	ns
AI	2.54a	2.52a	2.51a	2.45 b	2.62a	2.66a	2.36b	0.016	ns	***	ns

n, see Table 1. Means with different letters (A, B, C and D) within each row and treatment (GL or S) differ significantly ($P \leq 0.05$).

^a VA, vaccenic acid; RA, rumenic acid; ARA, arachidonic acid; EPA, eicosapentaenoic acid; DPA, docosapentaenoic acid; DHA, docosahexaenoic acid; SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acid; UFA, unsaturated fatty acid; CLA, conjugated linoleic acid; $\Delta 9$ CLA desaturase index [RA/(VA+RA)]; AI, atherogenicity index.

^b Standard error of mean.

^c Statistical probability of treatment: ns (not significant), $P > 0.05$; *, $P \leq 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

The season effect has been the most important as the average proportions of almost all FA changed significantly between the seasons studied (Table 6.3). Lactation effects and differences in feeding through seasons can explain the results. With regard to the latter factor, differences in botanical and nutritional composition of the herbage can partly support the results obtained. Nevertheless, in this work, it has not been monitored and therefore further work is required to test it in the future. Although it is not easy to discriminate the effect of physiological changes in lactating goats from those of the feeding regime, when the general trends in the contents of some FA were contrasted between seasons, it becomes interesting to mention the following observations.

Delgado-Pertíñez et al. (2013) reported a high amount of short-chain FA at the end of lactation, in agreement with the results obtained in the present study. The high percentage of C18 (15.69, 13.76, 13.54 and $11.63 \pm 0.131\%$ of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively) and low percentage of C10 to C16 in autumn mainly ($P < 0.001$) and to a lesser extent in winter (Table 6.3), when compared to the other seasons, presumably reflect a negative energy balance of the goats (Chilliard et al., 2007) at the beginning of the lactation period (most births in the farms studied are concentrated in those seasons). In fact, C10 to C16-FA are negatively linked to the C18-FA group (Chilliard et al., 2007) as a consequence of the negative effect of long-chain (C18) FA, subjected to *de novo* synthesis of medium-chain FA C10 to C16 in adipose tissue (Barber et al., 1997). The theory of *trans* fatty acids is associated with the milk fat depression (Griinari & Bauman, 2003) and could also explain part of the results obtained. In particular, the CLA *trans*-10, *cis*-12 isomer was found in the highest quantity in the autumn ($P < 0.001$) ($0.06 \pm 0.001\%$ of total FA), and that isomer in the mammary gland has been linked to a diminution in the *de novo* synthesis of short and medium chain FA (Baumgard et al., 2000). As consequence of lower C16, the atherogenicity index was lower ($P < 0.001$) (Table 6.3) in milk from winter and autumn than in milk from the other seasons.

Lower SFA (72.70, 72.20, 73.59 and 74.11 $\pm$ 0.100% of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively) and higher MUFA (23.15, 23.85, 21.74 and 21.76 $\pm$ 0.101% of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively) (especially due to higher C18:1 n-9 *cis*) percentages (Table 6.3) were observed in milk from winter and autumn, compared with the other seasons. Further to energy balance, these results could be attributed to the lowest forage/concentrate ratio in winter and autumn goat diets and to the high linolenic acid content of the concentrates used. Also, lower short-chain FA (C4, C6 and C8) were observed in milk from the winter, in relation to the other seasons, in agreement with the findings of Lucas et al. (2008), where values for C4 to C10 resulted higher for cheeses when animals were fed diets formulated predominantly of pasture than when they were fed lower levels of grass or hay-based diets. The percentages of total PUFA (4.15, 3.96, 4.67 and 4.13 $\pm$ 0.044% of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively), total n-3 (0.81, 0.67, 0.94 and 0.68 $\pm$ 0.017% of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively) and total n-6 FA (2.77, 2.73, 3.13 and 2.98 $\pm$ 0.034% of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively) were significantly higher in milk collected during spring than in milk obtained in other seasons ($P < 0.001$), while the n6/n3 ratio (3.45, 4.40, 3.68 and 4.42 $\pm$ 0.085 for autumn, winter, spring and summer, respectively) was lower ($P < 0.001$) in milk produced during spring and autumn than in milk obtained in other seasons (Table 6.3). In addition, the lowest percentage of total n-3 and the highest n6/n3 ratio were obtained in winter and summer milk. These results could be a result of high forage consumption and reduced feedstuff supplementation in spring compared with winter and autumn (Table 6.1). Nevertheless, the different results (total PUFA, Total n-3 and n6/n3 ratio) in milk samples between spring and summer seasons can be highlighted, despite the similar feeding management. The subtle difference in net energy obtained from grazing between both seasons (Table 6.1), but especially the impact of the nature of pasture on the diet of foraging animals may explain these results. With regard to the last factor and according to the study of Peinado-Lucena et al. (1993) conducted in the same mountain area and with similar vegetation characteristics (Mediterranean scrublands)

as in the present study, the grass in spring would make a large contribution to the diet of grazing animals while in summer the proportion of woody species is higher. In addition, probable higher proportion of woody species in the animals' diet in summer could explain the lower values in milk of total CLA (0.47, 0.49, 0.51 and $0.37 \pm 0.008\%$ of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively), CLA *cis*-9, *trans*-11 isomer (0.40, 0.45, 0.45 and $0.32 \pm 0.008\%$ of total FA for autumn, winter, spring and summer, respectively) and $\Delta 9$ CLA desaturase activity ($P < 0.001$) (Table 6.3), when compared to the other seasons. However, systematic studies relating contribution of the pasture type (namely grass vs. woody species) and their botanical and nutritional composition to the milk quality of grazing animals are not reported in the literature, which should be tested in further studies.

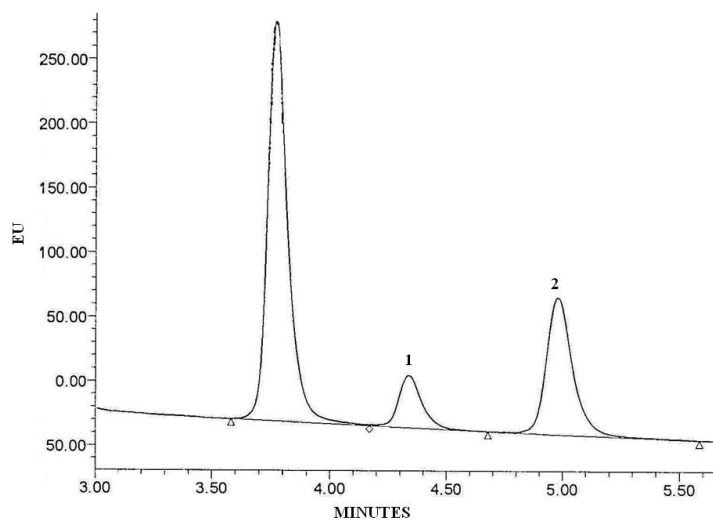
6.3.3. Vitamin A and E contents

Table 6.2 shows the vitamins A and E contents of goat milk according to grazing farm level and season. Figure 6.1 shows the chromatograms of tocopherols and retinol detected in milk and analyzed by UPLC. The main constituent in milk samples was α -tocopherol contributing between 93 and 97% of the total tocols, while other minor compounds such as β + γ -tocopherol ranged between 7 and 3%. Only the content of α -tocopherol in milk was affected by grazing level and was significantly higher ($P < 0.01$) in the HG and MG groups, compared with the LG group (219.6, 179.4 and 109.7 ± 6.54 $\mu\text{g}/100$ g for HG, MG and LG groups, respectively). Moreover, a positive correlation was observed between NERG and α -tocopherol values ($r = 0.42$, $p = 0.000$). The findings of this work agree with previous studies related to goat grazing on Mediterranean shrublands (Delgado-Pertíñez et al., 2013) or herbaceous pasture (Pizzoferrato et al., 2007) although in our study the values were higher. Nevertheless, no significant increase was found in the content of retinol in milk from the highest grazing level ($P > 0.05$), even though in other studies it was reported higher retinol contents in goat milk when grazing systems were compared with more intensive systems (Fedele et al., 2004).

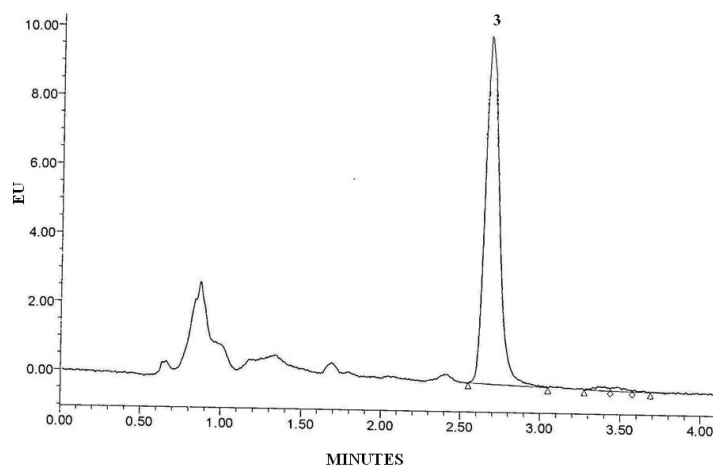
The average amount of all fat-soluble antioxidant parameters changed significantly between the different seasons (Table 6.2). The α -tocopherol content (215.5, 136.5, 134.8 and 195.8 ± 6.54 $\mu\text{g}/100$ g for autumn, winter, spring and summer, respectively) was significantly higher in summer and autumn milk ($P < 0.001$), whereas the β + γ -tocopherol content (10.6, 9.8, 5.2 and 8.5 ± 0.42 $\mu\text{g}/100$ g, for autumn, winter, spring and summer, respectively) was lower in spring milk ($P < 0.01$), as compared to the other milk samples. The retinol content was higher in winter and lower in summer (65.2, 85.0, 63.8 and 51.8 ± 1.71 $\mu\text{g}/100$ g for autumn, winter, spring and summer, respectively) ($P < 0.01$). The results of retinol in winter agree with those reported by Fedele et al. (2004), but the results in summer and spring differ since in this study the lowest values were found in spring. The highest α -tocopherol values were not linked to the seasons with highest NERG values (see Table 6.1), in agreement with the previous study (Delgado-Pertíñez et al., 2013) conducted in summer. The carotenoids, retinol and α -tocopherol contents observed in ruminant milk fat shows a positive correlation with their dietary levels (Sharma & Dalgleish, 1993; Valdivielso et al., 2016). Therefore, a higher consumption of these nutrients from fresh forage results in a higher transference from blood into milk. Also, discrepancies for vitamins contents in the pasture may be related to differences in the phenological stage, botanical and nutritional compositions and contribution of the pasture type to the diet of grazing animals, which can mark differences in the animal products. In this sense, during the spring, plants tend to synthesize defensive secondary compounds (Strauss et al., 2004) probably decreasing vitamin synthesis. In addition, the highest α -tocopherol values in summer and autumn milk obtained in this work could be related to the high contribution of the woody species to the pasture intake.

Fig. 6.1. Chromatograms of tocopherols (a) and retinol (b) detected in a milk sample from goat farm grazing on Mediterranean woody pastures and analysed by UPLC coupled to fluorescence detector. Peak 1 corresponds to β + γ -tocopherol, peak 2 to α -tocopherol and peak 3 to retinol.

a)



b)



6.3.4. Discriminant analysis

Figure 6.2 and Tables 6.4 and 6.5 show the results of the two discriminant analyses. With regard to grazing farm level factor, Fig. 6.2a shows the distribution of milk sample displaying the two first canonical discriminant functions. Function 1 (named as grazing level factor) explained 86% of the total variance (Table 6.4) and according to the canonical structure matrix (data not shown), the variables that showed the highest correlation loadings with this function were α -tocopherol and C20:5 n-3 with positive and C18:2 n-6 *cis* with negative correlation, respectively. As observed, no clear separation was observed between grazing farm level groups, with milk samples from the high and medium grazing groups mostly differentiated from those of the low grazing group, which was also supported by the statistical analysis reported in Tables 6.2 and 6.3. Thus, 62.2% of milk samples from low grazing, 86.3% of milk samples from medium grazing and 31.3% of milk samples from high grazing were correctly classified according to their grazing farm level, i.e. 70.4% of all the milk samples were correctly classified into their group (Table 6.5). According to these results, the FA profile and vitamin A and E contents cannot completely differentiate milk samples according to their grazing farm level.

To classify milk samples into the lactation-feeding seasonal groups, Fig. 6.2b and 6.2c show the milk sample distribution in the graph displaying the canonical discriminant functions, which enabled a correct classification of 90.1% of the samples (Table 6.5). More specifically, 100% of autumn milk samples, 93.8% of winter milk samples, 95.5% of summer milk samples and 72.9% of spring milk samples were classified correctly according to their seasonal groups. Function 1 explained 64.2% of the total variance (Table 6.4) and according to the canonical structure matrix (data not shown), had a strong and positive correlation with the C16. Function 2 explained 30.2% of the total variance and the variables that showed the highest correlations with this function were C20:4 n-6 (ARA), C4, C6 and C8 with positive and C18:1 n-9 *cis* and C18:2 n-6 *trans* with negative correlation, respectively. Function 3 explained 5.6% of the total variance and the variables that showed the highest correlations with this function

were C18, C22:6 n-3 (DHA), C18:3 n-3, C22:5 n-3 (DPA), C14:1 and CLA *trans*-10, *cis*-12 with positive and C10, C16:1 and C18:1 n-9 *trans* with negative correlation, respectively. According to the results described in Sections 3.2 and 3.3, Function 1 could be indicative of the energy balance of the goats, Function 2 could be indicative of the diet type fed (basic forage rations constituted mainly of pasture vs. fed rations with reduced level of pasture) and Function 3 could be indicative of the type of pasture (grass vs. woody species). The results obtained with this multivariate approach seem to indicate that the FA profile and vitamin A and E contents are able to differentiate goat milk samples according to their lactation-feeding seasonal effects. The results agree with those reported by Valdivielso et al. (2015) in commercial sheep flocks, who reported that the differences in FA and fat-soluble antioxidants found in milk and cheese during the lactation period were capable to discriminate among seasonal feeding regimes, in particular between mountain grazing, and indoor feeding and part-time valley grazing.

Table 6.4. Evaluating discriminant functions.

Discriminant analysis	Function	Eigenvalue	% explained variance	% cumulative	Canonical correlation	Wilks's lambda	Chi-square	df ^a	p ^b
According to grazing group	1	0.69	85.5	85.5	0.64	0.53	104.29	12	***
	2	0.12	14.5	100	0.32	0.90	18.14	5	**
According to seasons	1	9.30	64.2	64.2	0.95	0.01	755.60	48	***
	2	4.37	30.2	94.4	0.90	0.10	373.04	30	***
	3	0.81	5.6	100	0.67	0.55	97.37	14	***

^a Degrees of freedom.

^b Statistical significance: **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$.

Capítulo 6. Perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

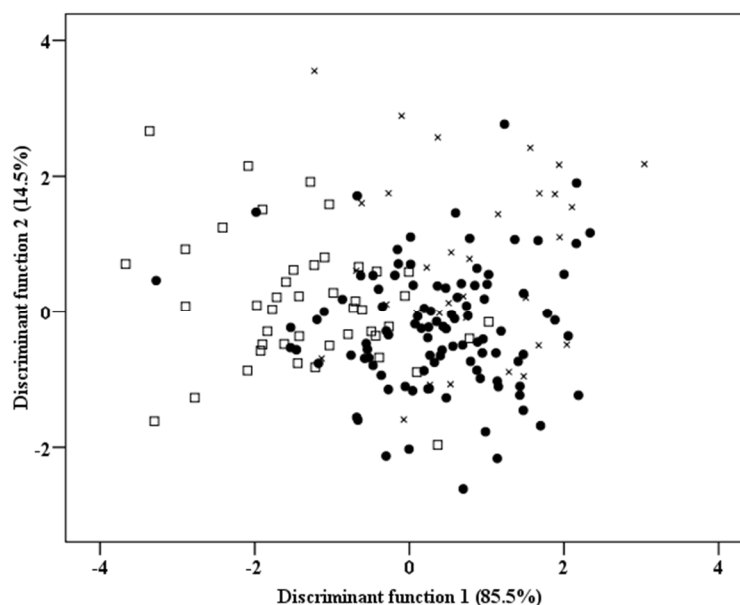
Table 6.5. Classification matrix resulting from the discriminant analysis: assigned (columns) against real data (rows).

Discriminant analysis		Group	Predicted group (%)			
			Low	Medium	High	
According to grazing groups	to	Low	62.2	37.8	0.0	
		Medium	8.8	86.3	4.9	
		High	9.4	59.4	31.3	
			Winter	Spring	Summer	Autumn
According to seasons	to	Winter	93.8	6.3	0.0	0.0
		Spring	0.0	72.9	27.1	0.0
		Summer	0.0	4.4	95.6	0.0
		Autumn	0.0	0.0	0.0	100.0

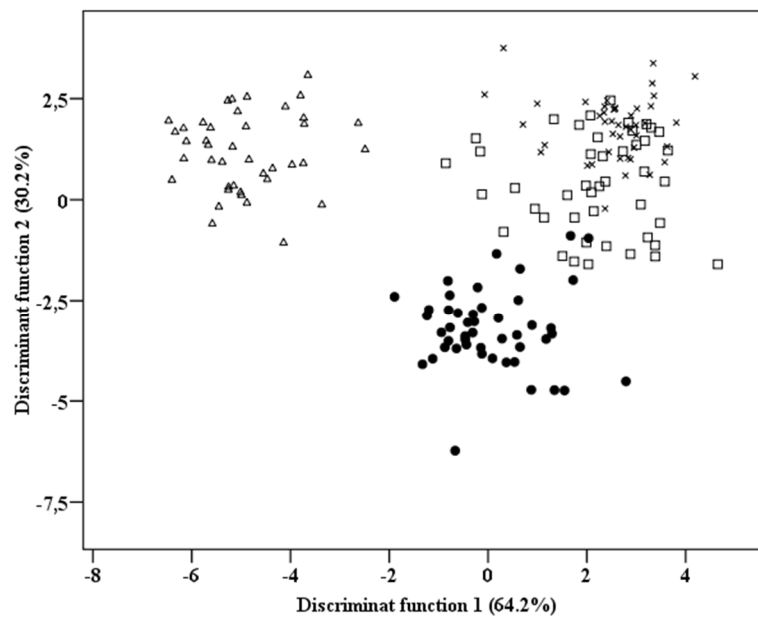
n, see Table 1.

Fig. 6.2. Graphs for the discriminating functions corresponding to the stepwise discriminant analysis on FA and fat-soluble antioxidant composition of milk samples from different grazing farm levels (graph a: □, low; ●, medium; x, high) and from different seasons (graphs b and c: ●, winter; □, spring; x, summer; Δ, autumn).

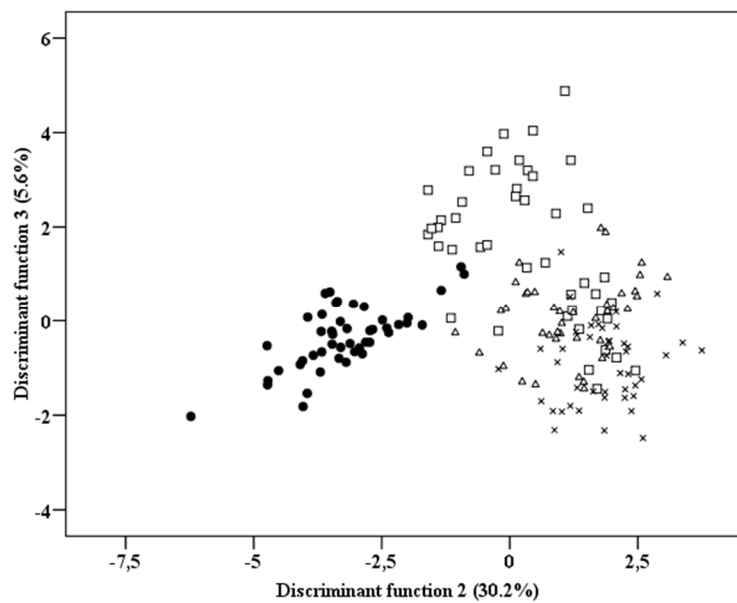
a)



b)



c)



6.4. Conclusions

The first aim of this study was to evaluate the FA profile and the composition of retinol and tocopherol compounds in milk from commercial goat herds grazing on Mediterranean woody pastures with difference grazing levels and during the seasons of the year. Few significant differences were found in the FA profile and fat-soluble antioxidant composition of goat milk from commercial flocks with different grazing farm level, as the females in all experimental farms were managed in an analogous manner based on the use of natural pastures. However, high and medium grazing farms increased the nutritional quality of milk by improving the percentages of some desirable healthy FA and α -tocopherol, compared with the low grazing farms. Therefore, a feeding management with higher use of pastures can be a strategy on commercial herds to improve milk quality. Principal changes were observed in the milk fat composition according to season, as a consequence of lactation effects and differences in feeding regimes (in winter and in autumn, the farmers increment the supply of concentrates indoors, whereas in spring fresh forage intake is higher). Winter milk showed significantly higher levels of retinol, spring milk showed significantly higher levels of some desirable healthy FA (mainly total PUFA, n-3 and CLA), summer and autumn milk showed significantly higher levels of α and β + γ -tocopherol.

The second aim was to evaluate the FA and fat-soluble antioxidants contents to discriminate milk samples according to the grazing farm levels and the seasonal feeding groups. The multivariate approach was able to discriminate among lactation-feeding seasonal regimes, and therefore could be used for traceability purposes.

CAPÍTULO 7. Producción y calidad bromatológica e higiénico-sanitaria de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

CAPÍTULO 7. PRODUCCIÓN Y CALIDAD BROMATOLÓGICA E HIGIÉNICO-SANITARIA DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA PAYOYA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE PASTOREO Y DE LA ÉPOCA DEL AÑO

“PRODUCCIÓN Y CALIDAD BROMATOLÓGICA E HIGIENICO-SANITARIA DE LA LECHE DE CABRA EN SISTEMAS DE PASTOREO TIPO ARBUSTIVO-MEDITERRÁNEO”

Rosario Gutiérrez-Peña^a, Yolanda Mena^b, Víctor M. Fernández-Cabanás^b, Manuel Delgado-Pertíñez^b

^aInstitut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Govern Illes Balears. 07009, Palma (Mallorca)

^bDpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla. 41013 Sevilla

56ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Barcelona, España

Resumen

El sector caprino andaluz está caracterizado por el empleo de razas autóctonas, destacando la raza Payoya por su adaptación al pastoreo. Estos sistemas pastorales presentan gran relevancia desde el punto social, medioambiental y de la calidad de sus productos. Aunque la intensificación de las producciones supuso un abandono del pastoreo, las crisis de los últimos años hacen que vuelva a plantearse como estrategia para mejorar la rentabilidad. El objetivo del trabajo fue estudiar la productividad y calidad de la leche en relación con la intensidad de pastoreo. Se seleccionaron 8 explotaciones de raza Payoya con información sobre manejo y productividad. Según el porcentaje de necesidades de energía neta de las cabras en ordeño cubierto por el pastoreo, las explotaciones se dividieron en tres grupos: alto, medio y bajo pastoreo. Mensualmente se tomaron muestras de leche de las que se analizó su composición química, contenido en células somáticas y gérmenes. El grado de pastoreo no ha tenido un efecto significativo sobre producción, calidad y precio; mientras que la estacionalidad si lo tuvo. Por tanto, el pastoreo se presenta como una buena estrategia para mejorar la rentabilidad al disminuir el coste de alimentación manteniendo la productividad o calidad de la leche.

Palabras clave: Raza Payoya, nivel de pastoreo, calidad de la leche, coste de alimentación

7.1. Introducción

Andalucía es la segunda región de Europa en producción de leche de cabra, estando principalmente compuesta esta producción por razas autóctonas (Murciano-Granadina,

Malagueña, Florida y Payoya). Entre ellas, la raza Payoya destaca por ser la mejor adaptada a los sistemas pastorales. El ecosistema típico donde se encuentran estos rebaños pastorales es el bosque mediterráneo, con poco pasto herbáceo y más pasto de tipo leñoso, con predominio de masas boscosas, donde están presentes especies tales como encinas, alcornoques y acebuches (Mata et al., 2004).

Los sistemas pastorales contribuyen a la conservación de los ecosistemas al reducir el riesgo de incendios, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Riedel et al., 2007 y Ruiz-Mirazo et al., 2011). En las zonas económicamente deprimidas, la ganadería caprina también tiene un papel social importante, pues constituyen un medio para la formación de empleo, favorecen el asentamiento de población en el medio rural y conservan el conocimiento tradicional (Gibon et al., 2005). Así mismo, los productos obtenidos en estos sistemas ligados al pastoreo ofrecen una alta calidad para la salud humana (Delgado-Pertíñez et al., 2013).

De acuerdo a Castel et al. (2010), en la última década del siglo XX la búsqueda de aumentar la productividad produjo una intensificación en el manejo del rebaño, fundamentalmente en relación a la alimentación, aumentándose los aportes de alimentos en pesebre (sobre todo concentrados) y abandonándose el pastoreo. Sin embargo, a partir de 2008, el precio de los cereales aumenta repentinamente (MAPAMA, 2009), lo que hace que los ganaderos vuelvan a plantearse como una opción interesante el pastoreo, tanto para los animales productivos como improductivos (Ruiz et al., 2010).

Para conservar estos sistemas, es necesario buscar estrategias que mejoren su rentabilidad disminuyendo los costes de producción (principalmente, la alimentación) sin que se disminuya la productividad ni la calidad de la leche y, por tanto, el precio asociado a su composición química. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la producción y calidad bromatológica e higiénico-sanitaria de la leche de cabra de raza Payoya a lo largo del año y analizar la influencia del pastoreo sobre estos parámetros.

7.2. Material y métodos

7.2.1. Área de estudio. Explotaciones. Elaboración de indicadores

El estudio se ha realizado en la comarca geográfica de la Sierra de Cádiz, donde fueron seleccionadas 8 explotaciones caprinas de la raza Payoya. El periodo de estudio abarcó desde enero hasta diciembre de 2011. En cada mes se realizó una visita por explotación para recabar información, con objeto de caracterizar el manejo alimenticio, según la metodología FAO-CIHEAM adaptada a los sistemas caprinos lecheros en pastoreo por Ruiz et al. (2008).

Se determinó mensualmente el porcentaje de necesidades de energía neta de las cabras en ordeño cubierto por el pastoreo (NEP), según la metodología descrita por Ruiz et al. (2008) y Gutiérrez-Peña et al. (2016). Según trabajos previos (Nahed et al., 2006), el grado de pastoreo es uno de los principales factores que diferencia las explotaciones en el área de estudio. En este sentido y en base a la clasificación propuesta por Ruiz et al. (2008), las explotaciones se dividieron en tres grupos según el grado de pastoreo: alto, medio y bajo.

7.2.2. Toma de muestras de leche y análisis

De cada explotación y de forma mensual se tomaron muestras de leche del tanque de refrigeración, en botes de plástico de 50 ml y fueron conservadas a -20°C en laboratorio hasta su análisis.

Los parámetros de composición química (grasa, proteína y lactosa) se han determinado en un espectrofotómetro de infrarrojo (Milko Scan en combi-Foss 5000, FOSS eléctrico, Hillerød, Dinamarca). El recuento de células somáticas/ml (SCC) y gérmenes/ml se ha determinado mediante citometría de flujo, utilizando un contador Fossomatic Electronic Cell en Combi-Foss 5000 para las células y un Bacto Scan BC150 para la bacteriología.

7.2.3. Análisis estadístico

El parámetro de superficie de pasto natural por cabra ha sido analizado mediante un análisis ANOVA de un factor (grado de pastoreo), usando el paquete estadístico SPSS software ver. 24.00 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.). El resto de las características del manejo alimenticio de las explotaciones y los parámetros de producción y composición de la leche, fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas, usando el modelo lineal general (GLM). En el modelo se han considerado los factores grado de pastoreo (factor fijo inter-sujeto) y mes (factor intra-sujeto, analizado como medidas repetidas sobre las mismas unidades experimentales o explotaciones) y la interacción entre ambos. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias en los factores con más de dos niveles, éstos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante las pruebas HSD-Tukey (factor inter-sujeto) y diferencia mínima significativa (factor intra-sujeto).

7.3. Resultados y discusión

En función del porcentaje de energía neta cubierta por el pastoreo (NEP) y de la superficie de pastoreo por cabra (Ruiz *et al.* 2008), se clasificaron dos explotaciones como alto pastoreo, tres como pastoreo medio y tres como pastoreo bajo (Tabla 7.1). Las de alto y medio eran de mayor tamaño en superficie de pasto natural que las de

bajo. Se han encontrado diferencias significativas según el grado de pastoreo en el NEP ($P<0,001$), en el aporte de concentrado ($P<0,05$) (0,3 y 0,8 kg/cabra y día menos en las de alto pastoreo, en comparación a las de medio y bajo, respectivamente) y en el suplemento de forraje ($P<0,05$) (0,5 kg/cabra y día menos en las de alto y medio pastoreo, en comparación a las de bajo) suministrados en pesebre. Respecto a la evolución a lo largo de los meses del estudio, sólo el aporte de concentrado ha variado de forma significativa ($P<0,05$), éste ha aumentado en los meses de invierno y otoño y disminuido durante la primavera (datos no mostrados), como era de esperar teniendo en cuenta la climatología y las épocas de parto del área de estudio (Gutiérrez-Peña et al., 2016).

Tabla 7.1. Diferencias en el manejo alimenticio según el grado de pastoreo de las explotaciones

Características manejo alimenticio ^a	Grado de pastoreo (GP)			SEM ^b	Efecto (P) ^c		
	Alto	Medio	Bajo		GP	M	GP x M
Número de explotaciones	2	3	3				
Superficie de pasto natural/cabra, ha	0,37a	0,70a	0,12b	0,032	*		
Energía neta aportada por el pastoreo (%)	57a	46b	14c	3	***	ns	ns
Concentrado suplementado (kg/cabra día)	0,62b	0,96ab	1,43a	0,052	*	*	ns
Forraje suplementado (kg/cabra día)	0,07ab	0,02b	0,52a	0,040	*	ns	ns

Letras diferentes en la misma fila (a, b, c) indican diferencias significativas ($p<0,05$).

^a En % se expresa las necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo.

^b Error estándar de la media.

^c M: Mes; GP x M: interacción grado de pastoreo por mes. P: significación estadística, * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$; ns: no significativo, $P>0,05$.

Tanto la producción de leche como su composición química básica no han diferido estadísticamente entre grupos según el grado de pastoreo (Tabla 7.2). Esto indicaría que no ha habido diferencias en los niveles de energía o proteína de la dieta entre los grupos (Moran-Fehr et al., 2007). No obstante, se observa una tendencia ($p<0,1$) a una mayor producción en los grupos medio y bajo pastoreo, en comparación al alto pastoreo. Es interesante señalar cómo las explotaciones de medio pastoreo, a pesar de ser más pastorales, tienen similar producción de leche por cabra que las explotaciones más intensificadas con bajo pastoreo. Esto muestra que es posible conseguir un adecuado nivel de producción de leche sin tener que incrementar mucho más la suplementación de concentrados, los cuales deben ser comprados de forma general en

Capítulo 7. Producción y calidad bromatológica e higiénico-sanitaria de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

las explotaciones pastorales del área de estudio, incrementando de esta forma los costes de alimentación.

Si ha sido más importante y significativo para la mayoría de los parámetros el efecto del mes del año (tabla 7.2 y figura 7.1). Mayor producción (con un máximo en abril y un mínimo en noviembre, $p<0,05$) y menor porcentaje de los diferentes parámetros químicos (con un mínimo para el extracto seco quesero en los meses de abril, mayo, junio y julio y un máximo para los meses de noviembre, septiembre, octubre y diciembre, $p<0,05$) se observa en los meses de la primera mitad del año. La calidad higiénico-sanitaria y el precio del litro de leche han seguido una evolución parecida al de la composición química (datos no mostrados). Los efectos de la curva de lactación y las diferencias en la alimentación (principalmente por ingestión y composición nutricional de los concentrados suplementados, ver tabla 7.1) pueden explicar los diferentes resultados en producción y composición química de la leche en los meses estudiados. Efectivamente, en las explotaciones experimentales de este estudio los partos se concentran en noviembre y enero-febrero (datos no mostrados) y la lactación finaliza hacia final de verano (Gutiérrez-Peña et al., 2016). En general, los rebaños españoles de cabras lecheras tienen una fuerte estacionalidad reproductiva (Zarazaga et al., 2009) y, por lo tanto, una fuerte estacionalidad productiva, ya que se vende más leche en la primera mitad del año, cuando los precios de la misma son más bajos (Mena et al., 2014).

Tabla 7.2. Valores medios de la producción y constituyentes nutritivos de la leche de cabra Payoya según el grado de pastoreo

Parámetro	Grado de pastoreo (GP)				Efectos (P) ^c		
	Alto	Medio	Bajo	SEM ^b	GP	M	GP x M
Producción leche (l/cabra/día)	0,85	1,21	1,27	0,057	ns	*	ns
Extracto seco (%)	13,94	13,74	14,08	0,144	ns	***	ns
Proteína bruta (%)	3,60	3,71	3,75	0,044	ns	***	ns
Proteína bruta (g/día)	30,79	45,39	47,48	2,032	ns	ns	ns
Grasa bruta (%)	5,16	4,90	5,04	0,084	ns	***	ns
Grasa bruta (g/día)	41,37	60,19	63,41	2,678	ns	ns	ns
Lactosa (%)	4,41	4,42	4,51	0,027	ns	***	ns
Lactosa (g/día)	38,96	56,16	59,02	2,804	ns	*	ns
Extracto seco quesero (%)	8,76	8,61	8,79	0,120	ns	*	ns
Extracto seco quesero (g/día)	72,16	105,58	110,89	4,685	ns	ns	ns
Células somáticas ($\times 10^3/\text{ml}$) ^d	1545	2920	2035	122	ns	***	ns
Gérmenes ($\times 10^3/\text{ml}$) ^d	64	130	109	11	ns	*	ns
Precio litro leche (€)	0,58	0,54	0,53	0,012	ns	***	ns

Letras diferentes en la misma fila (a, b, c) indican diferencias significativas ($p<0.05$).

Capítulo 7. Producción y calidad bromatológica e higiénico-sanitaria de la leche de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo y de la época del año

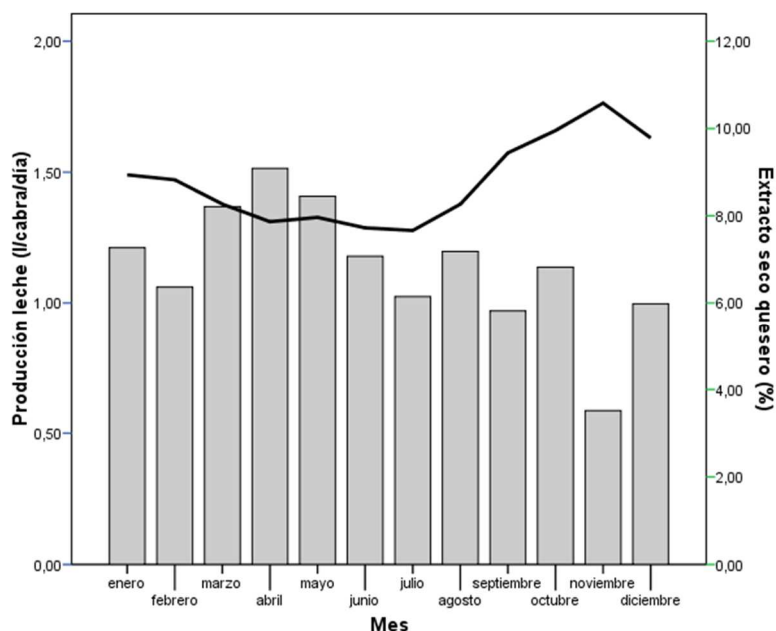
^a En % se expresa las necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo.

^b Error estándar de la media.

^c M: Mes; GP x M: interacción grado de pastoreo por mes. P: significación estadística, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns: no significativo, $P > 0,05$.

^d Para el análisis estadístico, los valores fueron transformados a escala logarítmica natural.

Figura 7.1. Producción (barras) de leche y extracto seco quesero (línea) según el mes



7.4. Conclusiones

El grado de pastoreo no ha tenido un efecto significativo sobre la producción, calidad y precio de la leche de cabras de raza Payoya. Por tanto, el pastoreo se presenta como una buena estrategia para mejorar la rentabilidad al disminuir el coste de alimentación manteniendo la productividad o calidad de la leche. Si ha sido importante la estacionalidad en la producción y calidad de la leche, con mayor producción y menor extracto quesero en los meses de primavera e invierno.

**CAPÍTULO 8. Análisis económico y social de la ganadería
caprina de raza Payoya**

CAPÍTULO 8. Análisis económico y social de la ganadería caprina de raza Payoya

“CAN DAIRY GOAT FARMS IN MOUNTAIN AREAS REACH A SATISFACTORY LEVEL OF PROFITABILITY WITHOUT INTENSIFICATION? A CASE STUDY IN ANDALUSIA (SPAIN)”

Yolanda Mena^a, Rosario Gutierrez-Peña^b, Francisco A. Ruiz^c, Manuel Delgado-Pertíñez^b

^a *Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering, “Agrifood Campus of International Excellence, ceiA3”, University of Seville, Spain*

^b *Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori, Govern de les Illes Balears, 07009, Palma, Mallorca, Spain*

^c *Area of Agricultural Economics and Sociology, IFAPA, Junta de Andalucía, Granada, Spain*

Agroecology and Sustainable Food Systems, 41 (6): 614–634.

Abstract

Well-performing grazing systems play an important role in improving and maintaining environmental and social conditions of mountain areas. The aim of this paper is to analyse the relationship between the economic and social viability of the pastoral goat farming systems and their feeding management schemes in order to improve their sustainability. Sixteen goat grazing farms were monitored monthly from January to December 2011, including 42 quantitative and 9 social variables. A multivariate two-step analysis was followed (principal component and cluster analysis) and three clusters were identified. Cluster 1 grouped small herd-size and low-productivity farms with low dependence on external inputs for animal feeding; Cluster 2 grouped medium herd-size and high-medium productivity farms which depended most on external inputs for animal feeding; Cluster 3 grouped large herd-size, high-medium productivity farms with medium dependence on external inputs. There was no difference between Clusters 2 and 3 regarding milk productivity and there were few differences in terms of labour, economic or technical indicators. According to these results, the dairy goat pastoral farms could improve their profitability without increasing the use of purchased concentrates and forages. In general, farmers' job satisfaction was high and no differences were observed between groups.

KEYWORDS: Goat; grazing; sustainability; multivariate analysis; feeding management

8.1. Introduction

Herbivores, especially ruminants, consume material not inedible for humans, which is a very important factor when considering the availability of food for human consumption in the future (Broom et al. 2013). Furthermore, Mancilla-Leyton et al. (2013), when monitoring the scrub

understorey have shown the positive impact of grazing goats: a decrease in the total quantity of easily combustible vegetation induces changes in the diversity of species without reducing their wealth, and also reduces fire risk. Therefore, traditional pastoral livestock (usually based on local breeds which are well adapted to marginal rural areas) play an important role in maintaining the ecosystem. The social role played by this type of livestock is equally important, as it contributes to the maintenance of active agriculture in marginal areas, where other types of agriculture or more intensive farms are not viable.

In recent decades, goat farms have specialized in milk production, particularly in economically developed countries in Mediterranean Europe (Castel et al., 2011). This dairy specialization, besides increasing productivity, has been considered the main reason for the intensification of grazing farms (Lorent et al., 2009). In order to achieve greater milk productivity, farmers have increased the supply of concentrates fed to the goats, thus reducing or even eliminating pasture as a feed source. As goat farming systems in the Mediterranean basin are mostly located in marginal areas where crop and pasture growth is difficult, farmers are forced to purchase more inputs, mainly concentrates, off-farm. A similar trend has been reported by Meul et al. (2012) in the dairy cow sector and by Riveiro et al. (2013) in dairy sheep farms.

However, even though higher productivity can increase profitability, goat's milk must be sold at an appropriate price and cereal prices must be reasonable. In this sense, the soaring cereal prices between 2008 and 2011, together with a drop in milk prices since 2010 has questioned the sustainability of a model that is highly dependent on external inputs (Mena et al., 2014a). In Spain alone, 30% of the goat farms disappeared between 2008 and 2011 (Mena et al., 2014b), especially those that had initiated a major intensification process.

From an environmental point of view, the increased use of concentrates, nutrients and energy associated with intensification leads to more emissions with a negative impact on global warming, eutrophication, and acidification (Arsenault et al., 2009). In contrast, grazing systems with low stocking densities, long grazing periods, and low use of concentrates have been found to be associated with lower energy and mineral fertilizer use and wider biodiversity of grasslands (Meul et al. 2012). Furthermore, according to Fernández-Lugo S. et al. (2010), goat grazing is beneficial for maintaining traditional open agricultural ecosystems.

Grazing also has positive effects on the quality of milk and derived products. Different studies show the greater benefits of livestock products obtained under grazing management systems for human health (Morand-Fehr et al. 2007, Zervas and Tsiplakou, 2011; Delgado-Pertiñez et al. 2013).

The rising input costs, a greater awareness of environmental issues and a growing concern for food quality, especially in relation to human health, have reversed the trend of intensification in the goat sector, encouraging a return to the use of pastures. According to Bossis et al. (2012), from 2000 to 2007 three quarters of the livestock farms in central France changed their management schemes to reduce costs, increase feed self-sufficiency, adapt to a Protected Designation of Origin scheme (PDO) or make the farmers' work easier. Studies conducted in Brazil (Gonçalves et al., 2008) and in France (Bossis et al., 2012 and 2014) have reported how goat farms with access to pastures and meadows have significantly reduced feeding costs, thus improving their economic profits and environmental sustainability as they depend less on non-renewable energies such as oil. Meul et al. (2012) have observed a lower production cost as well as grazing and ecological and economic benefits of grazing in dairy systems in Flanders.

The goat farming intensification process described previously has also occurred in the last decade in Spain, but there are areas where dairy goat farms still depend on pastures, at least partly, to feed their animals. These goats form part of sylvopastoral systems mainly situated in protected mountain areas of the south and southwest of the country (Castel et al., 2010; Gaspar et al., 2011). According to Broom et al. (2013), pastures with shrubs and trees as well as herbage are normally more productive than pastures alone.

Despite all the advantages of dairy goat grazing systems, they risk disappearing if they are not socially and economically viable. Indeed, in some areas of the mountain range, dairy goats have been pushed out of the pasture zone and substituted by beef cattle and meat sheep (Castel et al., 2011). In this sense there are no scientific studies to determine the key aspects of the management and sustainability of these dairy goat grazing systems. Nevertheless, a participatory approach should be used to transmit the valuable traditional knowledge of the farmers of the Sierra de Cádiz (southern Spain) to technicians and scientists and thus combine tradition and new technologies to improve the profitability of the pastoral systems, without detriment to their environmental and social strengths. Thus, the main objective of this study is to analyse the productive, economic and social results of pastoral goat systems in Andalusian mountain areas according to their feeding management schemes. In addition, special efforts are made to detect key elements for improving profitability that can be included in management advice for farmers.

8.2. Material and methods

8.2.1. Study area

The study was conducted in the mountain range of Cadiz (South of Spain). The Sierra de Cádiz district is located between parallels 36° 55' and 36° 41' (northern latitude) and between

meridians 5° 35' and 5° 11' (western longitude). With a Mediterranean climate, areas vary between sub-humid (C2BV3s2aV) and humid (B2BV2s2aV) with highly seasonal rainfall concentrated between October and April. Temperatures are mild in the winter months and summers are hot and dry, reaching a minimum average temperature of 4.5°C in February of the study year and a maximum of 30.7°C in August (Agencia Estatal de Meteorología, 2011). The average annual rainfall is 1221 mm.

The vegetation in the zone is characterized by Mediterranean forest with a high density of trees, alternated with bushes and shrubs (Mata et al., 2004). There are also mid-mountain pastures of grasses, legumes and other families of dicotyledons (Fernández et al., 1991). Crops such as wheat, barley, oats, beans and olives are often found in the areas with gentler slopes.

8.2.2. Selection of experimental farms, data collection and indicators calculated

Data was recorded on commercial farms; therefore the results of this study are directly applicable to the sector. In most cases, part of the farmland is inside the Natural Park “Sierra de Grazalema” (mean surface area in the park of 78%, with a minimum of 25% and a maximum of 100%) and therefore farmers must comply with various soil, vegetation and animal husbandry restrictions in accordance with the park regulations. The main restrictions are: exclude grazing areas where there are endangered plant species, limit or even prohibit ploughing, pruning and fencing, as well as the construction of facilities. Apart from some exceptions, there are no restrictions on goat grazing.

Farms are mostly family-run and combine goat production with other livestock species such as sheep, cattle and the Iberian pig. Throughout the whole year, herd feeding management is based on the grazing of natural grasslands, namely pastures, shrubs and trees. Animals receive supplementary feed indoors, although large differences are observed between farms. Goats kid once a year, with an average lactation period of between six and eight months. Goats are milked once or twice a day, according to their productive level. Most births are concentrated between September and February of the following year; implying a high seasonality in the quantity of milk sold, measured by the seasonality index with a score of 0.25 (milk sold in the trimester of the lower sales/milk sold in the trimester of the higher sales). Kids are reared naturally for approximately one month and then sent to the slaughterhouse. Lactation for replacement kids is longer, approximately three months (Gutiérrez et al. 2016).

As Andalusia does not have public or private organizations that systematically register technical and economic data at farm level, it was necessary to collect data for the study. Sixteen farms were selected based on three fundamental criteria: (i) goat production was an important

economic activity for the farm with a minimum herd size of 80 breeding goats as reported by Nahed *et al.* (2006), (ii) all farms belonged to the local cooperative “*Nuestra Señora de los Remedios*” that collaborated in the project, in order to confirm purchases and sales data and (iii) farms were representative of the variable management of the pastoral goat farming systems already existing in the area based on the researchers’ previous experience (Ruiz *et al.*, 2008 and 2009). The farms were visited monthly throughout 2011 to gather technical and economic information and to compile data related to the farm workers, job satisfaction and quality of life. The information was obtained through direct interviews with the farmers during monthly visits. Additional information was requested from the cooperative, food suppliers and cheese industries that bought the milk. All inputs and outputs related to a potential secondary farm activity, e.g. pig, cow or sheep production, were excluded from the analysis, therefore comparisons between farms were related exclusively to goat activities.

Regarding technical and economic issues, 42 quantitative variables related to feeding management, milk productivity and feed and milk prices were selected. The indicators *Concentrate supply per milking goat* and *Forage supply per milking goat* were obtained by weighing the amount of concentrate or forage provided for milking goats (those producing milk) each month. The term “goat present” refers to all females over one year old or that have already been included in the breeding group (whether or not they have produced kids and whether or not they are being milked). The annual value was calculated as the average of goats present each month. The indicator *Net energy obtained from grazing* was calculated monthly as the difference between the milking goats’ net energy requirements and the net energy of concentrates and forages provided indoors and expressed as a percentage. The annual value was calculated as the average, weighted by the number of milking goats each month (Ruiz *et al.*, 2008). To calculate the net energy requirements for maintenance, locomotion is calculated from grazing days per month, kilometres walked per day and slopes, Lachica *et al.*, 1997) and milk production calculated from milk yield/goat/day as well as fat, protein and lactose milk content, (Institut National de la Recherche Agronomique, 2010) were recorded. The net energy from concentrates and forages provided indoors was calculated from a monthly value of concentrate supply per milking goat and forage supply per milking goat, assigning an average energy content to each type of feed (INRA, 2010). These values were 0.9 UFL/kg for concentrates, 0.6 UFL/kg for hay and short fibre forage and 0.3 UFL/kg for straw and other by-products. According to the French System (INRA, 2010), a UFL (Milk Fodder Unit) is the amount of net energy for milk production containing one kg of reference barley.

Concerning land tenure, land is owned, rented or used for tenant farming. The latter (named “aparcería” in the study area) is customary in many rural areas and consists of verbal agreements between the landowner and farmer, whereby the owner allows his land to be used for livestock farming and the farmer provides the manpower. Once farming has begun, the expenditures (except manpower) and income (sale of produce) are split both ways. In order to compare farms, an “aparcería” cost has been established (taken to be the equivalent of the cost of renting land) and is calculated as follows:

“Aparcería” cost = (income/2) – expenditure incurred by the landowner

Of the 16 farms included in the sample, 10 farmers owned the land (although 50% also had a small part of rented land in addition to their own), and 6 were in the “aparcería” regime. Nevertheless, for simplification, the cost of renting land and of “aparcería” were given the same consideration: renting cost.

The profitability indicator used in this study was calculated as the difference between the main farm income (milk sales) and the main costs (feeding), taken as the expenditure on concentrate and forages, crops and land rent. Other expenditures and incomes unrelated to feeding management and milk productivity were not taken into account in order to avoid noise in the analysis. Furthermore, since milk is not the only goat product sold by the farm, when calculating this indicator of profitability, the feeding cost was multiplied by 0.76, as the income from milk (average for all farms) made up 76% of total sales (the remaining sales related to goat farming consisted of sale of kids for slaughter).

Nine social variables were included (seven quantitative and two qualitative). The qualitative variables were later transformed into quantitative variables by scoring responses in descending order of importance from 1 to 5.

8.2.3. Statistical analysis

A multivariate two-step analysis was conducted, made up of the principal component analysis (PCA) and the cluster analysis (CA) (Hair et al., 1998; Madry et al., 2013). The PCA seeks a linear combination of variables that extracts the maximum variance and then identifies a second linear combination to explain the remaining variance, leading to new orthogonal (statistically uncorrelated) variables, each called a principal component (PC) or factor. The purpose of PCA is to reduce the number of variables and the dimension of the problem studied (Hair et al., 1998). As the variables in this analysis were all quantitative, the factorial analysis was used for the PCA. The PC variability was measured by associated eigenvalues. The first PC was associated to the higher eigenvalue and the next PCs were associated to decreasing eigenvalues (Hair et al., 1998).

To be eligible for the multivariate analysis, the quantitative variables should have a medium-high variability coefficient; however, when some are statistically correlated, only those considered more important according to expert criteria should be used in the analysis (Hair et al., 1998; Lesschenet al., 2005). The PCA was followed by a cluster analysis (CA) type k-average. In this CA, farms were grouped according to the dimensions obtained in the previous analysis (Hair et al., 1998).

Finally, the differentiating effect of the clusters on quantitative variables was assessed through an analysis of variance. In order to do so, normality in the distribution of residuals and homoscedasticity were taken into account. In absence of homoscedasticity, robust contrasts were used. Tukey's honestly significant difference post hoc test was conducted to perform multiple comparisons to differentiate clusters individually for the different response variables and Pearson's chi-square test was applied for the qualitative variables. The statistical analysis was done using SPSS v.20 (2012) software.

8.3. Results

8.3.1. General characteristics of farms

Farms are medium-sized and manpower is provided mainly by family members, although in some cases labourers are hired, especially for milking.

The autochthonous Payoya breed makes up the genetic base of the farms. This is a dairy breed adapted to pastoral systems. In 13 cases out of 16, goats are farmed together with cattle, pigs and/or sheep.

All farms have a minimum land base for grazing, with an average total surface area of 0.41 ha per goat. This includes all the areas used for goat feeding and is made up essentially of natural pastures, highly variable in quantity and quality. The few crops that are grown are mainly used for grazing. Very exceptionally they have a small surface area of forage or grain crops. This can be observed in the indicator "farmers' expenditure on crops" (4 €/goat present and year, on average). In general very few crops are grown as soils are inappropriate for cultivation and are difficult to access with machinery. Goats receive supplementary feed in the manger all year round, based mainly on concentrates although differences have been observed between farms regarding the amount of feed provided.

Most income is the result of milk sales, reaching a mean value of 76% of the total income from product sales. The farms sell all their milk to industry and do not make cheese. The mean price of milk in 2011 was 0.49 €/l, with little variance between farms, and similar milk fat and protein contents (means of 4.7% and 3.5% respectively).

All farmers received financial aid from the European Union. The mean amount received by farmers in 2011 was 0.12 €/l, with a minimum of 0.01 and a maximum of 0.35.

Table 8.1. Eigenvectors (weights) for each of the four variables according to the two principal components (PC) retained for the cluster analysis.

	PC1	Significance	PC2	Significance
Goats present	0.738	0.0000	0.389	ns
Forage per milking goat (kg/day)	- 0.810	0.0000	0.048	ns
Net energy obtained from grazing (%)	0.884	0.0000	-0.432	ns
Milk sold per goat present (l)	- 0.042	ns	0.969	0.0000

8.3.2. Factorial data-reduction analysis

The eigenvalues of the two principal components retained for successive cluster analysis were 1.984 for the first PC and 1.280 for the second PC. The relative proportion of variance was 50% and 32% and explained 82% of the total original variance.

The eigenvectors (weight) for each of the four indicators according to the two principal components or factors are shown in Table 8.1. The first factor, “dimension and feeding”, includes the variables Goats present, Proportion of net energy obtained from grazing and Forage supplied per milking goat. The second factor “milk productivity” includes only the variable Milk sold per goat present.

8.3.3. Farm classification in clusters

A cluster analysis type k-average from the two PC was used and the 16 farms were segregated into three groups. In general terms, Cluster 1 (4 farms) grouped small herd-size and low-productivity farms with a low dependence on external inputs for animal feeding (Low productivity grazing farms); Cluster 2 (5 farms) grouped medium herd-size and high-medium productivity farms which depended most on external inputs for animal feeding (Intensified farms); Cluster 3 (7 farms) grouped large herd-size, high-medium productivity farms with medium dependence on external inputs (High productivity grazing farms).

Tables 8.2–8.5 show descriptive statistics of the main indicators referring to the database as a whole (average results in the first column) and to each cluster retained (following columns). The characteristics defining the three groups are described, highlighting those related to feeding management.

8.3.3.1. Cluster 1: Low productivity grazing farms

As observed in Tables 8.2 and 8.3, farms belonging to this group obtain 47% net energy from grazing, have low milk productivity (177 kg of milk sold/goat/year, $P < 0.05$) and small herds (174 goats, $P < 0.001$). They also have a medium-sized surface area in comparison to the other groups, with a mean size of 81 ha ($P < 0.01$).

Farmers provide a medium level of concentrates in the manger (273 kg/goat/year, $P < 0.05$) and little forage (39 kg/goat/year, $P < 0.01$), covering practically half of the goats' energy requirements as they graze mainly on natural pastures. This group has the most stable proportion of energy requirements covered by grazing throughout the year (Table 8.2).

These farms use the traditional reproductive management systems, i.e. kidding on average once a year, with a strong reproductive seasonality. The main mating period is in June (mating is concentrated via "male effect", that is when bucks are joined with anovulatory does that have previously been isolated from males, a proportion of the flock will ovulate, display oestrus and become pregnant, Delgadillo et al., 2009), and therefore most kids are born in November. The rest are concentrated between January and February. The main reason for this reproduction pattern (which means that 77% of the annual milk production is sold during the first six months of the year, Table 8.3) is to reduce the number of goats lactating in summer, when pasture is scarce in the Mediterranean ecosystem.

The cost of feed purchased off-farm (concentrate plus forage) is 70 €/goat/year (Table 8.4). The second largest expenditure is on land rent and tenant farming (10 €/goat/year), mostly the latter, as 50% of the farmers of the group are tenant farmers and only one rents a small proportion of land.

The difference between income from milk sales and expenditure on feeding is smaller than in group 3, with similar importance of grazing as in animal feed (2797 vs 17711 € per Annual Work Unit, AWU, $P < 0.01$) (Table 8.4).

As observed in Table 8.5, manpower is poorly optimized (126 goats per AWU, $P < 0.05$). The workday is shorter than the number of hours stipulated in the collective agreement for agriculture (40 hours a week). The farmers consider that they have a good quality of life and express an average job satisfaction (3.8 in both cases).

Table 8.2. Technical indicators related to herd size and feeding management (mean and standard error).

	Mean	Cluster			P
		1	2	3	
Farms	16	4	5	7	
Goats present (n)	372 (± 58)	174 ^b (± 38)	251 ^b (± 29)	572 ^a (± 79)	***
Total area (ha)	178 (± 46)	81 ^b (± 23)	50 ^b (± 16)	324 ^a (± 72)	**
Stocking rate (ha/goat)	0.41 (± 0.27)	0.45 (± 0.25)	0.20 (± 0.18)	0.54 (± 0.26)	†
Surface of herbaceous pastures (ha/goat)	0.05 (± 0.02)	0.00 (± 0.00)	0.06 (± 0.04)	0.07 (± 0.05)	NS
Concentrate per milking goat and day (kg/ milking goat)	1.0 (± 0.1)	0.8 ^b (± 0.2)	1.3 ^a (± 0.1)	0.9 ^{ab} (± 0.1)	*
Forage supply per milking goat and day (kg/ milking goat)	0.2 (± 0.1)	0.1 ^b (± 0.0)	0.4 ^a (± 0.1)	0.0 ^b (± 0.0)	*
Concentrates per goat and year (kg/goat present)	337 (± 116)	273 ^b (± 59)	438 ^a (± 131)	300 ^{ab} (± 87)	*
Forage per goat and year (kg/goat present)	65 (± 84)	39 ^b (± 27)	156 ^a (± 103)	16 ^b (± 13)	**
Net energy obtained from grazing (%)	38 (± 4)	47 ^a (± 6)	19 ^b (± 3)	47 ^a (± 4)	***
Net energy obtained from grazing in the 1 st quarter (%)	34 (± 5)	44 (± 10)	21 (± 7)	37 (± 7)	ns
Net energy obtained from grazing in the 2 nd quarter (%)	47 (± 5)	54 ^a (± 4)	28 ^b (± 7)	57 ^a (± 5)	**
Net energy obtained from grazing in the 3 rd quarter (%)	39 (± 6)	48 ^a (± 7)	11 ^b (± 6)	53 ^a (± 5)	***
Net energy obtained from grazing in the 4 th quarter (%)	31 (± 5)	40 ^{ab} (± 11)	13 ^b (± 4)	41 ^a (± 8)	*

^{a, b, c} Values with different letters on the same row are different (* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; † $P < 0.1$)

Table 8.3. Technical indicators related to milk yield (mean and standard error).

	Mean	Cluster			P
		1	2	3	
Farms	16	4	5	7	
Milk sold per goat present (l/goat/ year)	295 (± 25)	177 ^b (± 35)	333 ^a (± 39)	336 ^a (± 29)	*
Proportion of milk sold in the second semester (%)	30 (± 2)	23 (± 3)	34 (± 5)	31 (± 1)	ns

a, b, c Values with different letters on the same row are different (* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; † $P < 0.1$)

Table 8.4. Economic indicators (mean and standard error).

	Mean	Cluster			P
		1	2	3	
Farms	16	4	5	7	
Price of milk (€/l)	0.49 (± 0.01)	0.50 (± 0.04)	0.49 (± 0.01)	0.49 (± 0.01)	ns
Milk income per goat (€/goat present)	143 (± 12)	85 ^b (± 14)	162 ^a (± 16)	163 ^a (± 15)	**
Concentrate supply cost per goat (€/goat present/year)	87 (± 8)	67 (± 6)	114 (± 15)	79 (± 12)	†
Forage supply cost per goat (€/goat present/year)	6 (± 2)	3 ^b (± 2)	15 ^a (± 4)	1 ^b (± 1)	**
Culture cost per goat (€/goat present/year)	4 (± 1)	2 (± 2)	3 (± 2)	5 (± 2)	ns
Renting cost per goat (€/goat present)	20 (± 5)	10 (± 6)	10 (± 7)	34 (± 9)	†
Difference between milk income and feed cost per goat (€/goat present) ¹	57 (± 9)	22 (± 16)	62 (± 15)	73 (± 12)	†
Difference between milk income and feed cost per employee (€/AWU1)	12659 (± 2102)	2797 ^b (± 2076)	13474 ^a (± 3388)	17711 ^a (± 2225)	**

a, b, c Values with different letters on the same row are different (* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; † $P < 0.1$).

¹Since milk is not the only product sold by the farm, this indicator of profitability was calculated by multiplying the feeding cost by 0.76, as the income from milk, average for all farms, made up 76% of total sales.

Table 8.5. Indicators related to labour (mean and standard error).

	Mean	Cluster			P
		1	2	3	
Farms	16	4	5	7	
Total labour (AWU1)	1.7 (± 0.2)	1.3 b (± 0.1)	1.4ab (± 0.2)	2.1 a (± 0.2)	*
Goats per AWU	210 (± 24)	126 b (± 20)	192ab (± 30)	271 a (± 37)	*
Proportion of AWU aged less than 40 years (%)	22 (± 9)	17 (± 17)	43 (± 23)	9 (± 6)	ns
Proportion of family workforce (%)	75 (± 8)	65 (± 21)	100 (± 0)	62 (± 10)	ns
Free days per week	0.2 (± 0.1)	0.3 (± 0.3)	0.2 (± 0.2)	0.1 (± 0.1)	ns
Vacation days per year	4.0 (± 2.0)	9.3 (± 7.1)	4.4 (± 3.0)	0.7 (± 0.7)	ns
Adequacy of the workday ²	1.14 (± 0.1)	0.74 b (± 0.2)	1.38 a (± 0.1)	1.19ab(± 0.1)	*
Quality of life (1 to 5)	3.8 (± 0.3)	3.8 (± 0.5)	4.2 (± 0.6)	3.6 (± 0.5)	ns
Quality of work (1 to 5)	4.1 (± 0.2)	3.8 (± 0.5)	4.2 (± 0.4)	4.3 (± 0.3)	ns

a, b, c Values with different letters on the same row are different (* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; † $P < 0.1$)

¹ Annual Working Unit

² Working hours per week of the manager/ working hours per week established for the collective agreement

8.3.3.2. Cluster 2: More intensified farms

These farms are very dependent on feeds purchased off-farm (higher Forage per milking goat and lower Proportion of net energy obtained from grazing, Table 8.2 and 8.3), with a medium herd size (251 goats $P < 0.001$) and a good milk productivity (333 of milk sold//goat/year, $P < 0.05$). The mean surface area of the farm is small (50 ha), although they do not differ statistically from Cluster 1.

Supply of concentrates and forage in the manger are high (438 kg/goat/year, $P < 0.05$ and 156 kg/goat/year, $P < 0.01$, respectively) (Table 8.2). The Proportion of net energy obtained from grazing is only 19%, remaining low all year as observed in Table 8.2. It only rises in spring (2nd quarter of year), when most grazing takes place.

As these farms depend less on pastures to feed their animals, the mating periods are more widely distributed throughout the year and kidding takes place in different seasons, but mostly in November. As with the other groups, these farms sell less milk in the last six months of the

year (34%), which indicates that there is still a seasonal pattern despite the wider distribution of parturitions (Table 8.3).

The cost of feed purchased off-farm (concentrate plus forage) was 129 €/goat/year (Table 8.4). The second largest expenditure was made on land rent (10 €/goat/year). In this group, no farmers practise tenant farming, two out of five farmers rent part of the land and only one farmer rents all his land.

The difference between income from milk sales and feeding expenditure is higher than Cluster 1 but not statistically different from Cluster 3 (Table 8.4) (13474 € per AWU, $P < 0.05$).

Table 8.5 shows manpower data. Farmers handle 192 goats per AWU. They work more hours per year than Cluster 1 and surpass the hours stipulated in the collective agreement by 38% ($P < 0.05$). However, they evaluate their quality of life and job satisfaction positively (4.2 and 4.2 respectively).

8.3.3.3. Cluster 3: High productivity grazing farms

This group comprises large farms (572 goats, $P < 0.001$, and 324 ha, $P < 0.01$) that are based on grazing (higher Proportion of net energy obtained from grazing and lower Forage per milking goat, compared with the more intensified farms) and produce large amounts of milk (336 of milk sold/goat/year, $P < 0.05$) (Tables 8.2 and 8.3).

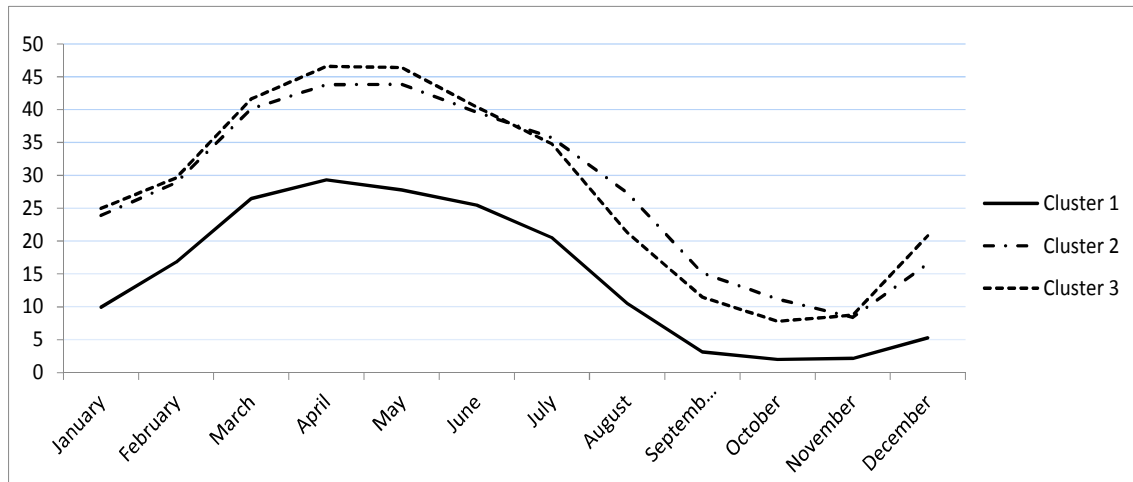
Concentrate supplied in the manger is normally at medium level (300 kg/goat/year, $P < 0.05$) and forage supply is significantly low (16 kg/goat/year, $P < 0.01$) (Table 8.2). As with Cluster 1, grazing covers almost half of the goats' net energy requirements, this indicator remaining quite stable throughout the year (Table 8.2).

Parturitions take place between October and April, and most kids are born in November. Likewise, the indicator Proportion of milk sold in the second semester (31%) indicates seasonal productivity, as there is more milk production in the first four months of the year (Table 8.3).

The cost of feed purchased off-farm (concentrate plus forage) was 80 €/goat/year (Table 8.4). The second largest expenditure was made on land rent and tenant farming (34 €/goat/year). There are no significant differences but a statistical trend ($P < 0.1$) to be higher than the farms in Clusters 1 and 2. As for Cluster three, 71% of the livestock farmers are tenant farmers and the remainder rent part of their surface area. The profitability of these farms expressed as the difference between income from milk sales and expenditure on feed for milk production, is greater than in the first group and similar to the second (17711€ per AWU, $P < 0.01$).

The farms of this group have more workers ($P<0.05$), but as the herds are large, they have a heavier work load as each worker handles more goats (271 goats/AWU, $P<0.05$) (Table 8.5). They surpass the hours stipulated in the collective agreement by 19%. These farmers evaluate their quality of life as intermediate (3.6), but give a positive evaluation of their job satisfaction (4.3).

Figure 8.1. Litres of milk sold per goat and month according to the cluster classification.



8.4. Discussion

8.4.1. Feeding and reproductive management and milk production

Flock size, feed supply and productivity are among the more frequent quantitative variables used in the multivariate analysis of livestock production systems (Madry et al., 2013). The Net energy obtained from grazing (Nahed et al., 2006; Ruiz et al., 2008) or the consumption of concentrates and forage (Ruiz et al., 2009; Castel et al., 2011) has been used in the other multivariate analysis on dairy goats. These results indicate that feeding management marks the most differences between farms.

As mentioned previously, goats are farmed together with cattle, pigs and/or sheep. Systematic studies relating the interactions between grazing behaviour and animal performance in mixed herds on Mediterranean scrublands, with similar vegetation characteristics as in the present study, are not reported in the literature. However, in recent studies with animals managed in mixed grazing on heathlands (a characteristic plant community from western Europe covering vast areas in the Northwest of the Iberian Peninsula), the goats' browsing ability makes them the most efficient species to utilize heathland vegetation, thus decreasing interspecific competition from other grazing species (Ferreira et al., 2013; Osoro et al., 2017). In this sense, goats could complement sheep or cattle by achieving a more efficient utilization of heathland vegetation, and increasing overall productivity per hectare. In contrast, horses, as they consume large amounts of grass, compete with cattle and sheep for pasture use. The contribution of the pasture type and the interactions between livestock species in the particular vegetation conditions have not been studied in this work.

Although the animals graze in all three groups, large differences are observed in the importance of grazing as a feed source. The more pastoral farms (Clusters 1 and 3) provide less concentrates than the less pastoral farms (Cluster 2). However, Ruiz *et al.* (2009) highlighted that in general, concentrate consumption in relation to milk sold is higher in the Spanish pastoral farms in comparison to France, where 222 kg of concentrates are used to produce 482l of milk, but with a much higher forage consumption than in Spain (399 kg/goat/year). Regarding forage consumption indoors, *High productivity and Low productivity pastoral farms* present low values (39 and 16 kg/goat present, respectively), according to data reported by Ruiz *et al.* (2008 and 2009). These authors observed that this was partly due to the animals obtaining sufficient fibre through grazing as they are at pasture all day. Nevertheless, there are times in the year, such as in summer, when there is very little pasture in the fields and the farmers do not take this circumstance into account.

It is interesting to note how the farms in Cluster 3 (*High productivity grazing farms*), despite being more pastoral, have a similar milk production per goat to the farms in Cluster 2 (*more intensified*), 333 and 336 l of milk sold/goat/year for Clusters 2 and 3 respectively. On the other hand, Cluster 3 achieves greater productivity per goat than Cluster 1, with similar stocking rates and concentrate and forage inputs. According to González (Executive Secretary of the Payoya National Goat Breeders' Association, personal communication) this is due to the genetic improvement (Cluster 3 goats are better than in Cluster 1) and a good productive and reproductive management of the flock. There are fewer unproductive goats in Cluster 3 than in Cluster 1. A third cause, although it has not been statistically corroborated, could be that the Cluster 3 farms have a small area of herbaceous pastures while those of Cluster 1 do not have this type of pasture (0.07 ha/goat versus 0.00 ha/goat, Table 8.2).

This result shows that it is possible to achieve an adequate level of milk productivity without having to increase the supply of concentrates too much, as generally in the mountain ranges they have to be purchased off-farm. Therefore, the herd should be made up of native breeds, in this case the Payoya, which can produce a large amount of milk per year and make use of the available pastures. However, many local sheep and goat breeds are endangered (Bertaglia et al., 2007), as farmers consider them to be uncompetitive and prefer to use other breeds when they intensify their production systems. Therefore, it is important to encourage grazing systems to conserve local breeds, and vice versa.

In general, Spanish dairy goat herds have a strong reproductive seasonality (Zarazaga et al., 2009) and hence a strong productive seasonality, as more milk is sold in the first half of the year (see Figure 8.1), when the milk prices are lowest (Mena et al., 2014a). The price is lower in the first semester due to the strategy followed by the large cheese industries to ensure a constant milk supply all year. With this aim, they pay better milk prices during the second semester when there is less milk available on the market. As can be seen in the results, in the three groups parturitions are concentrated in November, even though in the *More intensified* and *High productivity grazing farms* many kids are born in other months. For this reason, even though there is still more milk production in the first half of the year, in these groups no farmers interrupt milk sales for one month per year, except in Cluster 1 (*Low productivity grazing farms*) where half the farmers interrupt milk sales for two to four months. Two different management strategies ensure this continuity in milk production throughout the year. In the Cluster *More intensified farms* there is a greater supply of feed in the manger all year round, as reported in previous surveys (Nahed et al., 2006; Castel et al., 2011; Gaspar et al., 2011), especially in the seasons when there is less pasture available (Ruiz et al., 2008). On the other hand, the Cluster *High*

productivity grazing farms maintain their milk production due to a large and relatively constant supply of pasture, increasing feed in the manger only when there is less pasture available and more nutritional requirements (especially at the end of pregnancy, around kidding and in suckling periods).

According to Meul *et al.* (2012), farmers choose to reduce grazing, even eliminate it, for a better control of diet, to facilitate work schedules and to avoid grazing-related organizational difficulties. For this reason, dairy goats in mountain areas have been frequently substituted for meat-purpose ruminants (cows and sheep), as their management is easier (Castel *et al.* 2011). Nevertheless, in general terms, control of diet and work organization have been minimized through the traditional reproductive management practised by farmers, which involves a concentration of kidding.

8.4.2. Economic analysis according to the importance of grazing and milk productivity

Milan *et al.* (2003) and Ripoll-Bosh *et al.* (2012) agree that the economic efficiency of small ruminant farming (without considering subsidies) is mainly conditioned by productivity and feeding management. This is in accordance with results obtained in this study where milk sales are the main income (kids have a low market value) and feeding is the main cost (the concentrates and forage purchased, being 85, 91 and 67 % of the total feeding cost for clusters 1, 2 and 3, respectively). For this reason any action aimed at minimizing off-farm feed purchase would greatly improve profitability, providing that it does not affect the goats' productivity, in agreement with Milan *et al.* (2003), who found that low profitability in sheep production was mainly due to the relative cost of manpower and the low productivity of the animals. This is the case of Cluster 1 (*Low productivity grazing farms*), which has the smallest Difference between milk income and feed cost per employee, due to low milk productivity.

On the other hand, Toro-Mujica *et al.* (2011), who compared 31 pastoral sheep farms, concluded that three variables accounted for most of the differences between farms: size of flock, production of milk per sheep and degree of supplementary feeding. Nevertheless, they did not find a relationship between such variables and the degree of viability in economic terms. These authors affirmed that some technically efficient farms, in spite of an efficient use of their inputs (obtaining the maximum output for a definite input), did not achieve the best price efficiency (allocation efficiency), being economically inefficient. This is not the case of the current study, where the price of milk (main input) is similar for all farms. In this case, a large flock size, a high milk income per goat and a medium concentrate supply cost per goat (since grazing is an important source of net energy for goats) reach a good level of profitability, as can be seen in Cluster 3 (*High productivity grazing farms*).

A very important issue for the sustainability of farms, as observed by Ripoll-Bosh (2012), is to reach a high level of feed self-sufficiency. In this sense, although groups 2 and 3, with a similar amount of milk sold per goat, do not show statistical differences regarding the Difference between milk income and Feed cost per employee, the second has the advantage of a higher proportion of net energy obtained from grazing and a lower dependence on purchased feed, namely forage supply, which is a strength of these systems for increasing their sustainability. Nevertheless, one must not forget that such systems are more sensitive to climatic conditions, which can affect the supply and nutritional value of grazing resources. Therefore pastures should be improved and an adequate feeding supplementation must be planned. Regarding pasture improvement, it is important to plant them periodically with the most suitable and best-adapted species for the area, ensuring correct soil fertilization and a wide diversity of forage species (Ruiz-Mirazo, J., & Robles, 2012, Grande et al., 2016).

8.4.3. Social dimension of the activity

Despite the environmental and economic interest of grazing, one determining social factor is the farmers' difficulty in getting access to land, either because there is no land available or because the small amount of land that is available is very expensive. Most farmers that have participated in this study have to pay to lease land although there are various situations derived from the indicator *Renting cost per goat* (Table 8.4). This difficulty in gaining access to land is related to the oligopoly structure of land tenure in Andalusia, where 50% of cropland is in the hands of 2% of landowners (Educación para la Acción Crítica et al., 2013). The possibility of using communal pastures at zero or little cost is not common in Andalusia. Given the importance of enhancing goat grazing in mountain areas of Andalusia, and considering that the main constraint is access to land, governmental measures should be taken for facilitating such access to the goat herders, such as improving access to public land by lowering the price of land rent, increasing the number of years for the lease, or providing financial incentives for landowners and goat herders that reach an agreement to rent the land.

Regarding land tenure, it is interesting to analyse the figure of the tenant farmer ("aparcero") which is predominant in the group *High productivity grazing farms*. This is a verbal agreement between the landowner and farmer, whereby the owner allows his land to be used for livestock farming and the farmer provides the manpower. Once farming has begun, the expenditures (except manpower) and income (sale of produce) are split both ways. In general "aparceros" are very good farmers, with a great deal of experience in grazing goat management. In addition they have a long-term relationship with the landowner (generally lasting for years, even generations)

and benefit from important actions such as pasture improvements, the implantation of crop surface areas or fence building, which are generally shared with the landowner.

In general, farmers' job satisfaction is high and no differences are observed between groups, which could favour generational replacement. Nevertheless, there are several aspects related to the quantity and quality of the farmers' work and quality of life that are essential to guarantee the continuity of their farming activity.

Job satisfaction has been measured with objective and subjective indicators. The former is an indicator of occupational hardship which measures the number of goats handled per worker. In the Spanish goat sector this figure stood at 271 in 2011 (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2011). The farms of the groups *Low productivity grazing farms* and *More intensified farms* are far below this average (216 and 192 goats per AWU, respectively). Consequently, improvements can be made in these two clusters by increasing the ratio of goats per worker, which could mean greater economic benefits if labour is well organized, it being a crucial part of farmers' job satisfaction.

Another indicator of occupational hardship is the length of the workday. Although Ruiz *et al.* (2011) reported in a study conducted among goat farms all over Andalusia that the daily working hours ranged from 11.1 h in farms with grazing to 7.1 h for more intensive farms, in the current study, according to results of the variable *Adequacy of workday*, the most intensive farms have the longest workdays. This is because the majority of the grazing farms of the Sierra de Cádiz are fenced, which means that the farmers spend less time monitoring goats.

Quality of life has also been measured with objective and subjective indicators. Farmers have little time to rest, as is usually the case in dairy farming, and differences are not observed between groups. However, despite having little free time, the farmers' evaluation of their quality of life is high, partly because even though they devote many hours to their work, they enjoy farming.

8.5. Conclusions

Despite the social and environmental advantages offered by goat pastoral systems, this type of system is disappearing. Difficult access to land, demands of the cheese industry (paying a higher price for large quantities of milk produced all year round) and difficulties involved in the feeding management of grazing goats (the nutritive value of the pastures and intake are unknown, and goats cannot be divided into lots according to their nutritional requirements), have all risen to a generalized intensification of dairy ruminant farming.

The results of this study, conducted with goat farms practising different degrees of grazing, show that it is possible to obtain a satisfactory level of productivity and profitability, minimizing the amount of feed purchased. This is particularly important in a context of high price volatility of grains for animal feed, the abandonment of rural marginal areas and environmental crisis.

It is very important for the Administration to take measures to facilitate access to land for farmers that wish to adopt this production model. Likewise, efforts must be made to make working conditions more attractive to young people, through economic and social well-being, thereby ensuring generational replacement.

Although the reduction of costs through grazing rather than purchasing feeds can improve farm profitability, in order to guarantee their economic viability and reduce dependence on financial aid, it is very important to highlight and pay for the ecosystem services provided by pastoral farming systems such as better pasture and landscape quality, less fire risk, wider biodiversity and less migration from the rural areas.

CAPÍTULO 9. Análisis ambiental de la ganadería caprina de raza Payoya

CAPÍTULO 9. Análisis ambiental de la ganadería caprina de raza Payoya

“CARBON FOOTPRINT OF DAIRY GOAT PRODUCTION SYSTEMS: A COMPARISON OF THREE CONTRASTING GRAZING LEVELS IN THE SIERRA DE GRAZALEMA NATURAL PARK (SOUTHERN SPAIN)”

Rosario Gutiérrez-Peña^a, Yolanda Mena^b, Inmaculada Batalla^c, Juan Manuel Mancilla-Leytón^d

^a *Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori, Govern de les Illes Balears, 07009, Palma, Mallorca, Spain*

^b *Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering, “Agrifood Campus of International Excellence, ceiA3”, University of Seville, Spain*

^c *Basque Centre for Climate Change (BC3). 48940, Leioa, Bizkaia, España*

^d *Department of Plant Biology and Ecology, University of Seville, Spain*

Journal of Environmental Management.

Abstract

The main objective of this study was to analyze the carbon footprint of grazing dairy goat systems in a natural park according to their grazing level. 16 representative goat grazing farms in southern Spain were selected and grouped into three farming systems: low productivity grazing farms (LPG), more intensified grazing farms (MIG) and high productivity grazing farms (HPG). Their carbon footprint (CF) was analyzed, including greenhouse gas emissions and soil carbon sequestration according to the farms' grazing level and milk productivity, taking into account different functional units (one kilogram of fat and protein corrected milk (FPCM) and one hectare) and milk correction. Results showed that all variables differed according to the milk correction applied as the values for cow's milk correction were 41% lower than for sheep's milk correction. Total emissions and contributions of soil carbon sequestration differed according to farming system group; LPG farms had higher total emissions than MIG and HPG farms, however total carbon sequestration was lower in the MIG farms than in the LPG and HPG farms. The CF values ranged from 2.36 to 1.76 kg CO₂e kg⁻¹ FPCM for sheep's milk correction and from 1.40 to 1.04 kg CO₂e kg⁻¹ FPCM for cow's milk correction. In neither of the two cases were differences found between farming system groups. However, when calculations took hectare of land as a functional unit, the contribution of MIG farms to the CF was 85% higher than LPG and HPG farms. Therefore it is important to take into account the functional unit used to calculate the CF by analyzing this indicator in a broader context, and including carbon sequestration by grazing livestock in the calculation. In order to reduce the CF of this type of system, it is advisable

to make appropriate use of the natural resources and to reach an optimum level of milk productivity, high enough for pastoral livestock farming to be viable.

KEYWORDS: protected area, dairy goats, grazing management, greenhouse gas emission, carbon sequestration

9.1. Introduction

Most of the European Natura 2000 network is in Spain. A quarter of Spain's territory is dedicated to nature conservation with a total of 1,958 protected natural areas, covering over 22 million hectares (Múgica et al., 2017). Twenty four percent of Natura 2000 surface area is used for agriculture or agroforestry (crops, steppes, agriculture mosaics, open forest) which makes a direct contribution to food and feed supply. In Spain, around 13% of the area is protected under one of several legal figures. A large part of these landscapes are grazed, particularly by cattle, sheep or goats for meat production (Bernués et al., 2017), and dairy goats in protected landscapes in the Southeast and in other areas unsuitable for agriculture in Mediterranean zones (Castel et al., 2010; Mena et al., 2017; Dubeuf et al., 2018). In these areas, small ruminant farming is often one of the few economically viable activities as not only does it fix population but it also manages landscapes and maintains ecosystems to conserve biodiversity and provide niche products for the market (Robles et al., 2009; Ruiz-Mirazo et al., 2011).

Nevertheless, the livestock sector also has an important influence on climate change, biodiversity loss and degradation of land and freshwater because of its emissions to the air, water and soil (Foley et al., 2011; Gerber et al., 2013). In fact, livestock farming is estimated to contribute to about 18% of total global greenhouse gas (GHG) emissions, considering direct and indirect land use (Hristov et al., 2013; Herrero et al., 2016). Ruminants are responsible for the largest share of enteric fermentation and manure production (Zervas and Tsiplakou, 2012; Buratti et al., 2017), although ruminant farming systems vary depending on physical conditions such as climate, soil type, altitude and landscape, (Gibon et al., 1999; Hadjigeorgiou et al., 2005), specie (cow, goat, sheep) and production purpose (dairy or meat).

For calculating GHG emissions of agricultural products, absolute and efficiency measures have to be differentiated, as they can produce different outcomes (Rivera-Ferre et al., 2016). The use of an efficiency parameter such as emission per unit of product, can infer that a certain sector is reducing its contribution to GHG emissions, even though its absolute parameter, namely total emissions, increases. However, the most commonly used indicator of the contribution of a given product to GHG emissions is an efficiency parameter: the Carbon Footprint (CF), expressed in kg of CO₂e per unit of product. The last one is called "functional unit" (Sinden, 2009), the choice of

which has to be carefully defined in accordance with the overall purpose of the study (de Vries et al., 2015) because conclusions could be different (Röös et al., 2013). Using only a mass-based functional unit, predominant in current life cycle assessment practice, does not provide a balanced view of the impacts of intensification. The use of an area-based functional unit, in addition to a mass-based one, can provide more information about the environmental consequences of agricultural system intensification (Salou et al., 2017). Area-based or mass-based functional units are normally used as functional units in the CF for plant products. Nevertheless, for livestock products, given the existence of indoor animal production systems (e.g. poultry farms), the CF is mostly expressed by kg of product.

Another key aspect in grazing farming systems' contribution to climate change is not only to calculate GHGs but also to consider soil carbon sequestration from soil C inputs from crop residues or manure, for example (Batalla et al., 2015). In this sense, there has been more discussion about the need to assess the ecosystem services offered by forage-based livestock systems in disadvantaged areas, paying particular attention to GHG emissions and their mitigation by carbon sequestration (Battaglini et al., 2014). Nevertheless as C sequestration is difficult to estimate, most researchers only consider emissions and C sequestration is not generally taken into account for calculating CF (Booker et al., 2013; McDermot and Elavarthi, 2014; Rivera-Ferrer et al., 2016; Buratti et al., 2017).

The main objective of this study is to analyze the carbon footprint (including GHG emissions and soil carbon sequestration) of grazing dairy goat systems in a natural park according to their grazing level and milk productivity, taking into account different functional units. Particular attention is paid in this study to providing comprehensive information on the role of grassland and shrubland on GHG balance since the hypothesis in this study is that the systems based on natural pasture instead of feed and concentrates may reduce their carbon footprint.

9.2. Material and methods

9.2.1. Experimental farms and data collection

The study was carried out in the Sierra de Grazalema Natural Park (36° 35'N, 5° 26'W, southern Spain), one of Spain's most ecologically outstanding areas (Biosphere Reserve, UNESCO). Altitudes range between 650 and 1200 m. and the geological substratum is dominated by dolomite, limestone and loam, with basic soils (Gallego Fernández and García Novo, 2002). The study area has a mediterranean climate, with cool, wet winters (mean 8°C) and warm, dry summers (mean 25 °C). The mean annual precipitation (960 - 2.220 mm) is the most determinant climatic variable associated with plant growth and community distribution. The study area is characterized by the coexistence of a mosaic of dehesa (open forest), dense *Quercus ilex*, *Q.*

suber and *Q. faginea* forest. Plant communities are generally dominated by sclerophyllous woody plants with a herbaceous or shrubby understorey (Costa et al. 2006).

Based on the researchers' previous experience (Gutiérrez-Peña et al. 2016; Mena et al., 2017), sixteen commercial farms were selected to be representative of the diversity of the grazing goat farm systems in the area. According to Gutiérrez-Peña et al. (2016), feeding management is based on the grazing of natural grasslands, namely pastures, shrubs and trees. Goats receive supplementary feed indoors, mostly during the milking period. They kid once a year, with an average milking period of between six and eight months and are milked once or twice a day, according to their productive level. Kids are reared naturally for approximately one month and then sent to slaughter.

According to Mena et al. (2017), these sixteen grazing goat farms were classified into three types. Group LPG (Low productivity grazing farms): small herd size and low productivity farms with a low dependence on external inputs for animal feeding; Group MIG (More intensified grazing farms): medium herd size and high-medium productivity farms which depend mostly on external inputs for animal feeding; Group MPG (High productivity grazing farms): large herd size, high-medium productivity farms with low dependence on external inputs. Number of goats per farm were 174, 251 and 572, respectively; Natural pasture area (ha) was 67, 42 and 255, respectively; Crop pasture area (ha) was 6, 8 and 30, respectively; and Net energy obtained from grazing (%) was 47, 19 and 47, respectively.

The farmers were visited monthly throughout 2011 to gather all the necessary information about inputs and outputs and animal management practices to calculate the carbon footprint. The cooperative, food suppliers and cheese industries that bought the milk also provided information.

9.2.2. Calculation of the carbon footprint of goat's milk

9.2.2.1. Boundary of the system for greenhouse gas emissions

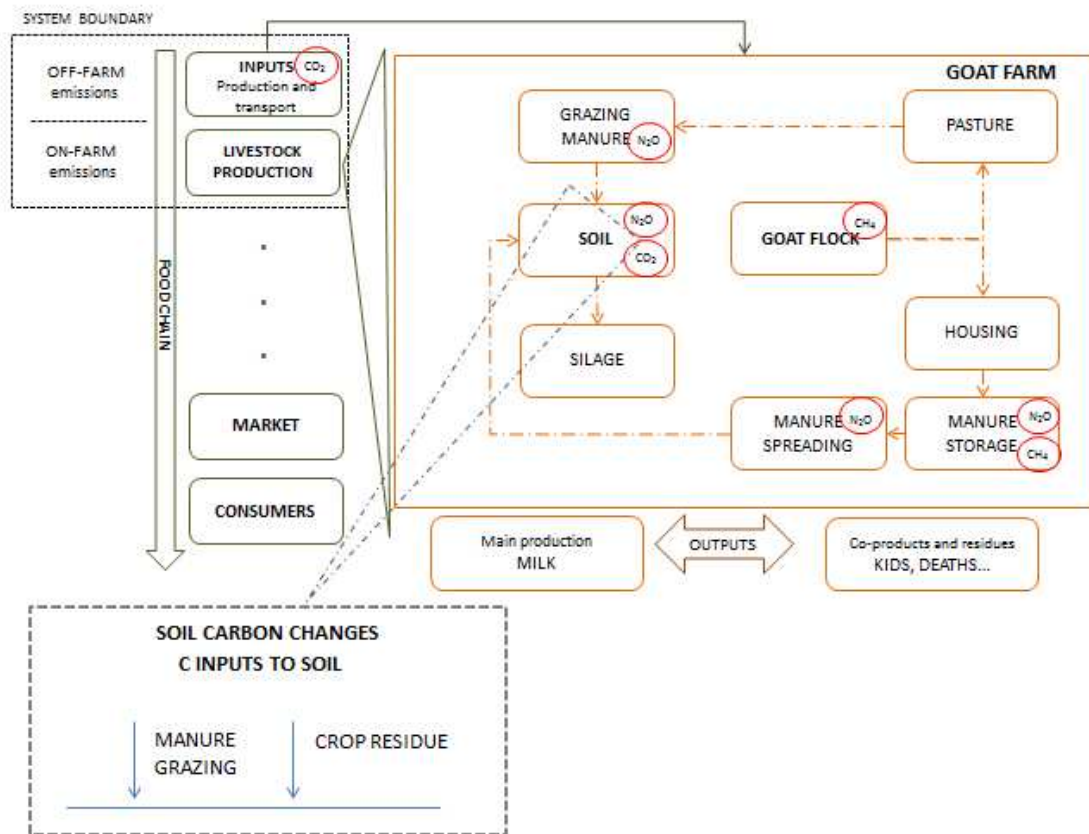
The boundary of the goat milk production system was "from cradle to farm gate" and it included all the on-farm and off-farm emissions. Machinery, buildings, medicines and other minor stable supplies were excluded from the assessment.

"On farm emissions" refer to all emissions from livestock (enteric fermentation) and soil management (mainly N₂O emissions). The IPCC (2007) guidelines have been followed, using the Tier 2 approach and taking national and local values for the farms studied (MAGRAMA, 2012). The emissions are expressed in CO₂ equivalents in a 100 year global warming potential (GWP) of CH₄ and N₂O of 25 and 298, respectively, following IPCC guidelines (IPCC, 2007). "Off farm

emissions” correspond mainly to the processing and transport of all the inputs used on the farms. A combination of emissions factors and data from literature have been used, mainly using Dia’terre® (Ademe, 2011) and Gac et al., 2010.

For carbon sequestration, the authors followed the Petersen et al. (2013) methodology, which takes into account a 100 year perspective to allocate soil carbon changes, as well as the GWP of livestock emissions. In goat systems soil carbon changes (SOC) are affected mainly by annual carbon inputs in soils, which in this study are directly related to C from crop residues (above and below-ground) on the farms and C inputs from manure (spread by the farmers directly on the pastures).y.

Figure 8.1. Scope of the study (adapted from Batalla et al. 2015)



9.2.2.2. Functional units

Emissions are expressed in two functional units (FU) to ensure that the results reported are consistent and functional. The first FU is one kg of fat and protein corrected milk (FPCM) as recommended by the most common LCA guidelines for the dairy sector (IDF, 2010). As goat’s milk does not have a specific reference, ewe’s milk and cow’s milk have been used for the standardization:

- 1 kg of fat and protein corrected milk (FPCM), as Pulina et al. (2005) proposed for dairy ewe's milk (milk correction 1). The final equation for calculating goat FPCM is:

$$\text{FPCM (kg)} = \text{raw milk (kg)} \times (0.25 + 0.085 \times \text{fat content (\%)} + 0.035 \times \text{protein content (\%)})$$

- 1 kg of fat and protein corrected milk (FPCM), as Robertson et al. (2015) proposed for dairy cow's milk (milk correction 2). The final equation for calculating goat FPCM is:

$$\text{FPCM (kg)} = \text{raw milk (kg)} \times (0.145 \times \text{fat content (\%)} + 0.092 \times \text{protein content (\%)} + 0.3)$$

The second FU used is 1 ha of utilizable agricultural land (UAL) in the goat farm.

9.2.2.3. Allocation

Although milk is the main product obtained from a dairy goat farm, total emissions must be allocated because meat is a co-product with a market value. In this study the economic allocation principles were based on kids being sold at 1 month of age, with a live weight (LW) of approximately 8 kg and a monetary value of 3.89 € kg⁻¹ LW. Milk had a value of 0.49 € kg⁻¹ of raw milk. No other income sources were evident within the scope of the study and the allocation of the carbon footprint to milk varied by farm and year from 57% to 89 % with an average of 78%.

9.2.3. Data treatment and statistical analysis

For the statistical analysis, farms were classified according to the three groups described above (Group 1: Low productivity grazing farms; Group 2: More intensified grazing farms; and Group 3: High productivity grazing farms).

After testing the variables for normality, using the descriptive statistics of asymmetry and kurtosis, ANOVAs were performed to test for possible significant differences among the three groups followed by the Tukey test to evaluate significant differences between groups. IBM SPSS Statistic 23.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for all analyses.

9.3. Results

9.3.1. Inputs and Outputs

Annual inputs and outputs for each dairy system group are shown in Table 8.1. With regard to inputs, the values reflect that considerably less concentrates and fodder were purchased by the low productivity grazing farms (LPG) and high productivity grazing farms (HPG) (33% and 89% respectively) than the more intensive farms (MIG); no differences were found between the LPG and HPG farms. As regards outputs, the LPG farms were the least productive group (about 45%) but there were no differences between the MIG and HPG farms. No differences were found between the three farming system groups (Table 8.1) as far as the other variables were concerned.

Table 8.1. Annual inputs and outputs for each goat farming system group. In the same row different letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). Mean $\pm$ S.E.

	Low productivity grazing farms	More intensified grazing farms	High productivity grazing farms	F	p-values
Inputs					
Concentrates purchased (kg/goat/year)	273.38 $\pm$ 29.68 b	437.60 $\pm$ 58.68 a	296.46 $\pm$ 32.08 b	4.142	0.041
Fodder purchased (kg/goat/year)	23.30 $\pm$ 12.83 b	155.99 $\pm$ 45.92 a	15.45 $\pm$ 4.83 b	9.400	0.003
Fuel (litres/year)	772.25 $\pm$ 149.20 a	928.20 $\pm$ 306.79 a	6033.43 $\pm$ 2703.30 a	2.218	0.148
Electricity (kWh/year)	4468.00 $\pm$ 1797.58 a	8503.00 $\pm$ 2863.98 a	4726.71 $\pm$ 1952.50 a	0.925	0.421
Mineral fertilizer (kg/ha/year)	6.25 $\pm$ 6.25 a	86.67 $\pm$ 53.24 a	66.45 $\pm$ 19.71 a	1.355	0.292
Outputs					
Milk, litres/goat	177.07 $\pm$ 35.35 b	332.67 $\pm$ 38.84 a	335.63 $\pm$ 29.42 a	5.92	0.015
Kids sold/goat	1.00 $\pm$ 0.09 a	1.06 $\pm$ 0.13 a	0.94 $\pm$ 0.12 a	0.30	0.746

9.3.2. Kilogram of FPCM as functional unit

Carbon footprint, total emissions and total soil carbon sequestration are presented in Table 8.2 for each farming system. The contribution from pollutant sources and soil carbon sequestration are also shown. All the variables differed according to the milk correction applied; the values for milk correction 2 were 41% lower than for milk correction 1. However, for all the variables analyzed, the type of milk correction did not affect the comparisons between groups.

Carbon footprint values ranged from 2.36 to 1.76 kg CO₂e kg⁻¹ FPCM for milk correction 1 and from 1.40 to 1.04 kg CO₂e kg⁻¹ FPCM for milk correction 2. In neither of the two cases were differences found between goat farming system groups (Table 8.2).

Regarding emissions, LPG farms reported significantly higher total emissions per kilogram of FPCM and no differences were found between MIG and HPG farms. Livestock emissions were the major contributors to total emissions of all three farming system groups (contributing between 52 and 66%); livestock emissions per kilogram of FPCM were significantly higher in the LPG farms and no differences were found between MIG and HPG farms. No differences were found between the three farming system groups (Table 8.2) for the other variables.

Differences were found between farming system groups for the contributions of soil carbon sequestration. Total carbon sequestration was significantly lower in the MIG farms and no differences were found between LPG and HPG farms. The same pattern was found for CO₂ sequestration from crops. The values found for CO₂ sequestration from manure were significantly higher in the LPG farms than in the MIG farms (Table 8.2).

Table 8.2. Carbon footprint (CF) and contribution to carbon footprint from different sources and annual C sequestration (kg CO₂ e/kg FPCM) calculated according to Petersen et al., (2013). These values have been allocated using allocation factors based on economic value for milk and co-products (kids) derived from their monetary value at farm level. The functional unit are 1 kg of fat and protein corrected milk (FPCM); results of all variables studied are presented depending on the milk correction applied: i) milk correction 1 (corrected according to Pulina et al., 2005) and milk correction 2 (corrected according to Robertson et al., 2015). In the same row different letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). Mean $\pm$ S.E.

		Low productivity grazing farms		More intensified grazing farms		High productivity grazing farms		F	p-values
CF	Milk correction 1	2.36 $\pm$	0.32 a	1.97 $\pm$	0.11 a	1.76 $\pm$	0.13 a	2.86	0.094
	Milk correction 2	1.40 $\pm$	0.19 a	1.16 $\pm$	0.06 a	1.04 $\pm$	0.08 a	2.83	0.096
Emissions	Livestock emissions								
	Milk correction 1	2.09 $\pm$	0.31 a	1.16 $\pm$	0.10 b	1.33 $\pm$	0.15 b	6.074	0.014
	Milk correction 2	1.24 $\pm$	0.18 a	0.68 $\pm$	0.06 b	0.79 $\pm$	0.09 b	6.107	0.013
	Soil emissions								
	Milk correction 1	0.35 $\pm$	0.05 a	0.22 $\pm$	0.04 a	0.30 $\pm$	0.03 a	2.530	0.112
	Milk correction 2	0.20 $\pm$	0.03 a	0.13 $\pm$	0.02 a	0.18 $\pm$	0.02 a	2.530	0.118
	Inputs emissions			$\pm$					
	Milk correction 1	0.74 $\pm$	0.06 a	0.84 $\pm$	0.02 a	0.67 $\pm$	0.06 a	2.856	0.091
	Milk correction 2	0.44 $\pm$	0.04 a	0.50 $\pm$	0.02 a	0.39 $\pm$	0.04 a	2.828	0.094
	Total emissions								
	Milk correction 1	3.17 $\pm$	0.41a	2.22 $\pm$	0.13 b	2.29 $\pm$	0.17 b	4.540	0.032
	Milk correction 2	1.88 $\pm$	0.24 a	1.31 $\pm$	0.08 b	1.36 $\pm$	0.10 b	4.600	0.031
C sequestration	CO₂ sequestered from crops								
	Milk correction 1	0.57 $\pm$	0.12 a	0.11 $\pm$	0.03 b	0.38 $\pm$	0.05 a	9.129	0.003
	Milk correction 2	0.34 $\pm$	0.07 a	0.07 $\pm$	0.02 b	0.22 $\pm$	0.03 a	9.683	0.003
	CO₂ sequestered from manure								
	Milk correction 1	0.24 $\pm$	0.03 a	0.13 $\pm$	0.01 b	0.15 $\pm$	0.02 ab	5.360	0.020
	Milk correction 2	0.14 $\pm$	0.02 a	0.08 $\pm$	0.01 b	0.09 $\pm$	0.01 ab	5.390	0.011
	Total C sequestration								
	Milk correction 1	0.81 $\pm$	0.14 a	0.25 $\pm$	0.04 b	0.53 $\pm$	0.06 a	10.850	0.002
	Milk correction 2	0.48 $\pm$	0.08 a	0.15 $\pm$	0.02 b	0.32 $\pm$	0.04 a	10.820	0.002

9.3.3. Hectare as a functional unit

MIG farms had significantly higher carbon footprint values per hectare of land use and no differences were found between LPG and HPG farms. Likewise, total emissions were significantly higher in the MIG farms than in the other two groups as a consequence of a large increase in the off-farm emissions. No differences were found between farming system groups for the rest of the variables studied (Table 8.3).

9.4. Discussion

Cattle studies are predominant in the scientific bibliography on GHG emissions from the ruminant sector but there are very few specific studies of goat systems, particularly under grazing management (Kanyarushoki et al., 2009; Robertson et al., 2015; Pardo et al., 2016). Conclusions vary widely due to differences in the productive context and the methodologies followed. As Bernués et al. (2017) stated, it is difficult to make direct comparisons between studies because of potential differences in methodological choices; therefore it is necessary to standardize the functional unit, the system boundary and the allocation method. According to these authors, it is difficult to compare the results of this study with others due to differences in the production context and in the methodologies used. However, some useful ideas can be derived from a methodological point of view.

Table 8.3. Carbon footprint and contribution to carbon footprint from different sources and annual C sequestration (kg CO₂ e/kg FPCM) calculated according to Petersen et al., (2013). These values have been allocated using allocation factors based on economic value for milk and co-products (kids) derived from their monetary value at farm level. The functional unit is 1 hectare of utilizable agricultural land. In the same row different letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). Mean $\pm$ S.E.

		Low productivity grazing farms		More intensified grazing farms		High productivity grazing farms		F	p-values
Carbon footprint		1330.04 $\pm$	440.62 a	8629.57 $\pm$	4948.23 b	1249.77 $\pm$	242.13 a	7.21	0.028
Emissions	Livestock emissions	1117.30 $\pm$	305.46 a	4983.38 $\pm$	2821.74 a	893.51 $\pm$	149.59 a	4.17	0.075
	Soil emissions	180.79 $\pm$	48.06 a	828.47 $\pm$	398.40 a	206.44 $\pm$	45.32 a	3.05	0.131
	Inputs emissions	436.13 $\pm$	168.86 a	3683.87 $\pm$	2134.20 b	504.44 $\pm$	132.19 a	8.82	0.032
	Total emissions	1734.23 $\pm$	519.61 a	9495.72 $\pm$	5349.26 b	1604.39 $\pm$	313.65 a	7.07	0.048
C sequestration	CO₂ sequestered from crops	404.19 $\pm$	78.99 a	866.15 $\pm$	401.03 a	354.62 $\pm$	71.52 a	1.53	0.460
	CO₂ sequestered from manure	128.12 $\pm$	36.63 a	575.68 $\pm$	329.74 a	102.67 $\pm$	17.22 a	4.50	0.061
	Total C sequestration	404.19 $\pm$	78.99 a	866.15 $\pm$	401.03 a	354.62 $\pm$	71.52 a	1.53	0.460

9.4.1. The importance of the functional unit used

The most common functional unit used for carbon footprint calculation is the kg of fat and protein corrected milk (kg of FPCM). According to the Spanish federation of select livestock associations, (FEAGAS, 2018), the 8 main goat breeds in Spain (Florida, Majorera, Malagueña, Murciano-Granadina, Palmera, Payoya, Tinerfeña and Verata) reach values of 4.8% fat and 3.8% protein. On the other hand, according to Devendra and McLeroy (1982) goats in the tropics give values of 4.8% fat and 3.7% protein. The literature does not report any calculation of CF using a specific equation for goat's milk therefore the authors have used two equations in this study; one for sheep's milk, named milk correction 1, and another for cow's milk, named milk correction 2. When milk correction 2 is used as a functional unit, CF is 41% lower than when milk correction 1 is used (Table 8.2), because sheep's milk has a higher fat and protein content (7.6 and 5.5%) than cow's milk (4.8 and 2.8%) (Devendra and McLeroy, 1982). On the other hand, if sheep or cattle correction equations are used instead of goat correction equations, the emission values allocated are overestimated if sheep fat and protein values are used and underestimated if cattle values are used. Therefore it is not easy to compare results, and the methodology must be well defined, stating which correction equation has been chosen and using a goat's milk correction equation, taking into account average protein and fat values.

When CF results are expressed using efficiency metrics (such as kg of FPCM), the female productive level (generally higher in confined goats than in grazing goats) is a critical factor, as more milk production reduces the CF. Nevertheless, as Rivera-Ferre et al. (2016) observed when addressing the common global resources to mitigate GHG emissions, the use of an efficiency metric such as kg of FPCM is not the most appropriate. This is because other positive externalities with environmental or social implications should be taken into consideration such as fire prevention, enhancement of biodiversity or maintenance of local traditions, all of which are directly related to grazing. As observed in this study, using one hectare of UAL (Utilizable Agricultural Land) as a functional unit, MIG farms had a significantly higher CF per hectare compared with LPG and HPG because of a large increase in off-farm emissions (Table

8.3). Similar results were obtained by Robertson et al. (2015) in New Zealand where pastoral goat farms had a significantly lower carbon footprint per hectare but a higher carbon footprint per kg of FPCM compared to intensive farms. Salvador et al. (2017), in small-scale mountain dairy farms in the Italian Alps, found that Lower Livestock Unit farms registered higher values of GHG emissions per kg of FPCM than Higher Livestock Unit farms (1.94 vs. 1.59 kg CO₂e kg⁻¹ FPCM), nevertheless the situation was reversed upon considering the m² of Utilizable Agricultural Land as a functional unit (0.22 vs. 0.73 kg CO₂e m⁻²). Likewise, Salou et al. (2017) who compared milk production systems in France, found a lower global warming potential (GWP) per hectare in the grass-based, organic and highland systems compared with more intensified systems. This was due to the switch from grass-based feed to maize silage and concentrate feed.

9.4.2. Livestock intensification and climate change

The potential offered by goats, with their ability to survive in disadvantaged areas, is broadly recognized at national and international level (Mosquera-Losada et al., 2006; Rosa García et al., 2012). On the other hand, ruminants have played an important role in the genesis and maintenance of landscapes (Emanuelsson, 2009). However, several previous studies on livestock greenhouse gas (GHG) emissions and their relationship with different management systems advocate an intensification of animal production to mitigate the emission of GHGs (Steinfeld and Gerber, 2010; O'Brien et al., 2011; Stackhouse et al., 2012; Cohn et al., 2014; Ruviaro et al., 2014), moving away from rustic and traditional animals to specialized and highly productive breeds.

The main rationale behind this proposal is that productivity levels of the extensive systems are much lower and as consequence, emission intensities are consistently higher in these types of system (Opio et al., 2013; Gerber et al., 2013). One of the reasons why extensive systems are less productive is that animals use more energy travelling to pasture thus increasing maintenance requirements (Gill et al., 2010). The main source of emissions is methane from enteric fermentation (Zaervas and Tsiplakou, 2012; Buratti et al., 2017). As grazing animals basically feed on forage (Hegarty et al., 2010; Desjardins et al. 2014), extensive systems produce more methane than intensive systems. As intensive systems commonly rely more on highly

digestible concentrates and quality forage, these farming practices can reduce emissions and leave a lower carbon footprint than the less intensified systems (Foley et al., 2011; O'Brien et al., 2012; Bellarby et al., 2013; Gerber et al., 2013; Soussana and Lemaire, 2014). Therefore, intensification of production systems can be considered as an effective way to increase production and reduce GHG emission intensity (Zhuang et al., 2017). Supposedly, this is an 'efficiency gain'; i.e. more output with less input and less environmental impact per kg of product (Bernués et al., 2017) but this argument does not take into account that human-edible grain may be used to feed animals instead of using crop waste and pastures of marginal lands, nor does it consider that grazing animals can be important drivers of carbon sequestration in pasture systems, a critical ecosystem service provided by grasslands (Batalla et al., 2015).

Under the conditions established in our research and considering only total emissions, without including sequestration, it is true that the low productivity grazing (LPG) farms produce more emissions per kg of fat and protein corrected milk (FPCM) than more intensified grazing (MIG) farms. This is due to their intrinsic lower productivity. Nevertheless, emissions do not differ between high productivity grazing (HPG) and MIG (Table 8.2) because both models achieve an adequate level of productivity (335.63 and 332.67 liters per goat respectively, Table 8.1). When CF values are compared in the productive models considering GHG emissions and soil carbon sequestration, there are no longer any differences between the three groups. This is because total net emissions are reduced by 23-26% in the grazing system when soil carbon sequestration is considered in CF calculations (Table 8.2). These results are similar to those found by Batalla et al. (2015) in sheep farming systems in northern Spain using the same methodology to estimate soil C sequestration (Petersen et al., 2013). Batalla et al. (2015) pointed out that the carbon footprint was reduced by 15% for semi-intensive systems with foreign breeds to 43% for semi-extensive systems with local breeds, when soil carbon sequestration was included. Salvador et al., (2017), reported a reduction from 28 to 31% in Italian mountain dairy farms when sequestration was considered, for Lower and Higher Livestock Unit farms respectively.

In grazing systems, C sequestration is an important aspect to consider due to the amount of C added to soils from grazing, C residues from crops and C from manure. In recent years, several research studies have shown that carbon sequestration can be maximized by using adequate management practices for livestock grazing, for example through rotational grazing management (multi-paddock systems) or with an appropriate grazing intensity according to each specific context (soil texture, precipitation or grass type) (McSherry and Ritchie, 2013; Wang et al., 2015; Stanley et al., 2018).

According to the results in this study, total C sequestration in LPG and HPG farms is 51%–70% higher than in MIG farms (Table 8.2). This is because LPG and HPG farms have larger surface areas. It also gives higher C values from crop residues (above and below ground), although a larger surface area only makes a significant difference in HPG farms. Soil carbon sequestration from manure in absolute terms has higher values in HPG (71,186 kg CO₂ e), followed by MIG (30,744 kg CO₂ e) and then by LPG (21,571 kg CO₂ e). This is mainly because there are more animals per hectare and hence more manure per hectare.

Pastoral systems provide ecosystem services such as soil carbon sequestration, maintenance of biodiversity or the reduction of fuel biomass and enable land to be released to grow crops directly for human consumption. These services should also be considered in the fight against climate change.

9.5. Conclusions

In view of the results found in this study, it would be recommendable to promote, in protected natural areas, a livestock farming model with low dependence on external inputs and, when feasible, for animals to use natural vegetation directly. Optimization of grazing resources and appropriate productivity levels per goat partly reduce the CF in grazing dairy goat farms. It is noteworthy that soil carbon sequestration quantification is necessary to obtain a more realistic value of the CF otherwise grazing systems would be overestimated. The results of this study show that when soil carbon

sequestration is considered in CF calculations, differences between the less productive group and the other two groups disappear.

Although the environmental indicator CF is interesting to gather information about the contribution of livestock to greenhouse gas emissions, this indicator should be used with precaution due to the methodological difficulties involved in the calculation, particularly when determining the system's boundaries, the functional unit and when estimating carbon sequestration. Therefore a specific standardization formula must be drawn up for dairy goats in order to calculate the CF and build standardized models that consider the soil carbon sequestration of the Mediterranean farming systems.

**CAPÍTULO 10. Análisis técnico-económico de la
ganadería ovina de raza Mallorquina**

CAPÍTULO 10. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA GANADERÍA OVINA DE RAZA MALLORQUINA

“CARACTERIZACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE EXPLOTACIONES DE OVINO DE RAZA AUTÓCTONA MALLORQUINA”

Rosario Gutiérrez-Peña^a, Yolanda Mena^b, Manuel Delgado-Pertíñez^b

^aInstitut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Govern Illes Balears. 07009, Palma (Mallorca)

^bDpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla. 41013 Sevilla

VII Congreso Internacional de Agroecología. Córdoba, España.

Resumen

Las Islas Baleares poseen una importante tradición ganadera basada en el uso de razas autóctonas, sin embargo, la intensificación de la producción primaria y la competencia por el territorio que ha generado el turismo, hacen que estos sistemas estén a punto de desaparecer dada su falta de rentabilidad, con negativas consecuencias tanto ambientales como sociales. Para conservar estos sistemas, es necesario establecer estrategias que mejoren su rentabilidad manteniendo sus beneficios ambientales y sociales. Se seleccionaron 10 explotaciones de ovino de razas autóctonas de Mallorca que fueron monitorizadas mensualmente durante 2015 con el objetivo de caracterizar la gestión de las explotaciones, a través de la elaboración de indicadores técnicos y económicos, y así poder establecer estrategias de mejora. Se observó que estas explotaciones están poco especializadas y presentan diversos modelos productivos (profesional, recreativo, turístico, agrícola). Todas las explotaciones están orientadas a la producción de corderos, menos una que es mixta, produciendo 3 tipos diferentes de corderos según su peso (lechal, recental medio y grande). La autonomía alimentaria de las explotaciones es alta, sin embargo, poseen poca organización reproductiva y los costes de producción no se ven cubiertos por el precio. Así mismo, sólo el 70% de las explotaciones genera beneficio empresarial. Como estrategias de mejora se consideró importante la mejora de la producción de pastos, tanto naturales

como cultivados; la mejora del manejo reproductivo y de la genética de las razas; el producir corderos de una buena conformación o el crear una marca de calidad que informe al consumidor/a de los beneficios ambientales de estos sistemas y de la alta calidad para la salud que tienen estos corderos criados en pastoreo.

Palabras clave: Raza Mallorquina, gestión técnica y económica, manejo alimentario.

10.1. Introducción

Las Islas Baleares es un territorio eminentemente ganadero, donde el ganado ha acompañado al hombre en sus diversos asentamientos (Casasnovas et al., 2009) y sus productos han sido de gran importancia para el desarrollo del territorio. No obstante, en el siglo XX, la producción ganadera del archipiélago sufre una gran transformación con la industrialización e intensificación, que provoca la sustitución de las poblaciones autóctonas por razas selectas más productoras, con un manejo cada vez más intensificado, provocando una gran dependencia del mercado exterior, dada la limitación física del territorio para producir los alimentos requeridos por este tipo de sistemas, y con las negativas consecuencias medioambientales que ello conlleva (Pons, 2016). A la vez, el sector primario queda mermado por un creciente turismo, que se convierte en la principal actividad de las Islas, sobre todo en lo que se refiere al uso del territorio. Para poder conservar los espacios naturales baleares, es necesaria la presencia de pastoreo que reduzca el riesgo de incendios forestales, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Riedel et al., 2007). Sin embargo, estos sistemas ganaderos tradicionales están en riesgo de desaparecer debido a la falta de rentabilidad.

En Mallorca, en concreto, se encuentran dos razas autóctonas de ovino (Mallorquina y Roja Mallorquina) manejada en condiciones pastorales. De acuerdo a la clasificación de Zervas y Tsiplakou (2011), la mayoría de rebaños de estas razas se manejan en “rangeland systems” que consisten en prados, pastizales y áreas de bosque. Este tipo de sistemas, además, adquiere una especial importancia al tratarse de razas en peligro de extinción (MAPAMA, 2008). Dado que estos sistemas han sido poco estudiados, para poder conservarlos, es necesario profundizar en el conocimiento de su manejo a

fin de mejorar su gestión técnica y económica y aumentar su rentabilidad, pero conservando su sostenibilidad socio-ambiental.

10.2. Material y métodos

Se seleccionaron 10 explotaciones de ovino de toda la geografía de Mallorca, 7 de raza Mallorquina y 3 de raza Mallorquina Roja. Durante el año 2015 se visitaron mensualmente las explotaciones para recoger información técnica y económica de su gestión, esta información fue completada con la proveniente de las asociaciones de raza, cooperativas de la zona y de la propia administración. Con dicha información se elaboraron una serie de indicadores basados en la metodología de Mena et al., 2017.

Dado que son pocas explotaciones y éstas tienen un manejo muy diferenciado entre sí, para presentar los resultados de la caracterización se vio conveniente el tratar los resultados a modo de estudio de casos, analizando fortalezas y debilidades de estos sistemas utilizando la metodología DAFO. Una vez analizados estos puntos, se elaboraron estrategias de mejora para asesorar a los/as productores/as de modo que puedan aumentar su rentabilidad sin perder su sostenibilidad social y ambiental. Para ello, se establecieron grupos de trabajo con técnicos/as expertos/as y con los/as productores/as, escogiendo aquellas estrategias que fuesen viables para la zona de estudio.

10.3. Resultados y discusión

10.3.1. Caracterización general y análisis técnico-económico de las explotaciones

La ganadería de raza autóctona en Mallorca está poco especializada, combinándose esta actividad con otras. Así, sólo 2 de las explotaciones tienen el ovino de raza autóctona como única actividad agroganadera, 3 combinan esta actividad con la agricultura (cultivo de cereales, almendros y algarrobos), 3 tienen además ovino de raza no autóctona y 2 además poseen otras especies ganaderas. Así mismo, sólo 6 de los/as productores/as son agricultores/ganaderos a título principal, el resto tienen otro tipo de actividad económica más importante. Se diferencian, por tanto, diferentes modelos productivos como son el profesional, el recreativo, la producción asociada al agroturismo o la producción ligada a la agricultura (el ovino se usa

principalmente para limpiar las parcelas). Debido a ello, la superficie de la explotación y el censo varía mucho entre explotaciones (Tabla 10.1). Pero, de modo general, tanto la carga ganadera (media de 2,3 ovejas/ha) como la carga laboral (media de 0,4 UTA por 100 ovejas) específica del ovino de raza autóctona es muy baja en comparación con otras regiones (Ripoll-Bosch et al., 2012; Gaspar et al., 2011), pudiendo incrementarse para obtener una mayor rentabilidad sin perjuicio social o ambiental.

Tabla 10.1. Indicadores técnicos y económicos de las explotaciones ovinas de razas autóctonas mallorquinas.

Indicador	Valor mínimo	Valor máximo	Valor Medio
Superficie total (ha)	410	19	163
Ovejas presentes	387	53	249
Carga ganadera (Ovejas/ha)	5,5	0,7	2,3
Carga laboral (UTA para 100 ovejas)	0,7	0,1	0,4
Concentrado comprado (Kg/oveja y año)	119,4	0	49,5
Forraje comprado (Kg/oveja y año)	39,4	0	3,9
Grano propio (Kg/oveja y año)	33,8	0	7,0
Forraje propio (kg/oveja y año)	310,3	0	131,4
Concentrado total (kg/oveja y año)	125,0	0	56,6
Forraje total (kg/oveja y año)	310,3	0	135,3
Corderos vendidos/oveja	1,8	0,6	1,0
Peso del cordero (kg de Peso Canal)	14,1	7,2	9,3
Precio (€/kg Peso Canal)	7,9	5,3	6,5
Margen Neto (€/oveja)	62,7	-135,0	8,6
Beneficio empresarial (€/oveja)	8,7	-135,0	-29,1
Coste producción (€/kg de Peso Canal)	27,5	4,7	10,9
Coste producción incluyendo la mano de obra familiar (€/kg de Peso Canal)	27,5	9,3	14,9
% coste producción que es cubierto por el precio	115%	28%	74%
% coste producción incluyendo la mano de obra familiar que es cubierto por el precio	68%	28%	47%

El 42% de la superficie de las explotaciones es pasto natural, del cual el 54% es pasto arbustivo de montaña, y el pasto que se cultiva en su mayoría (73%) va destinado al consumo directo por los animales, aunque el 50% de esta superficie se siega en su última producción tras el pastoreo para producir forraje. Sin embargo, se trata de

pastos muy poco productivos y en los que además apenas se encuentran especies leguminosas (sólo se siembran en 3 explotaciones y en parcelas de poca superficie) (Cifre et al., 2007).

Sólo una de las explotaciones estudiadas es de doble finalidad (carne y leche), ordeñándose los animales durante 5 meses al año. La leche producida es transformada en queso en la misma explotación para su venta directa al consumidor. En todas las explotaciones se producen corderos para su venta, en 5 los/as productores/as intervienen en la comercialización a través de cooperativas y en otras 5 el productor o la productora vende a matadero a través de intermediarios. Se diferenciaron tres grupos de corderos en función del peso de venta: corderos lechales (menos de 7 kg de Peso Canal (PC)), recental mediano (7-10 kg PC) y recental grande (más de 10kg PC). Además, en función del manejo alimentario de los corderos, se diferenciaron otros tres grupos: corderos alimentados sólo con leche materna, corderos alimentados con pasto y corderos alimentados con pasto y concentrado.

Respecto al manejo alimentario de las madres, en todas las explotaciones la alimentación está basada en el consumo de pastos tanto naturales como cultivados, aunque se hallaron tres tipos de manejos diferentes: explotaciones que aportan sólo forraje y/o concentrado de forma ocasional (en épocas de partos y en verano), explotaciones que aportan forraje todo el año y sólo aportan concentrados de manera ocasional y explotaciones que aportan tanto concentrados como forrajes durante todo el año. Debido a ello, los datos de consumo de alimento cambian mucho entre explotaciones, variando el aporte de concentrado total, de producción propia y comprado, desde 125kg por oveja y año a ningún aporte (con una media de 57 kg/oveja y año) y el de forraje de 310 kg a ningún aporte (con una media de 135 kg/oveja y año). En general, la autonomía alimentaria es alta (75% de la alimentación consumida es producida en la explotación) dado que todas las explotaciones producen forraje y sólo una compra también externo, además, 3 de ellas producen su propio alimento concentrado (grano de cereal). Sin embargo, hay que vigilar si las necesidades energéticas del ganado están siendo bien cubiertas, sobre todo en

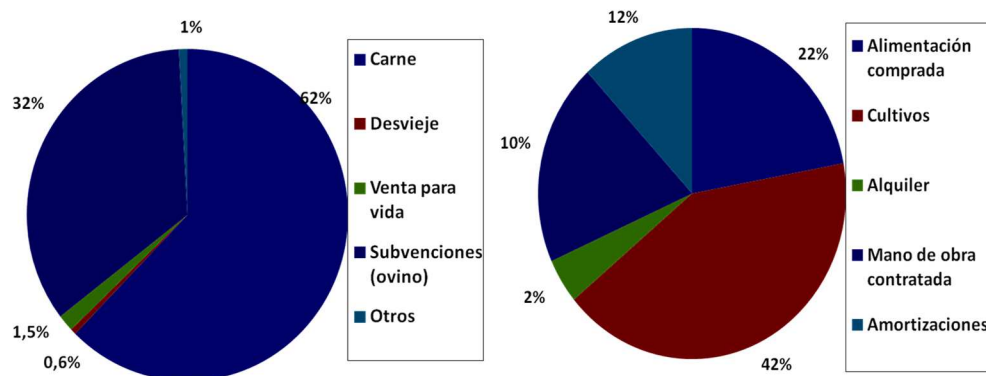
verano, para que los animales lleguen al parto con una adecuada condición corporal (Pons, 2016).

El 40% explotaciones presenta estacionalidad productiva, el 20% organiza los partos en dos épocas del año (primavera y otoño) y el 20% no organiza la reproducción, es decir, los machos están todo el año con las hembras concentrándose los partos de modo natural en primavera. Ello tiene como consecuencia una mala organización de la comercialización de los corderos (hay épocas del año con mucha producción y épocas en las que no se producen) y que estos se vendan cuando el precio es menor. Además, la productividad es muy baja (menos de un cordero vendido al año por oveja presente).

Como media, el precio percibido por kg de cordero es muy bajo (6,5 €/ kg PC) y varía poco según la categoría comercial (6,8 €/kg PC para lechal, 6,72 €/kg PC para recental medio y 6,0 €/kg PC para recental grande). Sin embargo, se observa una amplia variación entre explotaciones (valor máximo de 7,9 €/kg PC y mínimo de 5,3 €/kg PC) alcanzando mejores precios aquellos/as productores/as que comercializan corderos de alta calidad a través de las cooperativas, vendiendo como lechales o recentales medios aquellos corderos que con ese peso tienen una buena conformación muscular y engordando hasta pesos mayores aquellos que en ese momento no la tienen.

Como se observa en la figura 10.1, el principal coste de las explotaciones es el de cultivo sin embargo, gracias a ello, consiguen una adecuada independencia del mercado. Contrariamente a otras producciones, el coste en compra de alimentos no es el mayor (Milan et al., 2003), pero se puede mejorar a través de la mejora de los pastos naturales y de un adecuado manejo de los cultivos (Gutiérrez-Peña et al., 2016).

Figura 10.1. Porcentaje de ingresos y de costes medios en explotaciones ovinas de razas mallorquinas.



El coste de producción del kg de carne en PC no se ve cubierto por el precio (el precio es el 70% del coste de producción), mucho menos si además en este coste se incluye una retribución del trabajo familiar (1200€/mes por UTA). Todo ello crea una alta dependencia de las subvenciones que suponen el 32% de los ingresos generados.

En general, la rentabilidad de las explotaciones es muy baja, siendo el Margen Neto por oveja medio negativo en el 20% de las explotaciones. Si a esto le sumamos el coste de oportunidad destinado a retribuir la mano de obra familiar, el beneficio empresarial obtenido es negativo en el 70% de las explotaciones (en estos indicadores económicos no se contempla la explotación destinada a producir queso pues difiere mucho de la media).

10.3.2. Estrategias de mejora

Respecto al uso de las superficies, se vio conveniente que, en aquellas explotaciones en las que la orografía del terreno lo haga factible y dado que la carga laboral no es alta, se aumente la superficie destinada al cultivo y, en todas, se mejoren los pastos naturales para así aumentar la productividad vegetal. Algunas estrategias a seguir pueden ser una mayor siembra de cultivos de varios cortes (como la alfalfa) de modo que primero se puedan pastorear y después segar para forraje, el uso de cultivos de regadío en aquellas zonas de fácil acceso al agua, el sembrar bancos de especies arbustivas forrajeras que se puedan aprovechar en los meses de menor producción

de pastos, la resiembra cada varios años de los pastos naturales o una buena planificación en la rotación de las parcelas para aumentar la productividad de las mismas (Nahed-Toral et al., 2013; Mena et al., 2017). Además, se observa que en estas explotaciones apenas siembran leguminosas, las cuales son una fuente rica de proteína para los animales y, además, mejoran la fertilidad del suelo.

Otra estrategia a seguir es la mejora reproductiva tratando de conseguir una mayor productividad de corderos (planificación de la reproducción para obtener 3 partos en 2 años haciendo lotes reproductivos y separando los machos para mejorar la monta natural) y para conseguir corderos durante todo el año, sobre todo en los meses de verano que es cuando el turismo es más incipiente en la Isla. Para ello es fundamental que los animales lleguen con buena condición corporal al parto, siendo necesario vigilar la alimentación durante los meses de mayor escasez de pastos (Pons, 2016).

También es necesario invertir en la mejora genética de la raza que cada ganadero o ganadera debe implementar en su propia explotación a través del pesaje de los corderos, para controlar la tasa de crecimiento, y mediante la introducción de animales mejorantes gracias al apoyo de las asociaciones de raza.

Así mismo, otra estrategia clave para aprovechar las condiciones turísticas de las Islas, es la de crear una marca de calidad del cordero de raza autóctona balear, produciendo corderos de buena conformación (aumentando el peso de venta en aquellos que presentan peor conformación) y dando a conocer los beneficios ambientales y que para la salud del consumidor tienen estos corderos criados en pastoreo (perfil de ácidos grasos, contenido en vitaminas, capacidad antioxidante, etc.) (Gutiérrez-Peña et al., 2017)

10.4. Conclusiones

La ganadería ovina de raza autóctona en Mallorca se caracteriza por estar basada en el pastoreo con los beneficios ambientales y sociales que ello conlleva, a la vez que genera productos de calidad para la salud humana. Sin embargo, la rentabilidad de estas explotaciones es muy baja y, en muchas ocasiones, se trata de explotaciones poco profesionalizadas en las que no se realiza una buena gestión técnica ni

económica. Para poder conservar este tipo de sistemas es necesario desarrollar estrategias que mejoren la rentabilidad de las explotaciones, sin perjudicar su sostenibilidad ambiental y social, por ejemplo, mejorando su manejo reproductivo y alimentario, invirtiendo en la mejora genética de la raza y mejorando la comercialización de los corderos. Otra estrategia necesaria pasa por diferenciar los productos en el mercado, dado que se ha comprobado que la alimentación basada en el pastoreo mejora la calidad de la carne y de la leche.

**CAPÍTULO 11. Calidad de la canal y de la carne de
cordero de raza Mallorquina en función del peso y del
manejo alimentario**

**CAPÍTULO 11. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA
MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DEL MANEJO ALIMENTARIO**

***“CARCASS COMPOSITION AND MEAT QUALITY OF PASTURE-RAISED MALLORQUINA
SHEEP IN BALEARIC ISLANDS”***

Rosario Gutiérrez-Peña^a, Vanesa Castillo^a, Manuel Delgado-Pertíñez^b, José Luis
Guzmán-Guerrero^c

^a *Institute of Agricultural and Fishing Research and Training (IRFAP), C/ Eusebi
Estada, 145, 07009, Palma (Majorca), Spain*

^b *Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering,
“Agrifood Campus of International Excellence, ceiA3”, University of Seville, Spain*

^c *Agroforestry Science Department, Technical School of Agricultural Engineering,
“Agrifood Campus of International Excellence, ceiA3”, University of Huelva, Spain*

19th Symposium of the European Grassland Federation (EGF). Alghero, Italia.

Abstract

Mallorquina, a sheep breed indigenous to Majorca Island (Spain), is adapted to rangeland grazing systems and has made a historical contribution to development of rural areas and maintenance of ecosystems. However, there is dearth of information on the effect of feeding management system on the carcass composition and meat quality of lambs. Management data from 10 farms was collected. 5 groups of lambs were differentiated according to feed management and weight: suckling lambs-milk, light lambs-milk, light lambs-pasture, light lambs-concentrate and heavy lambs-concentrate. From each group, 10 lambs were selected randomly and were sacrificed in slaughterhouse where several carcass measurements were taken: carcass yield, carcass linear measurements and tissue composition. Meat quality attributes such as water holding capacity, cooking loss, Warner–Bratzler shear force and haem pigments were determined. With increased slaughter weight, significant positive differences were observed in yield but other attributes related to quality worsen with the highest carcass weight. Regarding lambs with similar weight and different feed management,

significant difference were obtained in weight parameters in lambs fed with concentrate, however they had the worst carcass yield and some marketing parameters. Lambs that were raised under traditional grazing systems which commercialized medium weight lambs have highest quality meat.

KEYWORDS: Lamb meat, meat quality, carcass characteristics, pastoral systems.

11.1. Introduction

Sheep farms, operating under controlled grazing management systems help maintaining the balance of ecosystems by reducing the risk of wildfires, soil erosion and loss of biodiversity. Pastoral references of local know-how often prove to be more efficient and better adapted to local conditions than intensive management systems (Dubeuf, 2011). However, these pastoral references are in risk of disappearance mainly due to lack of farm profitability. Differentiation of the production that offers higher quality animal products for human health presents an important strategy to conserve these pastoral systems. A number of studies reported that both milk (Delgado-Pertiñez et al., 2013) and meat (Nardone and Valfrè, 1999) obtained from grazing-based systems offer greater attributes of quality than stall-fed production systems.

In Majorca (Spain's largest island in the Mediterranean) there is an autochthonous sheep breed (Mallorquina) raised on pastoral systems. Most Mallorquina sheep are raised on rangelands that consist of grasslands, shrublands and forest ranges. Traditionally, lambs fed on pastures are marketed as light lambs (7-10 kg hot carcass weight (HCW)) fed without external concentrate supply. This type of system also holds special significance as the breed is in danger of extinction, despite having made a remarkable historical contribution to the economic and social development of the Island. Nevertheless, there is little information on the breed management and there is no information on the lamb carcass and meat quality. The objective of this study was to characterize the attributes of carcass and meat quality of Mallorquina in relation to feeding management and in order to improve its conservation.

11.2. Materials and methods

Management records from 10 Mallorquina sheep farms were collected monthly during 2015. However, only the data related to feeding management of lambs were taken into consideration in this study. Based on the records, three feeding groups were identified: lambs feed only mother milk (milk); pasture grazing with occasional forage supplementation (pastoral); and pasture grazing with concentrate supplementation (concentrate). In addition, three groups of lambs were classified according to their commercial weights: suckling lambs (less than 7 kg hot carcass weight (HCW)), light lambs (7-10 kg) and heavy lambs (more than 10 kg). Five groups of lambs were classified: suckling lambs-milk, light lambs-milk, light lambs-pasture, light lambs-concentrate and heavy lambs-concentrate. Of each group, 10 male lambs were selected and were taken to slaughterhouse where different measurements were conducted: carcass yield measurements, carcass linear measurements and tissue composition. Then, carcasses were transported to laboratory where other measurements of quality meat were conducted: water holding capacity, cooking loss, Warner–Brazler shear force, haem pigments.

11.3. Results and discussion

Regarding lambs within the same feeding group and different slaughter weights (Table 11.1), we compared two types of lambs: those fed milk only and those fed concentrate. In the group of lambs fed milk we compared suckling lambs and light lambs. Significant differences were found in indicators associated to weight (live weight (LW), HCW, carcass internal length, carcass compactness index) that were higher in heavier carcasses. Higher subcutaneous fat was recorded with the increase of carcass weight because, according to Peña et al. (2005), with increase of weight are observed differences in the deposit of fat in the tissues. The dressing percentage was also increased with the increased slaughter weight, leading to significant differences in the water holding capacity, results that agree with Sañudo et al., 1997. At concentrate type, as well we observed differences in some indicators due to weight (LW, HCW, carcass internal length, carcass compactness index) and, although carcass yield is higher in heavy lambs, they have less muscle in total percentage, which will

give carcasses less appreciated by consumers who prefer for lean meat (Sen et al., 2004).

Table 11.1. Carcass and meat quality indicators of *Mallorquina* lambs according to slaughter weight.

Quality indicators	Lambs with the same feed and different carcass weight							
	Milk				Concentrate			
	Suckling lambs	Light Lambs	SEM	P ¹	Light Lambs	Heavy Lambs	SEM	P ¹
Number of data	10	10			10	10		
Liveweight at slaughter	11.58	14.34	0.468	**	18.89	22.12	0.464	***
Hot carcass weight	6.14	7.94	0.260	***	8.89	11.02	0.331	***
Carcass yield	53.09	55.56	0.719	ns	47.03	49.73	0.601	*
Carcass internal length	42.46	46.68	0.699	**	49.54	52.69	0.500	***
Carcass compactness Index	144.55	169.77	3.940	***	179.30	209.00	4.969	**
% of muscle	55.25	53.50	0.708	ns	56.85	52.63	0.780	**
% of bone	26.62	26.10	0.430	ns	25.24	25.29	0.504	ns
% of subcutaneous fat	7.17	10.47	0.800	*	6.86	11.84	0.992	**
% of intramuscular fat	6.41	6.08	0.396	ns	6.91	6.13	0.560	ns
Water holding capacity	12.56	14.60	0.439	*	16.08	16.60	0.530	ns
Cooking loss	24.56	22.06	1.035	ns	25.89	23.00	0.844	ns
Warner–Bratzler shear force	5138	4474	269.06	ns	5194	5215	329.39	ns
Haem pigments	3.20	3.32	0.243	ns	3.93	4.03	0.320	ns

¹ ns: not significant, P>0.05; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001

On the other hand, regarding lambs with the same weight and different feeding system (Table 11.2), we only could compare the light lambs under three feeding management systems. Shepherds fatten lambs with external feed trying to get heavier lambs, and in this sense, lambs that were fed concentrate had higher LW and HCW, however they produced the lowest carcass yield. In this sense, different studies had demonstrated poor yield in lambs that fed high energy diets such as concentrates (Russo et al., 1999).

Table 11.2. Carcass and meat quality indicators of *Mallorquina* lambs according to feed management.

Quality indicators	Lambs with similar carcass weight and different feed				
	Light Lambs				
	Milk	Pasture	Concentrate	SEM	p ^{1,2}
Number of data	10	10	10		
Liveweight at slaughter	14.34	15.42	18.89	0.452	***
Hot carcass weight	7.94	8.03	8.89	0.163	*
Carcass yield	55.56a	52.10b	47.03c	0.507	***
Carcass internal length	46.68	46.07	49.54	0.830	ns
Carcass compactness Index	169.77	174.56	179.30	2.700	ns
Percentage of muscle	53.50	55.50	56.85	0.548	ns
Percentage of bone	26.10	26.00	25.24	0.387	ns
Percentage of subcutaneous fat	10.47a	9.90ab	6.86b	0.548	*
Percentage of intramuscular fat	6.08	5.21	6.91	0.413	ns
Water holding capacity	14.60	13.66	16.08	0.465	ns
Cooking loss	22.06	23.14	25.89	0.725	ns
Warner–Bratzler shear force	4474	4951	5194	253.20	ns
Haem pigments	3.32	4.04	3.93	0.271	ns

¹ Means with different letters (a, b, c) between columns differ significantly. ns: not significant, $P>0.05$; * $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$. ²The statistical analysis were realized including hot carcass weight as covariate.

11.4. Conclusions

Results indicated that *Mallorquina* lambs have high meat quality. The meat production was greater under grazing with a semi-commercialization system. This grazing management represents the traditional production systems that are commonly adopted by the Island's shepherds. To preserve this system it is necessary to conduct further research to differentiate products by their quality.

**CAPÍTULO 12. Perfil de Ácidos Grasos de la carne de
cordero de raza Mallorquina en función del peso y del
manejo alimentario**

CAPÍTULO 12. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DEL MANEJO ALIMENTARIO

“PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA AUTÓCTONA MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DE LA ALIMENTACIÓN

Rosario Gutiérrez-Peña^a, Manuel Delgado-Pertíñez^b, José Luis Guzmán-Guerrero^c,
Alberto Horaca^b.

^a *Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Govern Illes Balears. 07009, Palma (Mallorca)*

^b *Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla. 41013 Sevilla*

^c *Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva. 21819 Huelva*

56ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Barcelona, España

Resumen

Las Islas Baleares poseen gran tradición ganadera, pero la intensificación de las producciones y la competencia del turismo por el territorio han hecho que los sistemas tradicionales basados en el pastoreo estén en riesgo de desaparecer, con las consecuencias ambientales negativas que conlleva. Para su conservación, una buena opción sería mejorar la comercialización de los productos derivados del pastoreo a través de una marca de calidad. En Mallorca existe una raza autóctona ovina “Mallorquina” cuyo manejo está basado en el aprovechamiento de los pastos. Se seleccionaron 10 explotaciones ovinas con diferentes sistemas de alimentación. Se diferenciaron 5 grupos de corderos en función del sistema de alimentación y del peso de venta: lechales-leche, recentales medianos-leche, recentales medianos-pasto, recentales medianos-concentrado y recentales grandes-concentrado. Se analizó el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular del Longissimus dorsi de 10 corderos de cada grupo. No se encontraron diferencias significativas al comparar el perfil lipídico en animales de diferente peso con el mismo sistema de alimentación. Sí se

encontraron diferencias significativas entre corderos del mismo peso alimentados con diferentes sistemas. El perfil más favorable para la salud se halló en los corderos alimentados en sistemas pastorales sin concentrado.

PALABRAS CLAVE: *sistemas pastorales, ovino, n-3, CLA, PUFA, composición lipídica.*

12.1. Introducción

Las Islas Baleares es un territorio de amplia tradición ganadera. En este entorno el ganado ha acompañado al hombre en sus diversos asentamientos (Casasnovas, 2009) y sus productos han sido de gran importancia para el desarrollo del territorio Balear. En el siglo XX, la producción ganadera del archipiélago Balear sufrió una gran transformación con la industrialización e intensificación, que provocó la sustitución de las poblaciones autóctonas ganaderas por razas selectas más productoras. Estas razas tienen un manejo cada vez más intensivo y, consecuentemente, incrementan la dependencia del mercado exterior dada la limitación física del territorio, lo que conlleva consecuencias medioambientales negativas (Pons, 2016). Por el contrario, el conocimiento local del manejo pastoral y de las condiciones de cada territorio, supone una herramienta más eficiente y económica que los sistemas intensivos de gestión (Dubeuf, 2011).

Al mismo tiempo, a pesar de la larga tradición ganadera, el sector primario ha quedado reducido por un creciente turismo que actualmente es la principal actividad de las Islas, sobre todo en lo que se refiere al uso territorial. Sin embargo, para poder conservar los espacios naturales, es necesaria la presencia de pastoreo que reduzca el riesgo de incendios forestales, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Riedel et al., 2007). Pero los sistemas ganaderos están en riesgo de desaparecer debido a la falta de rentabilidad del sector. Una de las estrategias para conservar la actividad ganadera en las islas es diferenciar sus productos en el mercado a través de los beneficios que estos reportan para la salud del consumidor. En este sentido, diferentes estudios han demostrado que, tanto la leche (Valdivielso et al., 2016) como la carne (Nardone y Valfrè, 1999) obtenidas a partir de sistemas pastorales ofrecen buenos parámetros de calidad.

En Mallorca se encuentra la raza autóctona ovina “Mallorquina” que, tradicionalmente, es manejada en condiciones de pastoreo. De acuerdo a la clasificación de Zervas y Tsiplakou (2011), la mayoría de rebaños de esta raza se encuadran dentro del sistema pastoral con vegetación semi-natural consistente en prados, pastizales y áreas de bosque. Normalmente, los ganaderos de esta raza venden corderos cuya alimentación está basada en el pastoreo y que son sacrificados con un peso comercial medio denominado recental mediano. Este sistema de producción adquiere especial interés al tratarse de una raza que se encuentra en peligro de extinción, pese a la relevancia histórica que esta raza ha tenido en el desarrollo económico y social de la Isla.

Sin embargo, existe escasa información acerca del manejo de la raza y ninguna sobre la calidad de la carne que se obtiene de sus corderos. Por ello, el objetivo de este trabajo fue comparar el perfil de ácidos grasos (AG) de la carne del cordero autóctono mallorquín producido con diferentes sistemas de alimentación. Esta información puede ser relevante a fin de incrementar el valor añadido de la carne de la raza “Mallorquina”, lo que ayudaría a la conservación de la raza autóctona y de los pastizales.

12.2. Material y metodos

12.2.1. Selección de corderos y obtención de las muestras de carne.

A lo largo del año 2015, se recogió información mensual del sistema de alimentación en 10 explotaciones de ganado ovino de raza Mallorquina. Se diferenciaron tres grupos de corderos según el sistema de alimentación: con leche materna (leche); con pasto y, en algunos casos, con un aporte ocasional de forraje (pasto); y alimentados con pasto y concentrado (concentrado). Según su peso de venta se diferenciaron a su vez otros tres grupos: corderos de menos de 7 kg de Peso Canal Caliente (PCC) (lechales), de 7 a 10 kg de PCC (recentales medianos) y de más de 10 kg de PCC (recentales grandes). Considerando ambos criterios, se definieron finalmente 5 grupos de corderos lechales-leche; recentales medianos-leche, recentales medianos-pasto, recentales medianos-concentrado y recentales grandes-concentrado.

De cada grupo se seleccionaron 10 corderos que fueron llevados al matadero y pesados después del sacrificio para obtener el PCC. Tras 24 h en refrigeración a 4°C, de cada cordero se extrajo el músculo Longissimus dorsi de la media canal izquierda. A partir de este músculo se obtuvo una porción de aproximadamente 20 g que fue identificada, protegida con film plástico comercial, envasada al vacío y congelada a -18°C para su envío al Servicio General de Investigación Agraria de la Universidad de Sevilla (SGIAUS).

12.2.2. Análisis de ácidos grasos

El AG de las muestras se determinó a partir de la grasa intramuscular de acuerdo al método propuesto por Aldai et al. (2006). La separación y cuantificación de los ésteres metílicos de los AG se realizó con un cromatógrafo de gases Agilent 6890N Network GS (Agilent, Santa Clara, CA, EE.UU.), equipado con un detector de ionización de llama y con una columna capilar HP-88 (100 m, 0,25 mm i.d., 0,2 µm de espesor de película). El éster metílico de ácido nonanoico (C9:0 ME, 4 mg/ml) fue usado como estándar interno. Los AG fueron identificados mediante la comparación de sus tiempos de retención con los de la mezcla estándar de AG Supelco® 37 Component FAME Mix (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). La identificación de los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA) fue realizado comparando los tiempos de retención con los de otra mezcla estándar de Éster metílico del ácido octadecanoico (Sigma Prod. No. O5632 Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). Los contenidos en AG fueron expresados como porcentaje del total de ésteres metílicos identificados.

12.2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el paquete estadístico IBM SPSS para Windows. Se realizó un análisis ANOVA para cada AG estudiado usando el modelo lineal general, incluyendo como factor fijo el PCC y el sistema de alimentación del cordero. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias de los factores con más de dos niveles, éstos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante la prueba HSD-Tukey.

12.3. Resultados y discusión

12.3.1. Corderos con el mismo sistema de alimentación y diferente peso comercial.

Los resultados de este apartado se muestran en la Tabla 12.1. Como puede observarse, en ningún caso, se encontraron diferencias significativas en el perfil de AG. Estos resultados contrastan con los hallados por Santos-Silva *et al.* (2002) para la raza “Merino Branco” y cruce de esta con “Ille France” en los que, al aumentar el peso de sacrificio disminuyó el contenido en AG poliinsaturados (PUFA). Así mismo, en el trabajo desarrollado por Díaz *et al.* (2005), en el que se compararon corderos de España, Alemania y Uruguay, el incremento de peso de los corderos uruguayos produjo un aumento en el contenido de AG saturados (SFA). De acuerdo a Nürnberg *et al.* (1996), la variación en el perfil de AG asociada a la edad (aumento de SFA y descenso de PUFA) está relacionada con el grado de engrasamiento de los corderos. Sin embargo, en los corderos comparados en el presente estudio la diferencia de contenido en grasa, tanto corporal como intramuscular total, no fue significativa (datos no mostrados) por lo que no cabría esperar estas diferencias.

Tabla 12.1. Efecto del peso de sacrificio en el perfil de Ácidos grasos (AG) (expresado como porcentaje respecto al total) de la carne de los corderos de raza Mallorquina en función de los sistemas de alimentación.

Ácidos grasos ¹	Leche				Concentrado			
	Lechales	Recentales medianos	P ²	SEM	Recentales medianos	Recentales grandes	P ²	SEM
Ácidos grasos saturados	45,96	45,73	ns	0,893	50,35	51,08	ns	0,432
Ácidos grasos monoinsaturados	34,98	34,67	ns	0,443	33,03	33,63	ns	0,490
Ácidos grasos poliinsaturados	19,06	19,60	ns	0,628	16,62	15,29	ns	0,469
CLAconjugados	0,74	0,70	ns	0,066	0,43	0,46	ns	0,047
n-6	12,76	13,42	ns	0,586	13,60	12,26	ns	0,437
n-3	5,28	5,20	ns	0,286	2,33	2,35	ns	0,242
n6/n3	2,67	2,70	ns	0,213	6,40	6,63	ns	0,597

¹CLA: ácido linoleico conjugado total; n-3: todos los AG con último doble enlace en el tercer carbono del extremo metilo; n-6: todos los AG con último doble enlace en el sexto carbono del extremo metilo.

²ns: no significativo, P>0,05.

Capítulo 12. Perfil de Ácidos Grasos de la carne de cordero de raza Mallorquina en función del peso y del manejo alimentario

12.3.2. Corderos con el mismo peso comercial y diferente alimentación.

En cuanto al contenido en AG en recenales medianos (único peso con los tres sistemas de alimentación) según su alimentación (Tabla 12.2) se observan diferencias marcadas para los AG saturados ($p<0,05$), poliinsaturados ($p<0,05$), CLA ($p<0,05$) y los omega 3 ($p<0,001$).

Tabla 12.2. Efecto del sistema de alimentación sobre el perfil de ácidos grasos (AG) (expresado como porcentaje respecto al total) de la carne de corderos recenales medianos de raza Mallorquina.

Ácidos grasos	Recenales medianos				
	Leche	Pasto	Concentrado	P 2	SEM
Ácidos grasos saturados	45,73b	44,91b	50,35a	*	0,850
Ácidos grasos monoinsaturados	34,67	34,34	33,03	ns	0,476
Ácidos grasos poliinsaturados	19,60a	19,75a	16,62b	*	0,594
CLA	0,70a	0,79a	0,43b	*	0,049
n-6	13,42	13,79	13,60	ns	0,423
n-3	5,20a	4,91a	2,33b	***	0,336
n6/n3	2,70b	3,32b	6,40a	***	0,417

¹CLA: ácido linoleico conjugado total; n-3: todos los AG con último doble enlace en el tercer carbono del extremo metilo; n-6: todos los AG con último doble enlace en el sexto carbono del extremo metilo.

²Medias con diferentes letras (a, b) entre columnas difieren significativamente. ns: no significativo, $P>0.05$; * $P<0.05$; *** $P<0.001$.

En los corderos criados con leche materna y con pasto el contenido de AG saturados y poliinsaturados fue significativamente menor y mayor, respectivamente, que en los alimentados con concentrado. Estos resultados contrastan con los observados en otros trabajos realizados con carne de cordero (Díaz *et al.*, 2005) en los que se encontró que la grasa de corderos procedentes de pastoreo era más saturada que la grasa de corderos alimentados con concentrados. Sin embargo, varios trabajos han puesto en evidencia el potencial del pastoreo en pastos herbáceos para aumentar la proporción de AG poliinsaturados en los productos lácteos como la leche y el queso (Valdivielso *et al.*, 2016; Delgado-Pertiñez *et al.*, 2013; D'Urso *et al.*, 2008). Este mayor contenido de AG poliinsaturados se considera beneficioso para la salud humana al disminuir el riesgo de formación de colesterol asociado a las enfermedades cardiovasculares (Santos-Silva *et al.*, 2002; MacRae *et al.*, 2005).

Respecto al contenido de isómeros CLA, en los corderos alimentados con leche y con pasto se encontró un mayor contenido que en los alimentados con concentrado siendo estas diferencias significativas ($p < 0,05$). Este mayor contenido en CLA coincide con los resultados presentados por Santos-Silva *et al.* (2002) y Díaz *et al.* (2005) para corderos alimentados básicamente en pastoreo. Así mismo, French *et al.* (2000) mostraron un incremento lineal en el contenido de CLA al disminuir la proporción de concentrados en la dieta. El CLA es beneficioso para la salud al disminuir el riesgo de cáncer y de enfermedades coronarias, principalmente por su capacidad para modular los mecanismos inflamatorios a nivel de la transcripción de moléculas de adhesión en células endoteliales (MacRae *et al.*, 2005).

En estos sistemas de alimentación (leche y pasto) también se halló un mayor porcentaje de n-3 y una menor relación n-6/n-3. Nuestros resultados coinciden con trabajos previos descritos por Fisher *et al.* (2000) y Díaz *et al.* (2005) para corderos en pastoreo. El pasto contiene altos niveles de C18:3 (ácido graso linolénico) precursor de los ácidos grasos n-3, mientras que el alimento concentrado es rico en C18:2 (ácido linoleico) precursor de los ácidos grasos n-6 (Díaz *et al.*, 2002). Los AG n-3 son parámetros considerados muy importantes dietéticamente. Las recomendaciones actuales indican que la dieta debe tener una relación de AG n-6/n-3 óptima de 2,0-2,5 de acuerdo a recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, pero la mayoría de los productos alimenticios humanos tienen una relación más cercana a 5,0-10,0 (MacRae *et al.*, 2005). En cualquier caso, la carne de los corderos de raza Mallorquina alimentados con leche o pastoreo se encuentran más cercanos a los niveles dietéticamente óptimos que la carne procedente de sistemas basados en el aporte de concentrado.

12.4. Conclusiones

Los corderos de la raza autóctona Mallorquina presentaron buenos valores de calidad nutricional. No se encontraron diferencias significativas al comparar animales alimentados bajo el mismo sistema de alimentación pero con diferente peso comercial, dado que estos animales, en realidad, difieren muy poco en su grado de

engrasamiento. Se han encontrado diferencias significativas en animales del mismo peso (recental mediano) con diferentes sistemas de alimentación, obteniéndose un perfil lipídico más favorable, desde el punto de vista nutricional, en los corderos alimentados sin aporte de concentrado (leche o pasto), siendo este el manejo tradicional de la Isla.

Es necesario seguir investigando en la calidad de los productos obtenidos a partir del pastoreo así como promover su consumo, a fin de mejorar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas y conservar los sistemas pastorales, con los beneficios sociales y medioambientales que conlleva.

CAPÍTULO 13. Resultados Globales

CAPÍTULO 13. RESULTADOS GLOBALES

13.1. Resumen de resultados de la ganadería caprina de la Raza Payoya

13.1.1. Manejo reproductivo y alimentario y calidad de la leche en función del grado de pastoreo y de la época del año

Este apartado corresponde a los resultados esperados para los objetivos específicos 1 y 2 de esta tesis doctoral (TD): análisis del manejo reproductivo-alimentario y análisis de la calidad de la leche de la ganadería caprina de raza Payoya. Estos resultados han dado lugar a tres publicaciones: “Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands”; “Strengths and weaknesses of traditional feeding management of dairy goat farms in mountain areas” y “Fatty acid profile and vitamins A and E contents of milk in goat farms under Mediterranean wood pastures as affected by grazing conditions and seasons”.

Se realizó un primer estudio para caracterizar el manejo alimentario y su relación con la calidad funcional de la leche de cabra de raza Payoya en la comarca de la Sierra de Cádiz. En este estudio se seleccionaron 8 explotaciones pastorales de las que se recogió información sobre su manejo alimentario de forma mensual durante los meses de Junio a Octubre de 2010, a la vez que se recogieron muestras del tanque de leche para el análisis de su calidad, con énfasis en el perfil de ácidos grasos (AG) y contenido en α -tocoferol, isómero mayoritario de la vitamina E. Las explotaciones se clasificaron en dos grupos según el indicador “*Porcentaje de necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo de las cabras en ordeño (NENP)*”: alto pastoreo (HG, por sus siglas en inglés, $n = 3$; $NENP > 55\%$) y medio pastoreo (MG, $n = 5$; $NENP < 55\%$ y $> 25\%$).

Los principales resultados del manejo alimentario se muestran en la Tabla 13.1. La mayoría de las cabras paren durante los meses de Noviembre a Enero-Febrero y tienen lactaciones de 8 meses, terminando la lactación en verano, por lo que en los meses de estudio la mayoría de las cabras se encuentran en la fase final de lactación (70 y 78% del total de cabras en los grupos HG y MG,

respectivamente). Así mismo, se observa cómo el número de cabras en ordeño va disminuyendo de forma mensual ($P < 0,01$).

El tamaño de las explotaciones es significativamente mayor en el grupo HG que MG, tanto en número de animales (335 y 184 cabras en ordeño, respectivamente) como en superficie (1,32 y 0,46 ha/cabra de pasto natural y 0,10 y 0,07 ha/cabra de pasto cultivado), siendo escasa la superficie de cultivos en ambos grupos (Tabla 13.1. Aunque las cabras pastorean todo el día, incluso en los meses de verano, la cantidad y calidad del pasto producido disminuye (clima Mediterráneo) y, en consecuencia, el NENP va disminuyendo de forma progresiva desde junio a octubre. La producción de leche también disminuye (menor productividad por cabra, $P < 0,01$, y menos animales en ordeño, $P < 0,01$), por tanto, las necesidades energéticas del rebaño también disminuyen. Sin embargo, el aporte de concentrado no varía a lo largo de los meses, siendo este aporte como media significativamente mayor ($P < 0,01$) en el grupo MG (0,8 kg/cabra y día) que en el grupo HG (1,1 kg/ cabra y día).

Tabla 13.1. Indicadores relacionados con el manejo alimentario y productivo (valores medios) de las explotaciones caprinas de raza Payoya en función del grado de pastoreo y del mes de producción de la leche.

Parámetros	Grado de Pastoreo (GP)		Mes (M)					EEM ^a	Significación (P) ^b		
	Alto	Medio	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		GP	M	GPxM
Número de explotaciones	3	5	8	8	8	8	8				
Tamaño del rebaño (cabras en ordeños)	335	184	318a	315a	248ab	177ab	145b	23	***	**	ns
Cabras en el último periodo de lactación (7-9 meses) (%)	70	78	75	100	90	70	40		++	+	
Superficie de pasto natural (ha/cabra)	1,32	0,46	0,47b	0,48b	0,77ab	1,00ab	1,18a	0,11	***	*	ns
Superficie cultivada (ha/cabra)	0,10	0,07	0,05	0,05	0,08	0,10	0,15	0,01	ns	ns	ns
Necesidades Energía Neta cubiertas por el Pastoreo (%)	56,7	41,2	50,9a	47,7ab	48,7a	48,6a	39,1b	1,6	***	*	ns
Concentrado aportado (kg/cabra/día)	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,1	**	ns	ns
Forraje aportado (kg/cabra/día)	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,1	ns	ns	ns

a,b Medias con diferente letra dentro de la misma fila y tratamiento (GP o M) difieren significativamente

^a Error estándar de la media

^b* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05; χ^2 = indicador difiere entre el grado de pastoreo o el mes (+, P<0.05); indicador no difiere entre el grado de pastoreo o el mes (++, P>0.05)

La producción de leche no varió entre grupos, aunque sí disminuye a lo largo de los meses de estudio debido a que la mayoría de los animales que constituyen los rebaños se acercan al final de lactación ($P < 0,01$) (Tabla 13.2). El contenido en grasa tampoco varió entre grupos y aumenta a lo largo de los meses de estudio ($P < 0,01$) dado el efecto de concentración durante la lactación (Tabla 13.2). El contenido en α -tocoferol fue mayor en el grupo HG (0,51 ug/g) que en el grupo MG (0,43 ug/g), observándose interacción entre los factores grupo de pastoreo y mes, siendo mayor el contenido en el grupo HG sólo en los meses de septiembre ($P = 0,030$) y octubre ($P = 0,025$) (Figura 13.1).

En la Tabla 13.2 se muestran también los principales resultados del análisis del perfil de AG según grupo de pastoreo y según mes (sólo aquellos en los que hay diferencias significativas o con especial relevancia para la salud humana), así como la interacción entre ambos factores. El porcentaje en C18:1 n-9 *trans*, C18:1 n-9 *cis* y AG monoinsaturados (MUFA, por sus siglas en inglés) fue significativamente mayor en el grupo MG que HG, mientras que el contenido en AG saturados (SFA, por sus siglas en inglés) fue menor. En estos AG no se hallaron diferencias significativas entre los meses de estudio. Respecto a los AG omegas, en el grupo de explotaciones de alto pastoreo el porcentaje total de n-3 fue mayor ($P < 0,001$), el contenido total en n-6 fue menor ($P < 0,05$) y el ratio n-6/n-3 también resultó significativamente menor ($P < 0,001$) que en el grupo medio pastoreo. Respecto a la variación mensual del contenido en omegas, sólo se hallaron diferencias significativas en el porcentaje total de n-3, que fue mayor en julio y menor en octubre ($P < 0,001$).

El porcentaje del ácido linoleico conjugado total y el de varios de sus isómeros (CLA *cis*-9, *trans*-11, CLA *trans*-10, *cis*-12) no presentó diferencias significativas entre grupos según grado de pastoreo (Tabla 13.2). Sólo el isómero CLA *trans*-10, *cis*-12 varió durante los meses de estudio, siendo más alto en los meses de julio y agosto ($P < 0,01$).

Cabe destacar también la variación en el porcentaje total en AG de cadena corta que aumenta mensualmente a lo largo del periodo de estudio, mientras que, de forma individual, el porcentaje de diferentes AG de cadena larga disminuye (Tabla 13.2).

Table 13.2. Composición nutricional de la leche de cabra Payoya en función del grado de pastoreo y del mes.

Parámetros	Grado de Pastoreo (GP)			Mes (M) ^a				EEM ^c	Significación (P) ^d		
	Alto	Medio	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		GP	M	GPxM
Producción de leche (l/cabra/día)	1,11	1,35	1,74a	1,48ab	1,26abc	1,00bc	0,80c	0,08	ns	**	ns
Grasa (%)	4,90	4,93	4,34c	4,14c	4,75bc	5,25ab	6,10a	0,14	ns	***	ns
α-tocoferol (ug/g)	0,51	0,43	0,44	0,41	0,45	0,48	0,51	0,02	*	ns	*
Ácidos grasos^b (% del total)											
C4:0	1,24	1,23	1,20ab	1,14b	1,28a	1,29a	1,27a	0,01	ns	**	ns
C6:0	1,34	1,37	1,29b	1,30b	1,31b	1,38ab	1,52a	0,02	ns	**	ns
C8:0	2,10	2,05	1,90b	1,76b	1,79b	2,40a	2,48a	0,06	ns	***	ns
C18:1 n-9 <i>trans</i>	0,31	0,41						0,02	*	ns	ns
C18:1 n-9 <i>cis</i>	19,84	21,13						0,25	*	ns	ns
α -C18:3 n-3	0,49	0,35	0,38bc	0,55a	0,45ab	0,35bc	0,29c	0,02	***	***	ns
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 (RA)	0,33	0,33						0,01	ns	ns	ns
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0,15	0,15	0,13bc	0,18a	0,19a	0,16ab	0,10c	0,01	ns	***	ns
C20:0	0,36	0,32	0,35ab	0,41a	0,39a	0,28bc	0,23c	0,01	ns	***	ns
C20:1 n-9	0,05	0,06	0,07ab	0,08a	0,07ab	0,05b	0,05b	0,00	ns	***	ns
C20:5 n-3 (EPA)	0,05	0,04	0,04ab	0,05a	0,06a	0,04ab	0,03b	0,00	ns	***	ns
C24:0	0,04	0,04	0,03b	0,03b	0,03b	0,05a	0,05a	0,00	ns	***	ns
SFA	73,37	71,48						0,31	**	ns	ns

MUFA	22,68	24,36						0,27	**	ns	ns
PUFA	3,95	4,16						0,10	ns	ns	ns
SCFA	12,73	12,47	12,10bc	11,85c	12,27abc	13,19ab	13,44a	0,17	ns	**	ns
n-6	2,64	3,05						0,08	*	ns	ns
n-3	0,72	0,55	0,58bc	0,80a	0,69ab	0,55bc	0,47c	0,03	***	***	ns
n6/n3	3,75	5,78						0,25	***	ns	ns
CLA	0,48	0,48						0,01	ns	ns	ns
PUFA/SFA	0,05	0,06						0,00	ns	ns	ns
UFA/SFA	0,36	0,4						0,00	**	ns	ns
AI	3,06	2,79						0,06	*	ns	ns

a,b,c Medias con diferentes letras dentro de la misma fila y tratamiento (GP o M) difieren significativamente.

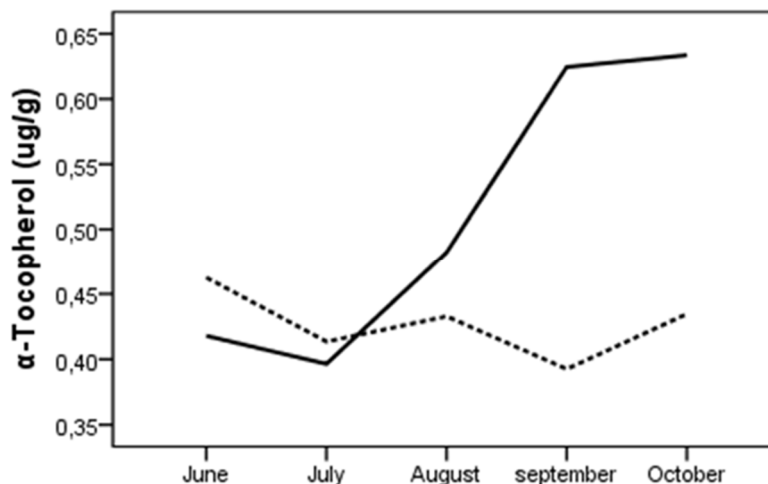
^a Los resultados son medias de los dos sistemas de pastoreo. Sólo se muestran aquellos valores en los que las diferencias son significativas.

^b RA, ácido ruménico; EPA, ácido eicosapentaenoico; ; SFA, ácidos grasos saturados; MUFA, ácidos grasos monoinsaturados; PUFA, ácidos grasos poliinsaturados; SCFA, ácidos grasos de cadena corta (C4:0-C10:0); CLA, ácido linoleico conjugado; UFA, ácidos grasos insaturados; AI, índice aterogénico.

^c Error estándar de la media

^d* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05

Figura 13.1. Efecto del grado de pastoreo (GP) alto (—) y medio (- - -) y del mes sobre el contenido en α -tocoferol en muestras de leche de cabra Payoya. Interacciones significativas entre el GP y el mes fueron identificadas. Efecto del GP: junio ($P=0,463$), julio ($P=0,863$), agosto ($P=0,512$), septiembre ($P=0,030$), octubre ($P=0,025$). Efecto del mes: alto pastoreo ($P=0,089$), medio pastoreo ($P=0,824$).



Tras este primer estudio, se vio necesario ampliar tanto el número de explotaciones como el periodo de toma de datos y muestras, realizándose un análisis completo anual que aportara mayor información y poder, con ello, caracterizar mejor el manejo reproductivo y alimentario de las explotaciones y su relación con la calidad funcional de la leche. De este modo, se seleccionaron 16 explotaciones pastorales de la Sierra de Cádiz de ganado caprino de raza Payoya, de las que se recogió información sobre el manejo reproductivo y alimentario, así como muestras de la leche del tanque para analizar su composición química básica, perfil de ácidos grasos, contenido en vitaminas A (retinol) y E (α -tocoferol y otros isómeros minoritarios) y capacidad antioxidante, todo ello mensualmente durante el año 2011. Las explotaciones se clasificaron en tres grupos de acuerdo al indicador “*Porcentaje de necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo de las cabras presentes (NENP)*”: alto pastoreo (HG, $n=3$; $NENP > 55\%$), medio pastoreo (MG, $n=9$; $NENP < 55\%$ and $> 25\%$) y bajo pastoreo (LG, $n=4$; $NENP < 25\%$).

En las Tablas 13.3, 13.4 y 13.5 se muestran las medias y los valores por grupos de explotaciones, por meses y por estación del año de los principales indicadores relacionados con el manejo alimentario y reproductivo, así como el efecto de la interacción entre los factores.

Las cabras paren una vez en el año, con una fuerte estacionalidad tanto reproductiva como productiva dado que, como media para el conjunto de explotaciones, el 51% de los partos tienen lugar en un único mes, sin encontrarse diferencias significativas entre los grupos según grado de pastoreo. En la Tabla 13.4 se observa cómo los partos principalmente se concentran en dos

periodos, noviembre y enero-febrero, dado que el periodo de monta principal es en junio. No obstante, aquellas hembras que no quedan preñadas en este periodo lo hacen dos meses más tarde, coincidiendo estos partos con los de las cabras que paren por primera vez (la edad de primera monta es a los 10 meses).

El tamaño medio de las explotaciones es de 371 cabras, siendo la cabaña mayor en las explotaciones HG (630 cabras), seguidas de las de MG (351 cabras) y LG (263 cabras) ($P < 0,001$), respectivamente (Tabla 13.3). La carga ganadera media es de 0,43 ha/cabra, siendo menor en las explotaciones LG (0,14 ha/cabra) ($P < 0,001$), sin diferencias entre los otros grupos. Las cabras pastorean durante todo el año en pastos naturales, que son el tipo de superficie mayoritaria en todas las explotaciones (media de 0,36 ha/cabra), siendo principalmente pastos de tipo arbustivo (0,30 ha/cabra). La superficie dedicada a los cultivos es escasa (media de 0,06 ha/cabra), siendo mayor en las explotaciones MG (0,08 ha/cabra). Estas superficies en su mayoría van destinadas al cultivo de especies forrajeras para ser consumidas mediante pastoreo por las cabras, principalmente entre los meses de enero a junio.

Aunque todas las explotaciones basan su manejo alimentario en el pastoreo, dado que son animales de orientación lechera sus necesidades energéticas son altas, por lo que el pastoreo debe acompañarse del aporte de concentrados y forrajes en pesebre. Como media, las cabras en ordeño reciben 0,98 kg de concentrado/día y tan sólo 0,16 kg/día de forraje (Tabla 13.3). Las explotaciones del grupo HG son las que reciben menor aporte de concentrado en pesebre (0,60 kg/día por cabra en ordeño). El aporte de forraje es mayor en el grupo LG (0,48 kg/día por cabra en ordeño), que son las que menos superficie tienen para pastoreo tanto cultivada como natural, y no varía significativamente entre los otros dos grupos (0,6 y 0,5 kg/día por cabra en ordeño para MG y HG, respectivamente).

El aporte de concentrados varía a lo largo del año debido a la variación en las necesidades nutricionales de los animales (Tabla 13.4). En este sentido, se aporta mayor cantidad durante los meses en los que tienen lugar los partos (desde finales de noviembre a febrero) ya que las necesidades energéticas son altas y, además, las cabras pastorean menos porque se suelen quedar cerca de la explotación para amamantar a los cabritos. El aporte de forraje es menor durante los meses de abril y mayo, cuando hay más oferta de pastos naturales, sin diferencias significativas en el resto de meses. En la Tabla 13.5 se han agrupado los indicadores relevantes de manejo alimentario por estaciones para facilitar su análisis y relación con la calidad de la leche. Se observa un mayor NENP durante la primavera (41,12%), cuando hay una mayor productividad de los pastos, un mayor aporte de concentrados durante el invierno y otoño (1,22

kg/ cabra y día y 1,13 kg/ cabra y día, respectivamente) y un mayor aporte de forraje en otoño e invierno (0,32 kg/ cabra y día y 0,18 kg/ cabra y día, respectivamente).

El coste medio de la alimentación comprada por cabra y año varía de la misma forma que la cantidad de concentrado aportado (Tabla 13.3), siendo mayor en las explotaciones del grupo LG, seguido del grupo MG (125 € por cabra presente y año para el grupo LG, 90 € para MG y 61 para AP) ($P < 0,001$). Sin embargo, el coste en cultivos y alquiler de tierras es mayor en el grupo HG y MG que en el grupo LG (30 €, 26 € y 14€ por cabra presente y año, respectivamente) que es el que menos superficie de cultivos tiene.

En la Tabla 13.6 se presenta una caracterización de los usos y tipos de concentrados y de forrajes empleados en estas explotaciones de acuerdo al grado de pastoreo. Ningún productor usa más de tres tipos de alimento concentrado a la vez, usando casi la mitad de ellos dos concentrados y la otra mitad uno. El tipo de concentrado más usado es la mezcla de granos (59%) constituida principalmente por granos de maíz, haba, avena, cebada y altramuza, seguido de concentrados en pellets (26%). Respecto al uso de forrajes, más de la mitad de las explotaciones (56%) suplementa con forraje durante todo el año, un 18% de ellas sólo suplementa en la época de partos o en verano y hay un 26% de explotaciones que no suplementa nunca forraje, correspondiendo a este grupo la mayor parte de las explotaciones HG (73%). El tipo de forraje que más se emplea en todas las explotaciones es el heno deshidratado (forraje de fibra corta) (40%), seguido del heno, por lo general, de alfalfa (35%), siendo este último utilizado en el total de las explotaciones del grupo HG.

Tabla 13.3. Indicadores relacionados con el manejo alimentario (valores medios) de las explotaciones de cabra de raza Payoya en función del grado de pastoreo

Parámetros	Grado de Pastoreo (GP)				EEM ^a	P ^b		
	Media	Bajo	Medio	Alto		GP	Estación (E)	GPxE
Número de explotaciones (n)	16	4	9	3				
Tamaño del rebaño (cabras presentes)	371	263c	357b	630a	16	***	-	-
Superficie total (ha/cabra)	0,43	0,14b	0,55a	0,50a	0,021	***	-	-
Superficie de pasto natural (ha/cabra)	0,36	0,11b	0,44a	0,43a	0,069	***	-	-
Superficie de pasto natural arbustivo (ha/cabra)	0,30	0,08b	0,37a	0,41a	0,074	**	-	-
Superficie de cultivos (ha/cabraz)	0,06	0,02b	0,08a	0,05ab	0,016	***	-	-
Energía Neta obtenida del pastoreo (%)	35,22	16,24c	38,72b	59,88a	1,752	***	*	ns
Energía Neta obtenida del aporte de concentrados (%)	57,26	76,05a	58,99b	39,01c	1,764	***	*	ns
Concentrado aportado por cabra en ordeño (kg/día)	0,98	1,37a	1,00b	0,60c	0,034	***	***	ns
Energía Neta obtenida del aporte de forrajes (%)	5,20	15,29a	2,13b	1,66b	0,825	***	*	ns
Forraje aportado por cabra en ordeño (kg/día)	0,16	0,48a	0,06b	0,05b	0,024	***	**	ns
Gasto en compra de concentrados y forrajes (€/cabra y año)	92,63	123,25a	89,53b	61,08c	2,569	***	-	-
Coste de cultivos y arrendamiento (€/cabra y año)	23,94	13,88b	26,38a	30,04a	1,591	***	-	-

a, b, c Medias con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente.

^a Error estándar de la media.

^b Significación: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05.

Tabla 13.4. Indicadores relacionados con el manejo alimentario y reproductivo (valores medios) de las explotaciones de raza Payoya en función del mes

Parámetros	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Energía Neta obtenida del aporte de concentrados (%)	62,61ab	68,83ab	60,29ab	53,90b	51,25b	53,29b	57,75ab	57,28ab	51,83b	41,62b	55,01ab	73,39a
Concentrado aportado por cabra en ordeño (kg/día))	1,24ab	1,32a	1,09ab	0,95ab	0,86b	0,87b	0,86b	0,87b	0,78b	0,76b	0,98ab	1,23ab
Energía Neta obtenida del aporte de forrajes (%)	6,47ab	7,74ab	2,97bc	1,32c	1,19c	3,55bc	3,83bc	4,48bc	5,04bc	8,88a	8,58a	8,55a
Forraje aportado por cabra en ordeño (kg/día)	0,23ab	0,22ab	0,09ab	0,05b	0,04b	0,10ab	0,10ab	0,12ab	0,13ab	0,31a	0,27ab	0,29ab
Porcentaje de partos ^a	16,03ab	19,58ab	8,69abc	4,18abc	0,91c	2,61bc	0,19c	0,54bc	0,48bc	8,77abc	32,82a	3,45abc

a, b, c Medias con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente.

^aPara el análisis estadístico, los valores se transformaron a escala logarítmica base 10

Tabla 13.5. Indicadores relacionados con el manejo alimentario (valores medios) de las explotaciones de cabra de raza Payoya en función de la estación.

Parámetros	Estación				EEM ^a	p ^b
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño		
Energía Neta obtenida del pastoreo (%)	31,51 b	46,12 a	37,36 ab	33,40 ab	1,807	*
Concentrado aportado por cabra en ordeño (kg/día))	1,22 a	0,89 b	0,89 b	1,13 ab	0,034	*
Forraje aportado por cabra en ordeño (kg/día)	0,18 a	0,06 b	0,12 b	0,32 a	0,024	*

a, b, c Medias con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente.

^aError estándar de la media.

^bSignificación: * P<0,05.

Tabla 13.6. Características de los alimentados aportados en pesebre por los ganaderos. Valores medios y agrupados según el grado de pastoreo

Parámetros		Media	Grado de Pastoreo			p ^a
			Bajo	Medio	Alto	
Uso de concentrados (%) ^b	Un concentrado todo o la mayor parte del año	50,5	25,0	46,6	100,0	***
	Dos concentrados todo o la mayor parte del año	49,5	75,0	53,4	0,0	
Tipos de concentrados usados (%)	Pienso peletizado	13,1	20	12,2	0,0	***
	Mezcla de granos	59,1	42,5	59,3	100,0	
	Concentrado alto en fibra	16,8	37,5	10,0	0,0	
	Grano individual	10,9	0,0	18,5	0,0	
Uso de forrajes (%) ^b	No usa	26,1	0,0	23,3	72,7	***
	Un forraje todo o la mayor parte del año	56,0	100,0	23,3	0,0	
	Dos forrajes todo o la mayor parte del año	17,9	0,0	53,4	27,3	
Tipos de forrajes usados (%)	Heno	35,2	29,7	40,0	100,0	***
	Paja	15,6	13,5	20,0	0,0	
	Forraje de fibra corta	40,2	43,2	37,8	0,0	
	Otros subproductos	9,0	13,5	2,2	0,0	

^a Significación: *** P<0,001.

^b Si uno o dos tipos de concentrados o forrajes son usados todo el año o al menos durante 8 meses.

En las Tablas 13.7, 13.8 y 13.9 se muestran los principales resultados de la producción de leche y su composición química básica, el contenido en vitaminas y el perfil de ácidos grasos de la leche de estas explotaciones agrupadas según el grado de pastoreo y los meses agrupados en estaciones, como factores fijos, así como la interacción entre estos dos factores.

Tanto la producción de leche como su composición química básica no han diferido estadísticamente entre grupos según el grado de pastoreo (Tabla 13.7). No obstante, se observa una tendencia ($p < 0,1$) a una mayor producción en los grupos medio y bajo pastoreo, en comparación al alto pastoreo, siendo interesante señalar cómo las explotaciones de medio pastoreo, a pesar de ser más pastorales, tienen similar producción de leche por cabra que las explotaciones más intensificadas con bajo pastoreo.

El efecto del mes sí ha sido significativo para la mayoría de los parámetros. En la Figura 13.2 se puede observar que en la primera mitad del año se obtuvo una mayor producción (con un máximo en abril y un mínimo en noviembre, $p < 0,05$) y menor porcentaje del extracto seco quesero (con un mínimo en los meses de abril a julio y un máximo para los meses de septiembre a diciembre, $p < 0,05$). La calidad higiénico-sanitaria y el precio del litro de leche han seguido una evolución parecida a la de la composición química, es decir, menor en la primera mitad del año (datos no mostrados).

En la Tabla 13.8 se muestran los resultados del contenido en vitaminas A y E y de la actividad antioxidante de la leche de estas explotaciones de acuerdo al grado de pastoreo de las explotaciones y a la estación. El grado de pastoreo sólo afecta el contenido en α -tocoferol, que es el principal constituyente del total de los tocoferoles (93-97 %), siendo mayor su contenido en el grupo HG y MG (219,62, 179,39 y 109,70 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ para HG, MG y LG, respectivamente). El factor estación, sin embargo, afecta a todos los parámetros de vitaminas medidos. Así, el contenido en α -tocoferol ($P < 0,001$) fue significativamente mayor en las muestras de verano y otoño, el contenido en β + γ -tocoferol fue menor en primavera ($P < 0,01$) y el contenido en retinol fue mayor en invierno y menor en verano ($P < 0,01$). En cuanto a la actividad anitoxidante, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al nivel de pastoreo, pero sí en cuanto a la estación del año ($P < 0,001$) siendo mayor durante el invierno y la primavera.

En cuanto al perfil de AG (Tabla 13.9), sólo se muestran los resultados de los principales, tanto por su mayor porcentaje en el total de los AG como por su implicación en la salud humana. Los principales AG encontrados son el C14, C18:1c9, C18 y C14 (9% del total cada uno). De ellos, sólo el C18 muestra diferencias significativas entre grupos según grado de pastoreo, siendo mayor en el grupo HG que en el grupo LG, mostrando MG un valor intermedio (13,93, 13,22 y 13,69 %

del total de AG, respectivamente). Así mismo, el contenido en este AG también varía según la estación del año, alcanzándose los mayores porcentajes durante el otoño (15,69 %) y los menores en verano (11,63%) ($P < 0,001$). El contenido en C18:19c también varía de forma estacional, siendo mayor en invierno y otoño (20,73, 19,86, 18,83 y 18,33 % del total de AG para invierno, otoño, primavera y verano). El AG de cadena media C16, al igual que otros de cadena media (C10, C13, C14, C14:1, datos no mostrados), varían de forma inversa al contenido en C18, siendo menor su contenido durante el invierno.

El contenido total en AG monoinsaturados (MUFA) y SFA no presenta variación entre grupos según grado de pastoreo, pero sí varía su contenido a lo largo del año, siendo en primavera y verano mayor el contenido en SFA y menor en MUFA (Tabla 13.9). El porcentaje total de AG poliinsaturados (PUFA) sí presenta variación significativa entre los grupos, siendo menor en la leche de las explotaciones del grupo HG y MG que en la de los grupos LG (4,19, 4,21 y 4,37% del total de AG, respectivamente). Así mismo, también presenta variación estacional, siendo mayor durante los meses de primavera que en el resto de los meses. Sin embargo, algunos de los AG n-3 (ácido α -linolenico y C20:5 n-3), con especial implicación en salud humana, fueron mayores en los grupos HG y MG ($P < 0,05$), mientras que el total de AG n-6 fue menor en estos grupos. De este modo, el ratio n-6/n-3 resultó menor en estas explotaciones ($P < 0,01$). Respecto a la variación estacional de estos AG, el mayor contenido tanto en AG n-3 como en n-6 se encontró en los meses de primavera, siendo el ratio n-6/n-3 menor en otoño y primavera que en verano e invierno (3,45, 3,68, 4,40 y 4,42 para otoño, primavera, invierno y verano). Otro grupo de AG muy estudiado por su influencia positiva en la salud humana es el CLA. En este estudio, no se observaron diferencias significativas en su contenido en leche según el grado de pastoreo, pero sí se hallaron diferencias estacionales. En los meses de verano es cuando se hallaron los niveles más bajos de CLA total (0,37 %), CLA *cis*-9, *trans*-11 (0,32 %) y $\Delta 9$ CLA actividad desaturasa (0,26 % del total de AG).

Tabla 13.7. Valores medios de la producción y constituyentes nutritivos de la leche de cabra Payoya según el grado de pastoreo

Parámetros	Grado de pastoreo (GP)				EEM ^a	p ^b	
	Alto	Medio	Bajo	GP		Mes (M)	GP x M
Producción leche (l/cabra/día)	0,85	1,21	1,27	0,057	ns	*	ns
Extracto seco (%)	13,94	13,74	14,08	0,144	ns	***	ns
Proteína bruta (%)	3,60	3,71	3,75	0,044	ns	***	ns
Grasa bruta (%)	5,16	4,90	5,04	0,084	ns	***	ns
Lactosa (%)	4,41	4,42	4,51	0,027	ns	***	ns
Extracto seco quesero (%)	8,76	8,61	8,79	0,120	ns	*	ns
Células somáticas (x 10 ³ /ml) ^d	1545	2920	2035	122	ns	***	ns
Gérmenes (x 10 ³ /ml) ^d	64	130	109	11	ns	*	ns
Precio litro leche (€)	0,58	0,54	0,53	0,012	ns	***	ns

^a Error estándar de la media.

^b Significación: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05.

Figura 13.2. Producción (barras) de leche y extracto seco quesero (línea) según el mes

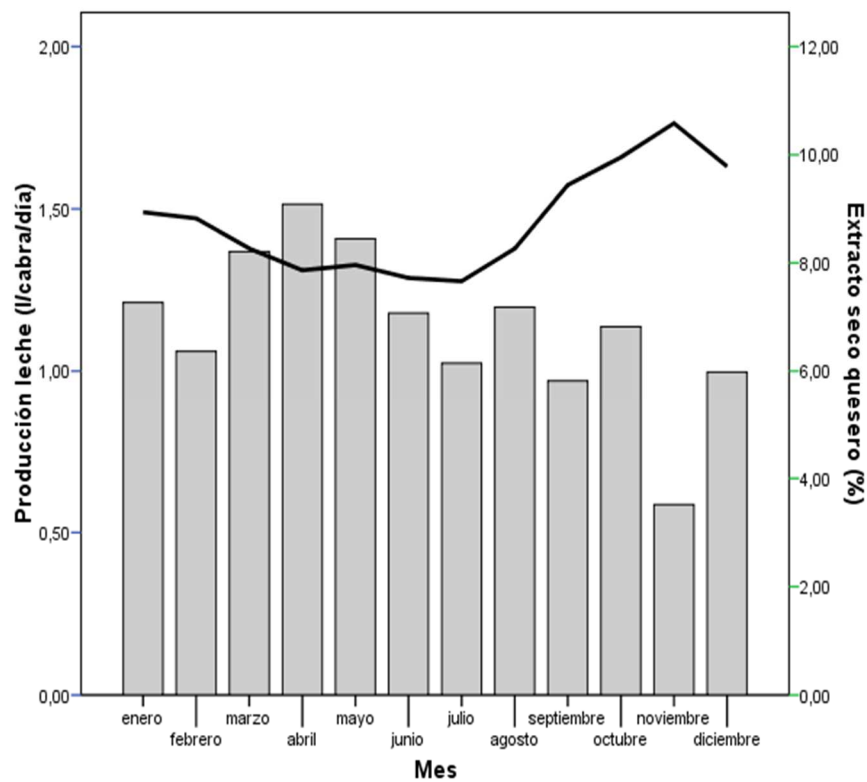


Tabla 13.8. Contenido en Vitamina A y E y capacidad antioxidante (valores medios) de la leche de cabra Payoya según el grado de pastoreo y la estación.

Parámetros	Grado de pastoreo (GP)				Estación (E)			P ^a		
	Alto	Medio	Bajo	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	GP	E	GP x E
Retinol (µg/100 g)	63,92	65,88	73,61	84,97 a	63,83 b	51,78 c	65,20 b	ns	**	ns
α-tocoferol (µg/100 g)	109,70 b	179,39 a	219,62 a	136,50 b	134,77 b	195,81 a	215,46 a	**	***	ns
β+γ-tocoferol (µg/100 g)	8,64	9,06	6,82	9,78 a	5,19 b	8,51 a	10,60 a	ns	**	ns
Actividad antioxidante (µmol Trolox® equivalentes/ml)	5,15	5,18	4,88	5,94a	5,85a	3,94b	4,65b	ns	***	ns

a, b, c Medias con diferente letra dentro de la misma fila y tratamiento (GP o E) difieren significativamente.

^a Significación: ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05.

Tabla 13.9. Perfil de ácidos grasos (% respecto al total) de la leche de cabra Payoya en función del grado de pastoreo y de la estación.

Ácidos grasos ^a (% del total)	Grado de pastoreo (GP)			Estación (E)				p ^b		
	Alto	Medio	Bajo	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	GP	E	GP x E
C16:0	26,73	26,20	26,75	26,25 b	27,74 a	27,52 a	23,94 c	ns	***	ns
C18:0	13,22 b	13,69 ab	13,93 a	13,76 b	13,54 b	11,63 c	15,69 a	*	***	ns
C18:1 n-9 <i>cis</i>	19,11	19,52	19,67	20,73 a	18,83 c	18,33 c	19,86 b	ns	***	ns
C18:2 n-6 <i>trans</i>	0,33	0,33	0,34	0,38 a	0,37 a	0,27 c	0,30 b	ns	***	ns
C18:2 n-6 <i>cis</i>	2,43 a	2,22 b	2,12 b	2,14 ab	2,44 a	2,34 ab	2,12 b	**	**	ns
α -C18:3 n-3	0,40 b	0,43 ab	0,45 a	0,37 b	0,54 a	0,40 b	0,38 b	*	***	*
CLA n-9 <i>cis</i> , n-11 <i>trans</i> (RA)	0,42	0,41	0,39	0,45 a	0,45 a	0,32 b	0,40 a	ns	***	ns
CLA n-10 <i>trans</i> , n-12 <i>cis</i>	0,05	0,05	0,04	0,04 c	0,05 b	0,05 b	0,06 a	ns	***	ns
C20:5 n-3 (EPA)	0,05 b	0,06 a	0,06 a	0,05 b	0,07 a	0,06 ab	0,05 b	*	***	ns
SFA	73,19	73,14	73,12	72,20 b	73,59 a	74,11 a	72,70 b	ns	***	ns
MUFA	22,44	22,65	22,77	23,85 a	21,74 b	21,76 b	23,15 a	ns	***	ns
PUFA	4,37 a	4,21 ab	4,19 b	3,96 b	4,67 a	4,13 b	4,15 b	*	***	ns
n-3	0,74	0,79	0,80	0,67 c	0,94 a	0,68 c	0,81 b	ns	***	ns
n-6	3,08 a	2,87 ab	2,77 b	2,73 b	3,13 a	2,98 ab	2,77 b	*	***	ns
n-6:n-3	4,49 a	3,89 b	3,63 b	4,40 ab	3,68 bc	4,42 a	3,45 c	**	***	*
CLA total	0,47	0,46	0,44	0,49 a	0,51 a	0,37 b	0,47 a	ns	***	ns

CLA index	0,29	0,31	0,30	0,30 ab	0,36 a	0,26 b	0,28 b	ns	***	ns
PUFA/SFA	0,06	0,06	0,06	0,05 b	0,06 a	0,06 b	0,06 b	ns	***	ns
UFA/SFA	0,37	0,37	0,37	0,39 a	0,36 b	0,35 b	0,38 a	ns	***	ns
AI	2,54	2,52	2,51	2,45 b	2,62 a	2,66 a	2,36 b	ns	***	ns

a,b,c Medias con diferentes letras dentro de la misma fila y tratamiento (GP o E) difieren significativamente.

^a RA, ácido ruménico; EPA, ácido eicosapentaenoico; ; SFA, ácidos grasos saturados; MUFA, ácidos grasos monoinsaturados; PUFA, ácidos grasos poliinsaturados; SCFA, ácidos grasos de cadena corta (C4:0-C10:0); CLA, ácido linoleico conjugado; UFA, ácidos grasos insaturados; AI, índice aterogénico.

^b P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05

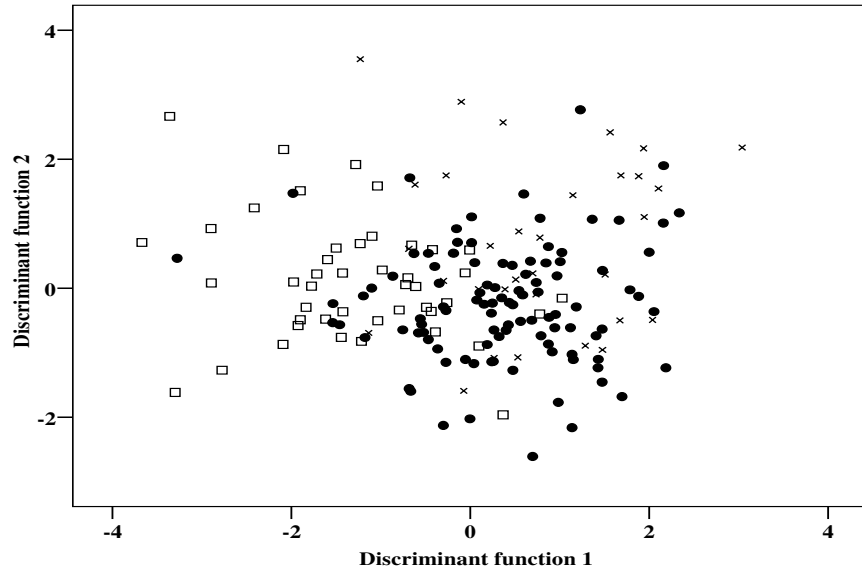
Finalmente y con el fin de evaluar la utilidad de las variables analíticas (perfil de AG y contenido en vitaminas) para clasificar las muestras de leche, se realizaron dos análisis discriminantes por etapas sucesivas. El primer análisis se llevó a cabo para clasificar las muestras de leche de acuerdo con el grado de pastoreo de las explotaciones y el segundo para clasificarlas según la estación del año (Figura 13.3). Para cada función obtenida, se calculó el grado de correlación con las variables analíticas (matriz de estructura canónica, datos no mostrados).

La Figura 13.3 (a) muestra la distribución de las muestra de leche en función del grado de pastoreo. La primera función explicó el 86% de la varianza y las variables con mayor correlación fueron el α -tocoferol y C20:5 n-3, con correlación positiva, y C18: 2 n-6 cis, con correlación negativa. No se observa una separación clara entre los grupos de pastoreo alto y medio, que sí se diferencian de los de bajo grado de pastoreo. Sólo el 70.4% de todas las muestras de leche fueron clasificadas correctamente en su grupo.

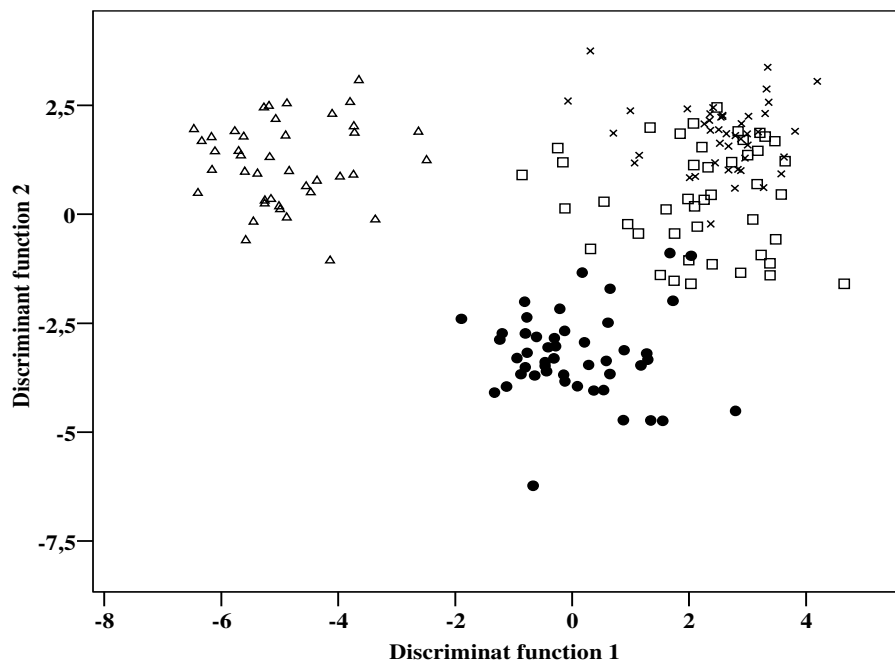
La Figura 13.3 (b y c) muestra la distribución de las muestra de leche en función de la época del año. El 90,1% de las muestras fueron clasificadas correctamente (100% de las muestras de otoño, 93,8% de las de invierno, 95,5% de las de verano y 72,9% de las de primavera) La función 1 explicó el 64,2% de la varianza total y tuvo correlación positiva con el C16. La función 2 explicó 30.2% de la varianza total y las variables que mostraron las mayores correlaciones fueron C20: 4 n-6 (ARA), C4, C6 y C8 con correlación positiva, y C18: 1 n-9 cis y C18: 2 Trans n-6, con correlación negativa. La función 3 explicó el 5,6% de la varianza total y las variables que mostraron las mayores correlaciones fueron C18, C22: 6 n-3 (DHA), C18: 3 n-3, C22: 5 n-3 (DPA), C14: 1 y CLA trans-10, cis-12, con correlación positiva y C10, C16: 1 y C18: 1 n-9 trans con correlación negativa. Según los resultados de este estudio, la Función 1 podría ser indicativa del balance energético de las cabras, la Función 2 podría ser indicativa del tipo de dieta (raciones de forraje constituidas principalmente por pasto vs. raciones con suplementación y menor grado de pastoreo) y la Función 3 podría ser indicativo del tipo de pastos (hierba vs. especies leñosas).

Figura 13.3. Gráficos de las funciones obtenidas del análisis discriminante por etapas por etapas del perfil de AG y el contenido en vitaminas de la leche de cabra Payoya en función del grado de pastoreo (gráfico a: □, bajo; ●, medio; x, alto) y de la estación (gráficos b y c: ●, invierno; □, primavera; x, verano; Δ, otoño).

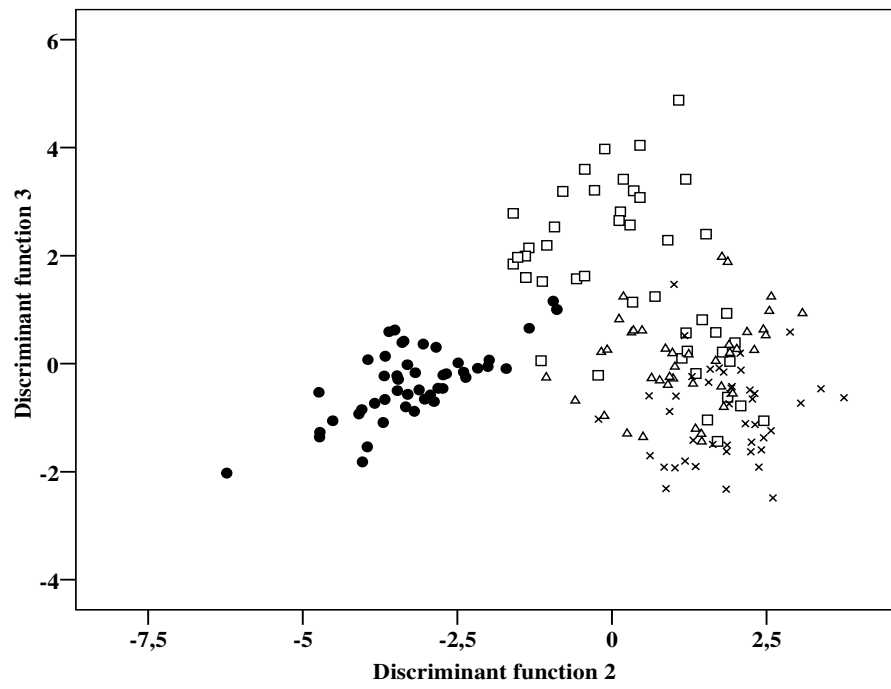
a)



b)



c)



13.1.2. Análisis de sostenibilidad: indicadores técnicos, económicos, sociales y ambientales

Este apartado corresponde a los resultados esperados para los objetivos específicos 3 y 4 de esta TD: análisis económico y social y análisis ambiental de la ganadería caprina de raza Payoya. Dichos resultados han dado lugar a dos publicaciones: “Can dairy goat farms in mountain areas reach a satisfactory level of profitability without intensification? A case study in Andalusia (Spain)” y “Carbon footprint of dairy goat production systems: a comparison of three contrasting grazing degrees in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain)”.

De las 16 explotaciones de caprino de raza Payoya de la Sierra de Cádiz, simultáneamente a la toma de muestras de leche, se recogió información de tipo técnico, económico, social y ambiental de forma mensual durante 2011, con la que se construyeron los correspondientes indicadores de los tres ámbitos de la sostenibilidad (económica, social y ambiental). Se realizó un análisis de componentes principales (CP) y análisis multivariante por el que las explotaciones se clasificaron según dos CP: un primer factor denominado "dimensión y alimentación" que incluyó las variables *Cabras presentes*, *Proporción de energía neta obtenida del pastoreo* y *Forraje aportado por cabra y año*; y un segundo factor denominado "productividad lechera" que incluyó sólo la variable *Leche vendida por cabra presente*. El análisis clúster k-medias realizado con las dos CP segregó las 16 explotaciones en tres grupos: en el cluster 1 se agruparon las explotaciones pastorales de baja productividad, en el cluster 2 las explotaciones pastorales más intensificadas y en el cluster 3 las explotaciones pastorales de alta productividad. Posteriormente, se ha realizado un análisis de sostenibilidad a cada uno de los grupos obtenidos. Los principales resultados obtenidos se presentan en las Tablas 13.10, 13.11 y 13.12. A continuación se analizará cada grupo de explotaciones en sus diferentes ámbitos de sostenibilidad, a través de la comparación de los resultados de los diferentes indicadores.

a) Cluster 1: Explotaciones pastorales de baja productividad

Se trata de explotaciones de pequeño tamaño de rebaño (174 cabras), con un tamaño medio de superficie (81 ha), aunque sin diferencias significativas con el grupo de

explotaciones más intensificadas (Tabla 13.10). La carga ganadera es media respecto a los otros grupos (0,45 ha/cabra), pero adecuada a las condiciones de la zona. Esta superficie en su mayoría es pasto natural arbustivo (0,30 ha/cabra), sin superficie de pasto herbáceo y con poca superficie dedicada al cultivo (0,6 ha/cabra).

Tienen un alto grado de pastoreo, obteniendo un 47% de sus necesidades energéticas del pasto (Tabla 13.10), siendo el grupo de explotaciones que menos aporte de concentrados realiza (67 kg/ cabra y año) ($P < 0,05$) y con un bajo aporte de forraje (3 kg/ cabra y año), menor que en el grupo más intensificado, aunque sin diferencias significativas con el grupo pastoral de alta productividad ($P < 0,01$). Desde el punto de vista económico, hay una tendencia a un menor coste en compra de concentrado ($P < 0,1$) y también es menor el coste en forrajes ($P < 0,01$), aunque no difiere del grupo de pastoreo de alta productividad. El coste total en compra de alimentos externos es de 70 €/cabra y año.

En cuanto al consumo de otros inputs con especial relevancia desde el punto de vista ambiental, el consumo de aceite, electricidad y fertilizantes minerales es el grupo que presenta valores más bajos, aunque no se hallaron diferencias significativas con el resto de grupos (Tabla 13.10).

Es el grupo con menor productividad de leche de todos los grupos (Tabla 13.10), produciendo sólo 177 litros/cabra y año ($P < 0,05$). Además, la producción de leche presenta una alta estacionalidad (sólo el 23% de la leche se vende en el último semestre del año) dado que utilizan el manejo tradicional, donde el periodo de monta principal es en junio (a través del “efecto macho”) durante el cual la mayoría de las hembras quedan preñadas. Las que no, junto a la recría de primer parto, se vuelve a cubrir tras el verano, concentrándose, por tanto, los partos en noviembre y en enero-febrero, lo que hace que la mayor parte de la leche se venda en los seis primeros meses del año. De esta forma se consigue que no haya cabras en lactación en verano, cuando la productividad de los pastos es escasa. La baja productividad lechera hace que los ingresos por venta de leche sean los menores de los tres grupos (85 €/cabra y año) ($P < 0,01$).

Tras el coste en alimentación, el siguiente coste mayor es el de alquiler de tierra y coste por medianería o aparcería (10 €/cabra y año), dado que la mitad de los ganaderos de este grupo son aparceros y uno arrienda una pequeña proporción de tierra (Tabla 13.10). La diferencia entre ingresos por venta de leche y el gasto en alimentación (indicador de eficiencia) alcanza el menor valor de los tres grupos (2797 €/UTA) ($P < 0,01$), siendo muy inferior a la media de los tres grupos (12.659 €/UTA).

En el ámbito social (Tabla 13.11) cabe destacar la escasa optimización de la mano de obra (126 cabras/UTA). Además, la jornada laboral es menor a la estipulada en el convenio colectivo (74% de las horas estipuladas, $P < 0,05$). Este grupo de ganaderos valora de forma positiva su calidad de vida y su calidad de trabajo (3,8 en ambos casos sobre una escala de 1 a 5).

Desde el punto de vista ambiental, el indicador en el que se centra el análisis es la Huella de Carbono (HC), de gran relevancia en la lucha contra el cambio climático. En este grupo de explotaciones, usando el criterio de asignación económica y tomando como unidad funcional 1 Kg de leche corregido por proteína y grasa (FPCM), la HC es de 2,36 y 1,40 kg CO₂e/kg FPCM según apliquemos la corrección a leche de oveja o de vaca, respectivamente, dado que no hay una estandarización específica para el caprino (Tabla 13.12). Las emisiones por el ganado (fermentación entérica) y las emisiones totales son las menores de los tres grupos ($P < 0,05$). El secuestro de carbono producido por el estiércol es el menor en los tres grupos ($P < 0,01$) y el secuestro por cultivos ($P < 0,01$) y secuestro total ($P < 0,01$) es menor que en el grupo de explotaciones más intensificadas, sin diferencias significativas con el otro grupo de explotaciones más pastorales. Al tomar como unidad funcional la superficie (1 ha) se encontraron menores emisiones por *inputs* y menores emisiones totales ($P < 0,05$) en este grupo, al igual que en el grupo pastoral de alta productividad, que en las intensificadas ($P < 0,05$), sin hallarse diferencias significativas en cuanto al secuestro de carbono. (Tabla 13.12) Como consecuencia, la HC, expresada por ha, fue menor en los dos grupos con mayor grado de pastoreo.

b) Cluster 2: Explotaciones más intensificadas

Son explotaciones con un tamaño medio de rebaño (251 cabras) y con tendencia a una mayor carga ganadera (0,20 ha/cabra) ($P < 0,1$), siendo las explotaciones que presentan menor superficie (50 ha), aunque sin diferencias significativas con el grupo anterior (Tabla 13.10). Esta superficie se divide en superficie de pasto natural de tipo arbustivo (0,09 ha/cabra), superficie de pasto natural tipo herbáceo (0,06 ha/cabra) y una escasa proporción de superficie cultivada (0,03 ha/cabra).

Son las explotaciones que obtienen menor porcentaje de energía neta del pastoreo (sólo el 19%) (Tabla 13.10). Así, son las explotaciones que más concentrado (438 kg/cabra y año) ($P < 0,05$) y forraje (156 kg/cabra y año) ($P < 0,01$) aportan en pesebre. Esto hace que el gasto en compra de alimentación, concentrados y forrajes, sea el mayor de los tres grupos (276 €/cabra y año).

Tienen una buena productividad lechera (333 l/cabra y año), obteniendo altos ingresos por la venta de leche (162 €/cabra y año), aunque estos resultados son similares a los del grupo pastoral de alta productividad (Tabla 13.10). En este grupo de explotaciones, al ser menos dependientes del pastoreo para la alimentación animal, los partos se distribuyen de forma más homogénea a lo largo del año. Sin embargo, sigue habiendo una tendencia natural a la concentración de los mismos en el mes de noviembre, lo que hace que, aunque la estacionalidad sea menor que en los otros grupos, en el segundo semestre del año sólo se venda el 34% de la leche.

El segundo coste mayor es el de alquiler de tierras (10 €/cabra y año), en este grupo no hay aparceros, dos arriendan sólo parte de la superficie y sólo uno arrienda toda la superficie (Tabla 12.10). La diferencia entre los ingresos por leche y el gasto en alimentación es alta (13.474 €/UTA), aunque no difiere estadísticamente del grupo pastoral de alta productividad.

Socialmente, presentan una carga laboral media de 192 cabras/UTA, aunque es el grupo en el que las horas de trabajo semanales alcanzan el valor más alto, superando en un 38% la jornada laboral estipulada (Tabla 13.11). Destacar también que este grupo presenta un valor alto de mano de obra joven (43%) y que el 100% de la mano

de obra es familiar, aunque no se hallaron diferencias significativas entre los grupos de estudio. Estos ganaderos valoran de forma muy positiva tanto su calidad de vida como de trabajo (4,2 sobre 5 en ambos indicadores).

Respecto a las características ambientales, el indicador HC, tomando como unidad funcional 1 Kg FPCM, es de 1,97 y 1,16 kg CO₂ e/kg FPCM aplicando la corrección a leche de oveja o de vaca, respectivamente (Tabla 13.12). Junto al grupo pastoral de alta productividad, este grupo presenta menores emisiones totales ($P < 0,05$). En relación al secuestro de carbono, estas explotaciones más intensificadas y con menor superficie, presentan un menor secuestro de carbono tanto procedente de los cultivos ($P < 0,01$), como del estiércol ($P < 0,05$), y por ello como cómputo total ($P < 0,01$). Tomando como unidad funcional 1 ha, la HC de estas explotaciones es la mayor (8.630 kg CO₂ e/ha), siendo las explotaciones que tienen más emisiones por inputs ($P < 0,05$) y emisiones totales ($P < 0,05$), dados sus mayores consumos externos, sobre todo de alimentación comprada, y su menor superficie.

c) Cluster 3: Explotaciones pastorales de alta productividad

Este grupo de explotaciones es el que presenta mayores dimensiones (Tabla 13.10), tanto de tamaño de rebaño (577 cabras) ($P < 0,001$) como de superficie 324 ha ($P < 0,01$). Esta superficie en su mayoría es pasto natural de tipo arbustivo (0,40 ha/cabras) con poca superficie de cultivos (0,07 ha/cabras).

Son explotaciones con alto grado de pastoreo, cubriendo el pastoreo un 47% de las necesidades energéticas de los animales, al igual que en el grupo pastoral de baja productividad (Tabla 13.10). El aporte de concentrados es medio respecto a los otros grupos (300 kg/cabra y año) y el de forraje es bajo (16 kg/cabra y año), aunque no difiere del grupo pastoral de baja productividad. Así, el coste de compra de concentrado y forrajes es intermedio respecto a los otros grupos (80 €/cabra y año).

Sin embargo, este grupo, cuya alimentación está basada fundamentalmente en el pastoreo, obtiene la misma productividad (336 l/cabra y año) y los mismos ingresos por venta de leche (163 €/cabra y año) que el grupo más intensificado y más dependiente de la alimentación externa (Tabla 13.10).

El coste en alquiler de tierras y coste por aparcería tiende a ser mayor ($P < 0,1$) que en el resto de grupos (34 €/cabra y año) dado que en este grupo el 71% de los ganaderos son aparceros y el resto arriendan parte de la superficie (Tabla 13.10). La diferencia entre los ingresos por leche y el gasto en alimentación es alta (17.711 €/UTA), sin diferencias significativas con el grupo más intensivo.

Socialmente, es el grupo que presenta mayor carga laboral (271 cabras/UTA) ($P < 0,05$), aunque en cuanto al número de horas trabajadas, a pesar de trabajar más horas de lo estipulado (superando en un 19% las horas estipuladas en el convenio laboral), este indicador es menor que en el grupo más intensificado (Tabla 13.11). En este grupo tan sólo el 9% de la mano de obra es menor de 40 años, demostrando escaso relevo generacional en este tipo de explotaciones. Los ganaderos valoran su calidad de vida de forma positiva, pero con una puntuación ligeramente inferior al resto de grupos (3,6). Sin embargo, valoran de forma más positiva su calidad de trabajo (4,3).

La HC en estas explotaciones tomando como unidad funcional 1 Kg FPCM es de 1,76 y 1,04 kg CO₂ e/kg FPCM aplicando la corrección a leche de oveja o de vaca, respectivamente (Tabla 13.12). Junto al Grupo 2, presentan las menores emisiones por ganado ($P < 0,05$) y las menores emisiones totales ($P < 0,01$). Sin embargo, el secuestro de carbono procedente de los cultivos es el mayor de los tres grupos ($P < 0,01$), el procedente del estiércol es intermedio ($P < 0,05$) y presenta el mayor secuestro de carbono total ($P < 0,05$). Al expresar la HC por unidad de superficie, esta es menor que en el grupo de explotaciones más intensificadas, sin diferencias con el otro grupo pastoral de baja productividad ($P < 0,05$). Del mismo modo, las emisiones por inputs ($P < 0,05$) y las emisiones totales ($P < 0,05$) también son menores en estos dos grupos que en el más intensificado.

Tabla 13.10. Indicadores técnicos y económicos (valores medios) de las explotaciones caprinas de raza Payoya en cada uno de los cluster obtenidos.

Parámetros	Media	Cluster			P ^b
		1	2	3	
Nº Explotaciones	16	4	5	7	
Tamaño del rebaño (cabras presentes)	372	174 b	251b	572 a	***
Superficie total (ha)	178	81 b	50 b	324 a	**
Carga ganadera (ha/cabra)	0,41	0,45	0,20	0,54	†
Superficie de pasto natural arbustivo (ha/ cabra)	0,30	0,38	0,09	0,40	ns
Superficie de pasto natural herbáceo (ha/ cabra)	0,05	0,00	0,06	0,07	ns
Superficie cultivada (ha/cabra)	0,06	0,07	0,03	0,07	ns
Concentrado aportado (kg/cabra/año)	337	273 b	438 a	300 ab	*
Forraje aportado (kg/cabra/año)	65	39 b	156 a	16 b	**
Aceite (litros/año)	3123	772	928,	6033	ns
Electricidad (kWh/año)	5842	4468	8503	4726	ns
Fertilizantes minerales (kg/ha/año)	58	6	87	66	ns
Necesidades Energía Neta cubiertas por el Pastoreo (%)	38	47 a	19 b	47 a	***
Leche vendida (l/ cabra / año)	295	177 b	333 a	336 a	*
Cabritos vendidos/cabra	0,99	1,00	1,06	0,94	ns

Proporción de leche vendida en el segundo semestre (%)	30	23	34	31	ns
Ingresos anuales (€/cabra)	143	85 b	162 a	163 a	**
Coste de compra de concentrado (kg/cabra/año)	87	67	114	79	†
Coste de compra de forraje (kg/cabra/año)	6	3 b	15 a	1 b	**
Coste de cultivo (kg/cabra/año)	4	2	3	5	ns
Coste de arrendamiento (kg/cabra/año)	20	10	10	34	†
Diferencia entre ingresos por leche y coste de alimentación por trabajador (€/UTA) ^a	12659	2797 b	13474 a	17711 a	**

a,b Medias con diferente letra entre columnas difieren significativamente

^a Dado que la leche no es el único producto de la explotación caprina, este indicador se calculó multiplicando el coste de alimentación por 0,76, ya que el ingreso por venta de leche, como media de todas las explotaciones, representó el 76% de las ventas totales.

^b Significación: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05; † P<0, 1

Table 13.11. Indicadores sociales (valores medios) de las explotaciones caprinas de raza Payoya en cada uno de los cluster obtenidos.

Parámetros	Media	Cluster			P ^b
		1	2	3	
Mano de obra (UTA)	1,7	1,3 b	1,4ab	2,1 a	*
Carga laboral (cabras/UTA)	210	126 b	192ab	271 a	*
Proporción de trabajadores (UTA) menores de 40 años	22	17	43	9	ns
Proporción de trabajado familiar (%)	75	65	100	62	ns
Adecuación de la jornada laboral ^a (%)	114	74 b	138 a	119 ab	*
Calidad de vida (1 a 5)	3,8	3,8	4,2	3,6	ns
Calidad de vida (1 a 5)	4,1	3,8	4,2	4,3	ns

a,b Medias con diferente letra entre columnas difieren significativamente

^a % de horas de trabajo por semana del gestor de la explotación / horas de trabajo por semana establecidas por el convenio colectivo.

^b Significación: * P<0,05; ns: no significativo, P>0,05.

Tabla 13.12. Huella de Carbono (HC), contribución a la HC de las diferentes fuentes y secuestro anual de C de las explotaciones caprinas de raza Payoya en cada uno de los cluster obtenidos ^a.

			Cluster ^a			p ^b
			1	2	3	
Huella de Carbono	Kg	Corrección de leche 1	2,36	1,97	1,76	ns
	FPCM	Corrección de leche 2	1,40	1,16	1,04	ns
	ha		1330,04 b	8629,57 a	1249,77 b	*
Emisiones	Emisiones de la ganadería					
	Kg	Corrección de leche 1	2,09 a	1,16 b	1,33 b	*
	FPCM	Corrección de leche 2	1,24 a	0,68 b	0,79 b	*
	ha		1117,30	4983,38	893,51	ns
	Emisiones del suelo					
	Kg	Corrección de leche 1	0,35	0,22	0,30	ns
	FPCM	Corrección de leche 2	0,20	0,13	0,18	ns
	ha		180,79	828,47	206,44	ns
	Emisiones de los inputs					
	Kg	Corrección de leche 1	0,74	0,84	0,67	ns
	FPCM	Corrección de leche 2	0,44	0,50	0,39	ns
	ha		436,13 b	3683,87 a	504,44 b	*
	Emisiones totales					
	Kg	Corrección de leche 1	3,17 a	2,22 b	2,29 b	*
	FPCM	Corrección de leche 2	1,88 a	1,31 b	1,36 b	*
	ha		1734,23 b	9495,72 a	1604,39 b	*
Secuestro de C	CO2 secuestrado de los cultivos					
	Kg	Corrección de leche 1	0,57 a	0,11 b	0,38 a	**
	FPCM	Corrección de leche 2	0,34 a	0,07 b	0,22 a	**
	ha		404,19	866,15	354,62	ns
	CO2 secuestrado del estiércol					
	Kg	Corrección de leche 1	0,24 a	0,13 b	0,15 ab	*
	FPCM	Corrección de leche 2	0,14 a	0,08 b	0,09 ab	*
	ha		128,12	575,68	102,67	ns
	Secuestro de C total					
	Kg	Corrección de leche 1	0,81 a	0,25 b	0,53 a	**
	FPCM	Corrección de leche 2	0,48 a	0,15 b	0,32 a	**
	ha		404,19	866,15	354,62	ns

a,b Medias con diferente letra entre columnas difieren significativamente

^a Calculado según Petersen et al., (2013). Estos valores se han asignado utilizando el criterio económico. Se presentan dos unidades funcionales: 1) Productividad. 1 kg de leche con grasa y proteína corregida (FPCM) con dos factores de corrección: corrección 1, contenido en grasa y proteína de la leche de oveja (Pulina et al., 2005) y corrección 2, contenido de la leche de vaca (Robertson et al., 2015). 2) Superficie. 1 ha

^b Significación: * P<0,05; ** P<0,01; ns: no significativo, P>0,05.

13.2. Resumen de resultados de la ganadería ovina Mallorquina

Este apartado corresponde a los resultados esperados para los objetivos específicos 5 y 6 de esta TD: análisis técnico y económico y análisis de la calidad de la canal y de la carne del cordero de la ganadería ovina de raza Mallorquina. Estos resultados han dado lugar a tres publicaciones: “Caracterización técnico-económica de explotaciones de ovino de raza autóctona Mallorquina”; “Carcass composition and meat quality of pasture-raised Mallorquina sheep in Balearic Islands” y “Perfil de ácidos grasos de la carne de cordero de raza autóctona Mallorquina en función del peso y de la alimentación”

El trabajo que se presenta es un estudio previo para caracterizar el funcionamiento de la ganadería ovina en Mallorca y la relación entre los diferentes manejos y la calidad de la carne de cordero, a fin de favorecer la viabilidad de estas explotaciones, dado que no se habían realizado análisis previos de este tipo en la Isla. Actualmente, se está trabajando en ampliar este estudio tomando un mayor número de explotaciones, no sólo en Mallorca, sino en el conjunto de las Islas Baleares.

Se seleccionaron 7 explotaciones pastorales de raza autóctona Mallorquina de las que se recogió información técnica y económica de forma mensual durante 2015. Durante los meses de octubre a diciembre de ese mismo año, se seleccionaron un total de 50 corderos macho para el análisis de la calidad de la canal y de la carne. En el matadero al que fueron llevados, se realizaron diferentes medidas de la canal (peso y medidas de conformación) tras el sacrificio y a las 24 horas. La media canal izquierda de cada cordero fue llevada al laboratorio para realizar el resto de medidas de la canal y análisis de la carne (resto de medidas de conformación, composición tisular, contenido en pigmentos hemínicos, textura, capacidad de retención de agua, pérdidas por cocinado, perfil de AG y composición química). En base a la información recogida en cada una de las explotaciones, los corderos se agruparon en tres grupos de acuerdo a su manejo alimentario: corderos alimentados solo con leche materna (corderos tipo “leche”); corderos que, tras alimentarse con leche materna, fueron engordados en base a pastoreo (corderos tipo “pasto”); y corderos que tras alimentarse con leche

materna también pastorean, pero además se les suplementa con concentrados (corderos tipo “concentrado”). Además, los corderos se clasificaron en tres grupos según su peso comercial: corderos lechales (menos de 7 kg de peso en canal caliente, PCC), corderos recientes medianos (7-10 kg) y corderos recientes grandes (más de 10 kg). En función de estos dos factores de agrupamiento identificados, finalmente los corderos fueron clasificados en 5 grupos: (1) Lechales, por su peso, alimentados solo con leche materna; (2) Recientes medianos, por su peso, alimentados sólo con leche materna; (3) recientes medianos alimentados previamente con leche materna y después con pasto; (4) recientes medianos alimentados previamente con leche materna y después con pasto y concentrado; (5) recientes grandes, por su peso, alimentados previamente con leche materna y después con concentrado. Posteriormente, algunos de estos grupos se han comparado estadísticamente para ver diferencias según los factores peso canal y tipo de alimentación.

En la Tabla 13.13 se presentan los principales resultados de la gestión técnica y económica de estas explotaciones. Dado que son pocas y tienen un manejo muy diferenciado entre sí, se ha visto conveniente tratar los resultados a modo de estudio de caso, presentándose los valores mínimos, máximos y medios de cada indicador. Las explotaciones ganaderas mallorquinas están poco especializadas y son muy heterogéneas entre sí, tanto en actividades (combinan el ovino con otras especies ganaderas o con agricultura), como en grado de profesionalización o en tipo de finca (pequeñas parcelas en rotación, grandes superficies o explotaciones de montaña), lo que hace que se diferencien varios modelos productivos: profesional, recreativo, producción asociada al agroturismo o producción ligada a la agricultura. Debido a ello, el tamaño de las explotaciones varía mucho entre sí al igual que el censo ganadero. El 42 % de la superficie es de pasto natural (0,30 ha/oveja como media), estando en su mayor parte constituida por pastos de tipo arbustivo (0,30 ha/oveja como media). La superficie media de cultivos es de 0,28 ha/oveja y en su mayoría (73%) es destinada al consumo directo por los animales, pero en la última fase de crecimiento se siega para hacer forraje.

Dada esta heterogeneidad, también los consumos de alimentos en pesebre varían mucho entre explotaciones (Tabla 13.13). En este sentido, el aporte de concentrado presenta una media de 44 kg/ oveja y año, pero varía desde un máximo de 125 kg/ oveja a ningún aporte de concentrado. En cuanto al aporte de forraje, la media es de 130 kg/ oveja y año y varía desde un máximo de 310 kg/ oveja y año a 34 kg/ oveja y año, siendo, de manera general, un aporte bajo. El 80% del forraje que se suplementa es de producción propia y el 10% del concentrado también es de producción propia. Ello da como resultado un óptimo grado de autonomía alimentaria (77%), es decir, la alimentación comprada sólo representa un 33% del gasto total en alimentación (alimentación comprada, mejora de pastos, cultivos y alquiler de tierra).

El 40% explotaciones presenta estacionalidad productiva, el 20% organiza los partos en dos épocas del año (primavera y otoño) y el 20% no realiza manejo reproductivo (los machos están todo el año con las hembras concentrándose los partos de modo natural en primavera), lo que provoca alta estacionalidad productiva (Tabla 13.13). Además, la productividad es muy baja (menos de un cordero vendido al año por oveja presente).

Como media, el precio percibido por kg de cordero es muy bajo (6,5 €/ kg PC) (Tabla 13.13). Sin embargo, se observa una amplia variación entre explotaciones (valor máximo de 7,9 €/kg PC y mínimo de 5,3 €/kg PC), alcanzando un mejor precio los productores que comercializan los corderos a través de cooperativas. Estos ganaderos venden como lechales o recentales medianos aquellos corderos que con ese peso tienen una buena conformación (ahorrando costes) y engordan el resto.

En la Figura 13.4 se observa la estructura de costes e ingresos de estas explotaciones. El ingreso principal procede de la venta de carne (63%), siendo casi nulos los ingresos por venta de recría o de desvieje. El segundo mayor ingreso son las subvenciones (35%), aunque este porcentaje varía mucho entre explotaciones (desde el 60% al 0%). En cuanto a los costes, al revés de lo que ocurre en otros tipos de ganaderías en las que el coste principal es la compra de alimentos, el principal coste es el de cultivos

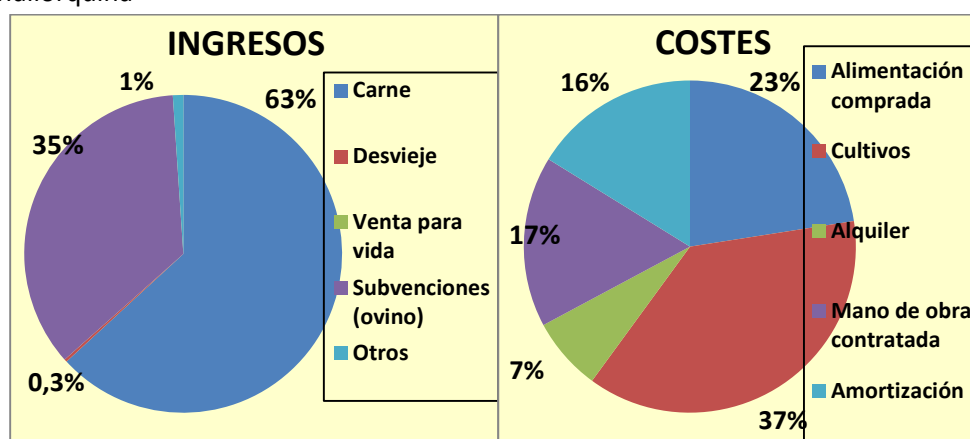
(37%), lo cual permite que estas explotaciones tengan un grado alto de autonomía alimentaria.

En general la rentabilidad de las explotaciones es muy baja, siendo el margen neto por oveja medio de 3 € y negativo en 2 de las 7 explotaciones (Tabla 13.13). Si tenemos en cuenta la remuneración de la mano de obra familiar (1200 €/UTA y mes), el beneficio empresarial es negativo (-30€/oveja), es decir, la actividad ni siquiera permite proporcionar un salario a un trabajador a jornada completa. El coste de producción del kg de carne es de 16 € si tenemos en cuenta el coste de oportunidad de la mano de obra familiar, por tanto, el precio percibido (6,7 €/kg peso canal) no es capaz de cubrir dicho coste.

Tabla 13.13. Indicadores técnicos y económicos de las explotaciones ovinas de raza Mallorquina

Parámetros	Valor máximo	Valor mínimo	Valor Medio
Ovejas presentes	387	152	288
Superficie total (ha)	410	51	158
Carga ganadera (ha/ovejas)	1,43	0,14	0,63
Superficie de pasto natural (ha/oveja)	1,22	0	0,34
Superficie de pasto arbustivo (ha/oveja)	1,22	0	0,30
Superficie de cultivo (ha/oveja)	0,91	0,06	0,28
Carga laboral (UTA para 100 ovejas)	0,57	0,14	0,31
Concentrado total (kg/oveja y año)	125	0	44
Forraje total (kg/oveja y año)	310	34	130
% concentrado de producción propia	68%	0%	10%
% forraje de producción propia	100%	0%	80%
Autonomía alimentaria	100%	29%	77%
Corderos vendidos/oveja / año	1,75	0,62	0,97
Peso del cordero (kg de Peso Canal)	10,88	7,18	8,47
Precio (€/kg Peso Canal)	7,85	5,41	6,69
Margen Neto (€/oveja)	63	-135	3
Beneficio empresarial (€/oveja)	9	-135	-30
Coste producción, incluyendo el coste de oportunidad de la mano de obra familiar (€/kg de Peso Canal)	27	10	16
% coste producción, incluyendo el coste de producción de la mano de obra familiar, que es cubierto por el precio	68%	28%	46%

Figura 13.4. Estructura de ingresos y de costes de las explotaciones ovinas de raza Mallorquina



En las Tablas 13.14 y 13.15 se muestran los resultados de los análisis de calidad de la canal y de la carne de los corderos de estas explotaciones en los que se han comparado estadísticamente, por un lado, corderos con la misma alimentación y diferente peso (para observar las diferencias por el factor “peso”, Tabla 13.14) y, por otro lado corderos con el mismo peso, pero diferente manejo alimentario (para observar las diferencias por el factor “alimentación”, Tabla 13.15). En la Tabla 13.16 se presenta la composición química de la carne de todos los corderos agrupados según el peso canal.

En los corderos alimentados sólo con leche materna observamos dos pesos comerciales, lechal (< 7 kg PCC) y recental mediano (7-10 kg PCC) (Tabla 13.14). Se observan diferencias significativas en variables relacionadas con el tamaño de la canal, el peso de la canal caliente (PCC) ($P < 0,05$) y medidas de la canal: longitud interna de la canal ($P < 0,01$) e índice de compacidad de la canal ($P < 0,001$). Las canales de mayor peso también presentaron un mayor porcentaje de grasa subcutánea ($P < 0,05$) debido a que con el aumento del peso se observan diferencias en el depósito de grasa en los tejidos. Este aumento de peso también provoca el aumento en la capacidad de retención de agua ($P < 0,05$). Los corderos alimentados con concentrado presentan dos pesos comerciales (Tabla 13.14): recental mediano y grande. En este caso, también se observan diferencias significativas en el PCC ($P < 0,001$) y en las medidas de la canal: longitud interna de la canal ($P < 0,001$) e índice de compacidad de la canal ($P < 0,01$). Pero además, se observan diferencias en cuanto al rendimiento a la canal, siendo mayor en las canales de mayor peso ($P < 0,05$). Los corderos recentales grandes presentan mayor porcentaje de grasa subcutánea ($P < 0,01$) y menor de músculo ($P < 0,01$), lo que puede dar canales menos apetecibles por el consumidor. En lo que respecta al perfil de ácidos grasos de estos animales (Tabla 13.14), no se hallaron diferencias significativas entre los grupos de corderos según el factor peso, puesto que la diferencia de pesos entre las diferentes categorías comerciales es bajo.

Para poder comparar estadísticamente los tres tipos de manejo alimentario, sólo se han analizado los parámetros de calidad dentro de los corderos recentales medianos

(Tabla 13.15). Los ganaderos alimentan a los corderos con concentrados para obtener un mayor peso canal ($P < 0,05$), sin embargo, estas dietas ricas en energía, resultan en un menor rendimiento a la canal ($P < 0,001$). Otra variable que presentó diferencias entre los grupos fue el porcentaje de grasa subcutánea, que es mayor en corderos alimentados sólo con leche materna ($P < 0,05$). Respecto al perfil de AG, se encontraron diferencias significativas en algunos de especial relevancia para la salud del consumidor. Así, los corderos alimentados con concentrado presentan un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados ($P < 0,05$) y un menor porcentaje de poliinsaturados ($P < 0,05$). Así mismo, el contenido en ácido linoleico conjugado (CLA) fue mayor en los corderos alimentados con leche materna y en pastoreo ($P < 0,05$). En estos grupos (leche y pasto) también se encontró un mayor contenido de AG n-3 y una menor relación n-6/n-3

En la Tabla 13.16 se muestran resultados de la composición química de la carne de los corderos. En este caso, se ha hecho un análisis conjunto de todos los corderos según el peso para poder comparar con resultados de otras razas cuando fuera necesario. En conjunto, mostraron un óptimo contenido en grasa y proteína.

Tabla 13.14. Indicadores de calidad de la canal y de la carne y perfil de ácidos grasos de corderos de raza Mallorquina en función del peso canal

	Leche			Concentrado		
	Lechal	Recental mediano	p ^a	Recental mediano	Recental grande	p ^a
Nº corderos (n)	10	10		10	10	
Parámetros de calidad de la canal y de la carne						
Peso Canal Caliente	6,14	7,94	***	8,89	11,02	***
Rendimiento de la canal	53,09	55,56	ns	47,03	49,73	*
Longitud interna de la canal	42,46	46,68	**	49,54	52,69	***
Índice de compacidad de la canal	144,55	169,77	***	179,30	209,00	**
Porcentaje de músculo	55,25	53,50	ns	56,85	52,63	**
Porcentaje de grasa subcutánea	7,17	10,47	*	6,86	11,84	**
Porcentaje de grasa intramuscular	6,41	6,08	ns	6,91	6,13	ns
Capacidad de retención de agua	12,56	14,60	*	16,08	16,60	ns
Pérdidas por cocinado	24,56	22,06	ns	25,89	23,00	ns
Textura	5138	4474	ns	5194	5215	ns
Pigmentos hemílicos	3,20	3,32	ns	3,93	4,03	ns
Perfil de ácidos grasos						
Ácidos grasos saturados	45,96	45,73	ns	50,35	51,08	ns
Ácidos grasos monoinsaturados	34,98	34,67	ns	33,03	33,63	ns
Ácidos grasos poliinsaturados	19,06	19,60	ns	16,62	15,29	ns
CLA	0,74	0,70	ns	0,43	0,46	ns
n-6	12,76	13,42	ns	13,60	12,26	ns
n-3	5,28	5,20	ns	2,33	2,35	ns
n6/n3	2,67	2,70	ns	6,40	6,63	ns

^b Significación: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05.

Tabla 13.15. Indicadores de calidad de la canal y de la carne y perfil de ácidos grasos de corderos de raza Mallorquina en función del manejo alimentario.

	Recental mediano			P ¹
	Leche	Pasto	Concentrado	
Nº corderos (n)	10	10	10	
Parámetros de calidad de la canal y de la carne				
Peso Canal Caliente	7,94a	8,03ab	8,89b	*
Rendimiento de la canal	55,56a	52,10b	47,03c	***
Longitud interna de la canal	46,68	46,07	49,54	ns
Índice de compacidad de la canal	169,77	174,56	179,30	ns
Porcentaje de músculo	53,50	55,50	56,85	ns
Porcentaje de grasa subcutánea	10,47a	9,90ab	6,86b	*
Porcentaje de grasa intramuscular	6,08	5,21	6,91	ns
Capacidad de retención de agua	14,60	13,66	16,08	ns
Pérdidas por cocinado	22,06	23,14	25,89	ns
Textura	4474	4951	5194	ns
Pigmentos hemícos	3,32	4,04	3,93	ns
Perfil de ácidos grasos				
Ácidos grasos saturados	45,73b	44,91b	50,35a	*
Ácidos grasos monoinsaturados	34,67	34,34	33,03	ns
Ácidos grasos poliinsaturados	19,60a	19,75a	16,62b	*
CLA	0,70a	0,79a	0,43b	*
n-6	13,42	13,79	13,60	ns
n-3	5,20a	4,91a	2,33b	***
n6/n3	2,70b	3,32b	6,40a	***

a,b,c Medias con diferente letra entre columnas difieren significativamente

^a Significación: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05.

Tabla 13.16. Composición química de la carne de corderos de raza Mallorquina en función del peso canal

Composición química	Lechal	Recental mediano	Recental grande	p²
Nº corderos (n)	10	30	10	
Materia Seca	24,42	24,62	24,47	ns
Cenizas	1,41b	1,57a	1,65a	ns
Grasa	1,62	1,58	1,67	ns
Proteína	20,62	20,92	20,52	ns

^a Significación: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo, P>0,05.

CAPÍTULO 14. Discusión Conjunta

CAPÍTULO 14. DISCUSIÓN CONJUNTA

Como se ha visto en el desarrollo de esta tesis doctoral (TD), los sistemas ganaderos pastorales basados en el uso de razas autóctonas tienen una gran importancia desde el punto de vista social y ambiental. Sin embargo, la falta de rentabilidad de este sector, que implica a la vez una falta de renuevo generacional, hace que estos sistemas estén en riesgo de desaparecer, por lo que es importante realizar estudios que los caractericen, pongan en valor sus beneficios ambientales y sociales y permitan plantear estrategias que mejoren su viabilidad.

A partir de los resultados obtenidos en los diferentes estudios incluidos en esta TD, se hará un análisis de los diferentes aspectos clave, pertenecientes a cada ámbito (económico, ambiental y social), para lograr una adecuada sostenibilidad. A continuación, se podrán de manifiesto las ventajas de esta ganadería pastoral en base a los resultados obtenidos y, teniendo en cuenta tanto los aspectos clave de la sostenibilidad como los beneficios que generan estos sistemas, se propondrán estrategias de mejora que permitan incrementar su viabilidad y conservación.

14.1. Análisis conjunto de los indicadores de sostenibilidad para la mejora de la misma en los sistemas ganaderos asociados a las razas Payoya y Mallorquina

Como se ha indicado en el apartado de Resultados, en el caso de la ganadería caprina de raza Payoya, las explotaciones se clasificaron en tres grupos de acuerdo a los resultados del análisis multivariante realizado: Cluster 1 (Explotaciones pastorales de baja productividad), Cluster 2 (Explotaciones más intensificadas) y Cluster 3 (Explotaciones pastorales de alta productividad). En cada uno de estos grupos se ha realizado un análisis económico, ambiental y social. En el ovino de raza Mallorquina se optó por realizar un estudio de casos.

14.1.1. Indicadores económicos

A nivel económico se ha constatado en los resultados de estos trabajos que un objetivo clave para mejorar la rentabilidad de las explotaciones es alcanzar un adecuado nivel productivo minimizando el coste de la alimentación.

Para el indicador *Diferencia entre los ingresos por venta de leche y el coste en alimentación por trabajador*, las explotaciones caprinas del Cluster 3 (Pastorales con buena productividad) consiguen la misma productividad y rentabilidad que las más intensificadas del Cluster 2, con una menor dependencia de la compra de alimentación, incrementándose así su sostenibilidad. Estos resultados demuestran que es posible alcanzar un buen nivel de productividad sin tener que aumentar en exceso el aporte de alimentación externa, siempre que se disponga de suficiente superficie pastable y se haga un buen manejo del pastoreo. En el caso del ovino mallorquín se observa cómo, a pesar de tener un alto grado de autonomía alimentaria, debido a que compran poco alimento de fuera, la baja productividad de las explotaciones hace que su rentabilidad sea baja. Estos resultados coinciden con trabajos anteriores en pequeños rumiantes donde se demuestra la importancia de la autosuficiencia alimentaria y cómo los elementos más importantes para lograr la viabilidad económica son la productividad y el manejo alimentario (Ripoll-Bosch et al., 2012; Toro-Mujica, 2011). Un adecuado manejo del pastoreo es clave para lograr disminuir los costes de producción (Hennesy & Roosen, 2003). Además, una mayor autosuficiencia alimentaria otorga una mayor resiliencia a las explotaciones, haciéndolas menos vulnerables a las posibles crisis del mercado de los cereales (Castel et al., 2012). Sin embargo, en los países mediterráneos la producción de pastos se caracteriza por presentar una marcada estacionalidad productiva, con menor productividad en verano (por las altas temperaturas y la menor o nula pluviometría) y en invierno (por las bajas temperaturas) (Cabeza de Vaca et al., 2011; de Cara-García, 2012), haciendo que las producciones sean estacionales.

Esta estacionalidad productiva es uno de los aspectos observados en estos sistemas pastorales y que afecta a la rentabilidad de explotaciones. En el caso de la industria de leche, ésta penaliza entregas altamente estacionales pues provoca picos en el suministro de leche cruda que, al ser un recurso perecedero, hace que estas empresas deban disponer de una infraestructura para su almacenamiento y conservación. Además, la estacionalidad productiva presenta periodos de bajas producciones en determinados momentos del año que van en contra del mercado, al no asegurar un

suministro estable, aunque hay que decir que esto es menos importante en el caso de la leche de cabra, ya que esta leche se utiliza mayoritariamente para la producción de queso, que se puede almacenar. No obstante, la industria lechera utiliza las fluctuaciones en el precio de la leche para instar a los productores a producir cantidades de leche similares a lo largo del año (Heinschink et al., 2016; Pirisi et al., 2007). Sin embargo, los resultados de los trabajos presentados demuestran que un buen manejo del pastoreo, ajustando la producción de los pastos a la productividad, redundan en un beneficio económico importante para los productores, pese a la diferencia en el precio de la leche entre semestres. Estos resultados concuerdan con los mostrados por Heinschink et al. (2016) en ganado vacuno lechero y con los de Gaspar et al. (2011) en ganado caprino.

En la ganadería ovina mallorquina, también se ha observado una fuerte estacionalidad productiva que es aprovechada por la industria regional para devaluar el precio del cordero cuando hay una mayor producción. A esto hay que sumar la fuerte influencia externa de los mercados líderes (Zafra, Talavera y Albacete), en los que un cambio brusco en el precio, muchas veces producido por circunstancias propias de estos mercados, se transmite de forma inmediata al resto y, además, genera respuestas muy duraderas (Boshnjaku et al., 2003). La estacionalidad productiva no sólo viene marcada por la productividad de los pastos (en el caso de estas explotaciones de Mallorca, con mayor porcentaje de pastos cultivados y, en muchos casos, mayor accesibilidad al agua), sino también por el deficiente manejo reproductivo que provoca una baja productividad y estacionalidad en el 40% de las explotaciones analizadas.

Otro de los factores clave para lograr una buena rentabilidad es el grado de profesionalidad e implicación del productor (Burnard et al., 2015). En el caso del caprino, pese a que todas las explotaciones seleccionadas para el análisis se consideran profesionales (tamaño mínimo del rebaño de 80 cabras presentes, Nahed et al., 2006) se observó cómo las explotaciones pastorales con alta productividad, son las que emplean un mayor número de trabajadores y tienen una mayor carga laboral en cuanto a animales por trabajador. En su mayoría, estas explotaciones son llevadas

por "aparceros" que tienen gran experiencia en la gestión del ganado caprino y que realizan mejoras en la gestión de los pastos y cultivos y de las instalaciones.

En el ovino mallorquín, sin embargo, existe una alta variabilidad en cuanto a modelos productivos y grado de profesionalidad. Las explotaciones más profesionalizadas son aquellas que obtienen mayores ingresos, pues realizan una buena gestión de la alimentación, del manejo reproductivo y de la comercialización de los corderos, comercializando corderos de alta calidad a través de las cooperativas, vendiendo como lechales o recentales medios aquellos corderos que con ese peso tienen una buena conformación y engordando el resto. La baja productividad anual hace que el sector se encuentre en pérdidas, lo que coincide con el trabajo realizado por el Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón (2011). En este trabajo, se concluye que el sector en esta CCAA se está adaptando al comercio internacional, cosa que no se ve factible en Mallorca dadas sus limitaciones en infraestructuras.

14.1.2. Indicadores ambientales

A nivel ambiental, en esta TD se ha trabajado sobre el indicador Huella de Carbono dada la relevancia que las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) están tomando a nivel político, previéndose en un futuro estrictas regulaciones ambientales en el sector ganadero (O'Brien et al., 2012). Muchas de las investigaciones desarrolladas hasta el momento (O'Brien et al., 2012; Ruviaro et al., 2014) afirman que las producciones intensivas tienen un menor coste ambiental al emitirse menos GEI por unidad de producto, debido a las emisiones de metano del ganado (Zervas & Tizal, 2012) que son la principal fuente de emisiones en la ganadería de rumiantes. Estos argumentos ignoran dos factores principales. Primero, las importantes emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de la producción de materia prima basada en granos para la alimentación del ganado y de la gestión del estiércol. Y, en segundo lugar, el papel potencial que desempeña el secuestro de carbono en los sistemas agrícolas basados en el pastoreo para compensar las emisiones globales de GEI (A greener world, 2016). Por otra parte, la intensificación de la ganadería no sólo se puede contemplar desde el punto de vista productivo (por ejemplo, mayor producción

de leche por animal) sino también desde el punto de vista del uso de la superficie (mayor carga ganadera por hectárea) que conduce a un mayor consumo de *inputs* por hectárea y, por tanto, a un mayor impacto ambiental por hectárea (Salou et al., 2017). Las conclusiones alcanzadas en los diferentes trabajos realizados sobre ganadería (Buratti et al., 2017; de Figueiredo et al., 2017; Pardo et al., 2016) son muy diversas debido a las diferencias en el contexto productivo y las diferencias en las metodologías empleadas. Como Bernués et al. (2017) exponen, las comparaciones directas entre los estudios son muy difíciles debido a estas diferencias metodológicas, por lo que es necesario aclarar o, incluso unificar, la unidad funcional, los límites del sistema y el método de asignación.

En los resultados obtenidos en esta TD, tomando como unidad funcional 1 Kg de leche corregido por grasa y proteína (FPMC, fat-protein corrected milk), no se hallaron diferencias significativas en el resultado final del indicador Huella de Carbono (HC) entre los tres grupos de explotaciones establecidos. No obstante, las explotaciones pastorales con alta productividad y las explotaciones más intensificadas obtienen menores emisiones por el ganado (fermentación entérica) y menores emisiones totales que las explotaciones pastorales de baja productividad. Sin embargo, en las explotaciones más intensificadas, el secuestro de carbono por estiércol, secuestro por cultivos y secuestro total es el menor de los tres grupos. Si comparamos los resultados obtenidos para el caprino usando como unidad funcional el kg de CO₂e/kg de FPCM según corriamos de acuerdo a los contenidos en grasa y proteína de leche de oveja (Pulina et al., 2005) o de acuerdo a los contenidos de leche de vaca (Robertson et al., 2015), la HC es un 41% menor usando esta segunda corrección dado el menor contenido en grasa y proteína de la leche de vaca (los valores de HC varían desde 2,36 a 1,76 kg CO₂e/kg FPCM según la corrección a leche de oveja y desde 1,40 a 1,04 kg CO₂e/kg FPCM según corrección a leche de vaca.). No se ha podido usar una corrección específica para la leche de cabra por no existir en la literatura científica, lo que indica la necesidad de desarrollarla en futuros estudios. En cualquier caso, es necesario señalar que al corregir la leche de cabra según los contenidos de grasa y proteína de la oveja estaremos sobrestimando la HC y al corregir a los contenidos de

leche de vaca estaremos subestimándola. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Pardo et al. (2016) para caprino en el Sur de España usando la corrección a leche de oveja en sistemas semi-intensivos, pero sin incluir el secuestro de carbono de los pastos, cultivos y estiércol, la HC media es de 2,6 kg CO₂ e/kg FPCM, siendo mayor que el rango alcanzado en este trabajo con la misma corrección (2,36 - 1,76 kg CO₂ e/kg FPCM) destacando la importancia que tiene el incluir el secuestro de C en los cálculos. Así, Batalla et al. (2015) analizaron la HC en explotaciones de ovino del norte de España usando el mismo factor de corrección, pero incluyendo el secuestro de C y sus resultados para explotaciones extensivas son muy similares a los encontrados en este trabajo con explotaciones pastorales (2,18 kg CO₂ e/kg FPCM).

Al analizar la HC tomando como unidad funcional la superficie (ha), ésta fue menor en los dos grupos más pastorales (Cluster 1 y 3), obteniéndose menores emisiones por *inputs* y totales. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Robertson et al. (2015) para caprino en Nueva Zelanda, encontrándose mayor HC para los sistemas pastorales cuando se emplea como unidad funcional 1 kg de FPCM, pero menor HC cuando se emplea como unidad funcional la hectárea.

Por tanto, para lograr una buena sostenibilidad ambiental desde el punto de vista de las emisiones de GEI, la productividad es importante, pero también lo es el uso del pastoreo dado su menor uso de *inputs* con coste ambiental, aprovechando recursos locales, evitando emisiones ligadas al transporte y procesamiento de los alimentos, y dada su contribución al secuestro de carbono. Por otro lado, hay que tener en cuenta que los sistemas pastorales contribuyen con una serie de servicios ecosistémicos, como la prevención de incendios, la conservación de la biodiversidad o la liberación de tierras para poder cultivar alimentos directamente utilizables en la alimentación humana (Bernués et al., 2017; Rosa García et al., 2012; Ruiz-Mirazo et al., 2011).

14.1.3. Indicadores sociales

La actividad ganadera ejerce un papel muy importante desde el punto de vista **social**, tanto a nivel socio-económico como a nivel socio-cultural, sin embargo este ámbito de la sostenibilidad está poco estudiado (Boogaard et al., 2011). La actividad ganadera

de pequeños rumiantes presenta un marcado carácter familiar, pero la ausencia de jóvenes interesados en la ganadería es un riesgo que amenaza su continuidad (Ruiz et al., 2011). Múltiples factores afectan esta falta de continuidad: las condiciones del mercado, la disponibilidad de la tierra, la aplicación de nuevas tecnologías (Buerkert & Schlecht, 2009; Pirisi et al., 2007; Ruiz et al., 2009), los relacionados con la mano de obra (carga de trabajo, grado de satisfacción de vida y laboral, horas de trabajo, disponibilidad de días libres, etc.), siendo el aspecto más importante la pérdida de rentabilidad de las explotaciones (Castel et al., 2010) que puede determinar el futuro de las explotaciones de pequeños rumiantes españolas a corto plazo. Sin embargo, en esta TD se ha comprobado cómo con un buen manejo del pastoreo es posible alcanzar una adecuada rentabilidad, lo que afectaría positivamente al relevo generacional.

Los resultados obtenidos para el caprino de raza Payoya de la Sierra de Cádiz muestran cómo la mayoría de los ganaderos deben arrendar tierras (13 de las 16 explotaciones) lo que deriva en un aumento en el coste de producción y, además, limita la posibilidad de realizar mejoras en las instalaciones al no tener asegurada una continuidad. La carga laboral se determinó a través del indicador *Nº de cabras por trabajador (UTA)*, este indicador es significativamente mayor en el grupo de explotaciones pastorales con alta productividad, debido a que la mayoría de estas explotaciones están manejadas por aparceros que deben compartir los ingresos con los propietarios del terreno, y por ello necesitan tener rebaños más grandes. Sin embargo, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente sitúa este indicador en 2011 en 271 cabras/UTA, estando los otros grupos por debajo de este número, lo que permite hacer mejoras en este aspecto.

Otro indicador de la dureza del trabajo es la adecuación de la duración de la jornada laboral a aquella establecida por el convenio colectivo, la cual sólo es inferior en las explotaciones del grupo pastoral de baja productividad. Sin embargo, los datos medios de este estudio (duración 14% superior a la del convenio colectivo, es decir, 45,6 h/semana) son inferiores a los reportados por Ruiz et al. (2011) para explotaciones pastorales de toda Andalucía (11,1 h/día, sin apenas días de descanso), lo puede ser debido a que en la Sierra de Cádiz todas las explotaciones son pastorales,

pero con pastoreo libre mediante cercado, por lo que el pastor no debe monitorizar el pastoreo.

Tanto la calidad de vida como la calidad de trabajo están bien valoradas por los ganaderos, sin diferencias significativas entre grupos, pese a que los ganaderos disponen de poco tiempo libre (0,2 días/semana y 4 días de vacaciones al año), el trabajo que desempeñan les gusta, no dependen de jefes y, la mayoría, se han criado en un ambiente familiar rural.

En el ovino de Mallorca, la situación es diferente dada la escasa profesionalidad de esta actividad que, en la mayoría de los casos, se combina con otras actividades económicas o simplemente el ganadero lo realiza como afición. Así, sólo 2 explotaciones tienen el ovino de raza autóctona como única actividad. La carga laboral media es muy baja al tratarse de ovino de carne, cuyo manejo requiere menos dedicación (0,31 UTA para 100 ovejas o, lo que es lo mismo, 322 ovejas/UTA). No obstante, esta carga se puede aumentar para mejorar la eficiencia de la producción e incrementar su rentabilidad (Pardos & Fontova, 2016). Por otro lado, la falta de remuneración de la mano de obra familiar (beneficio empresarial negativo en 2 de las 7 explotaciones) pone en riesgo la continuidad de esta actividad, sobre todo en lo que se refiere al relevo generacional. Sin embargo, la alta autonomía alimentaria que presentan estas explotaciones las dota de capacidad de resiliencia ante crisis o cambios en el mercado, lo cual es favorable (Ripoll-Bosch et al., 2012).

Como consecuencia, tanto en el caso del caprino como del ovino, se identifican como puntos clave para la consecución de una adecuada sostenibilidad social la mejora en la rentabilidad económica, la autonomía alimentaria, una adecuada carga laboral y una adecuada calidad de vida, lo que fomentaría la continuidad de la actividad y el renuevo generacional.

14.1.4. Indicadores de calidad de los productos (leche y carne)

Otro aspecto fundamental para lograr la sostenibilidad, por su relación con la rentabilidad de la explotación, es la puesta en valor de los productos obtenidos de sistemas pastorales, para lo cual el análisis de su calidad nutricional y/o funcional es

de gran importancia. En el caso de la **leche caprina de raza Payoya**, para poder establecer una relación más estrecha entre su calidad y la alimentación recibida por los animales, las explotaciones se clasificaron en tres grupos según su grado de pastoreo de acuerdo al indicador “*Porcentaje de necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo de las cabras presentes (NERG)*” (Nahed et al. 2006): alto pastoreo (HG, n = 3; NERG >55%), medio pastoreo (MG, n = 9; NERG < 55% and >25%) y bajo pastoreo (LG, n = 4; NERG < 25%).

De forma global en los dos estudios de calidad de productos realizados en esta TD, ni la producción ni la composición química de la leche ha variado según el grado de pastoreo, lo que podría indicar que los animales de los diferentes grupos han ingerido niveles similares de energía y proteína, de acuerdo con lo señalado por Moran-Fehr et al. (2007) . No obstante, en el estudio realizado a lo largo de un año completo, sí se obtiene una tendencia ($P < 0,1$) a una mayor producción en los grupos medio y bajo pastoreo, en comparación al de alto pastoreo. La producción similar entre los grupos medio y bajo pastoreo indicaría que es posible conseguir un adecuado nivel de producción de leche sin tener que incrementar mucho la suplementación de concentrados. El efecto del mes del año sí ha sido bastante significativo, obteniéndose una mayor producción y menor porcentaje de los diferentes parámetros químicos en el primer semestre del año debido a los efectos de la curva de lactación (los partos se concentran en noviembre y enero-febrero y la lactación suele finalizar para la mayoría de los animales de los rebaños hacia final de verano) y a las diferencias en la alimentación a lo largo de las estaciones del año.

Con respecto al perfil de AG, en ambos estudios apenas se han obtenido diferencias entre los grupos de explotaciones, lo que podría deberse a que todas ellas se basan en sistemas de pastoreo. No obstante, sí se han obtenido algunas diferencias destacables. Así, el contenido en AG poliinsaturados (PUFA) fue mayor conforme disminuía el grado de pastoreo, lo que podría no coincidir con los datos presentados en la revisión realizada por Morand-Fehr et al. (2007) en la que se compara distintas dietas en caprino. En esta revisión se muestra que los sistemas pastorales presentan un mayor contenido en PUFA en la leche, en comparación a sistemas más

intensificados, lo que concuerda con los resultados de otros estudios realizados en caprino (Tudisco et al., 2010;) en ovino (Valdivielso et al., 2015) o en vacuno (Butler et al., 2008; Vanbergue et al., 2016). En los resultados de la presente TD, además de que los grupos no se pueden clasificar claramente entre pastorales e intensivos, el mayor contenido en PUFA en las explotaciones de menor nivel de pastoreo también podría deberse a la mayor ingesta de concentrados de las cabras en ordeño, los cuales tenían altos contenidos en C18: 2 y PUFA, prevaleciendo todo ello sobre la influencia del mayor consumo de forraje fresco en los grupos de más pastoreo. Respecto a la variación estacional, se encontró un menor contenido en SFA y mayor contenido en AG monoinsaturados (MUFA) y PUFA en invierno y otoño lo que puede deberse a la menor relación forraje/concentrado en estos meses, como consecuencia de un mayor consumo de concentrados en esas estaciones.

En los dos estudios presentados se observa cómo al aumentar el nivel de pastoreo se obtiene un mayor contenido en AG n-3 y un menor contenido en n-6. Consecuentemente, los grupos de más pastoreo también presentan un menor índice n-6/n-3, y además más cercano al óptimo propuesto por la OMS de 2,0-2,5 (OMS, 2010), debiendo tener en cuenta que la mayoría de los productos alimenticios destinados al consumo humano tienen una relación más cercana a 5,0-10,0 (MacRae et al., 2005). El pasto contiene altos niveles de C18:3 (ácido graso linolénico) precursor de los AG n-3, mientras que el alimento concentrado es rico en C18:2 (ácido linoleico) precursor de los ácidos grasos n-6 (Díaz et al., 2002). Estos resultados coinciden con otros trabajos realizados en pequeños rumiantes y en vacuno lechero. Por un lado en estudios en los que se comparó animales cuya alimentación estuvo basada en el consumo de pastos herbáceos frente a animales en régimen de estabulación (D'Urso et al., 2008; Zervas & Tsiplakou 2011) o bien en estudios en los que se comparó una alimentación en pastoreo de zonas de montaña con predominio de la vegetación arbustiva frente a alimentación basada en raciones de concentrado y heno (Mancilla-Leytón et al., 2013a; Valdivieso et., 2015) o, en el caso del vacuno, en sistemas de bajo inputs frente a convencionales (Butler et al., 2008). El contenido en estos AG también varía de forma estacional, siendo mayor el contenido en n-3 en primavera y

presentándose una relación n-6/n-3 más óptima en otoño y primavera debido a que el pasto en estas estaciones realiza una mayor contribución a la dieta de los animales que en las otras, pasto que podría ser más tipo herbáceo que leñoso-arbustivo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Peinado-Lucena et al. (1993).

Respecto al contenido en ácido linoleico conjugado (CLA), en ambos trabajos no se hallaron diferencias significativas respecto al grado de pastoreo. Estos resultados coinciden con otros estudios (Mancilla-Leytón et al., 2013; Tsiplakou et al., 2006) en los que también se observó que la alimentación en matorrales mediterráneos no aumentó el contenido de CLA de la leche en comparación con animales estabulados. Esta falta de efecto puede deberse a que la alimentación en matorrales es rica en taninos, lo que podría influir sobre la biohidrogenación ruminal en contra de la formación del CLA (Vasta et al., 2009; 2010). El contenido en CLA es menor durante el verano debido a la mayor proporción de especies leñosas.

Respecto al contenido en vitaminas, en el primer estudio realizado sólo durante 5 meses no se encontró un efecto claramente significativo entre los grupos de pastoreo, aunque sí una interacción con los meses de estudios. Sin embargo, al ampliar el estudio a un año, se encontró un mayor contenido en α -tocoferol en los grupos de mayor nivel de pastoreo, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Butler et al., (2008) para vacuno durante la estación en la que los animales se encuentran en pastoreo. Estos resultados pueden ser debidos al mayor consumo de pasto de los animales en los grupos con más pastoreo (Valdivielso et al., 2016). También a un menor contenido en α -tocoferol en los forrajes conservados debido a que el procesamiento de los mismos (falta de luz, secado, etc.) puede resultar en la oxidación de este compuesto (Lucas et al., 2008). Además, diferentes trabajos han puesto de manifiesto que el sistema de manejo alimentario (pastoreo frente a estabulación) tiene mayor influencia en el contenido en antioxidantes de la leche que la suplementación con vitaminas en la dieta (Butler et al., 2008; Descalzo et al., 2005). Estacionalmente, el contenido en α -tocoferol fue mayor en verano y otoño, mientras que el contenido en β + γ -tocoferol fue menor en primavera. El contenido en retinol fue mayor en invierno, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Fedele et

al., (2004). En el pasto se haya un mayor contenido de estos compuestos (Sharma & Dalgleish, 1993) que, tras su ingestión por los animales, pasan primero a sangre y después a leche. Pero este contenido en pasto se ve influenciado por diferentes factores como pueden ser la diferente composición botánica a lo largo del año o la etapa fenológica del pasto (Strauss et al., 2004; Sharma y Dalgleish, 1993; Valdivielso et al., 2015), siendo necesario seguir investigando en esta variación del contenido en vitaminas de los pastos.

La capacidad antioxidante solo se vio afectada por la estación del año, siendo mayor en invierno y primavera. De acuerdo al estudio realizado por Virto et al., (2012), la capacidad antioxidante de la leche es atribuible al contenido en caseínas y otros compuestos de bajo peso molecular, lo que podría explicar estos resultados dado que su contenido porcentual es menor al inicio de la lactación (Bedoya-Mejía et al., 2012).

Como se ha podido observar, la época del año sí ha tenido una alta influencia para la mayoría de los parámetros de calidad de leche estudiados, lo que podría deberse a los efectos de la fase de lactación y de los diferentes regímenes de alimentación (en invierno y en otoño, los ganaderos incrementan el aporte de concentrados, mientras que en primavera la ingesta de forraje fresco es mayor). Así, el extracto seco quesero, que determina el rendimiento en la transformación a queso, fue mayor en el segundo semestre del año (de septiembre a diciembre). En cuanto a las vitaminas estudiadas, el contenido en retinol fue significativamente mayor en la leche de invierno, mientras la leche de otoño-verano presentó mayor contenido de α y β + γ -tocoferol. En lo que respecta a AG, la leche de primavera mostró niveles significativamente más altos de los principales AG deseables para la salud humana (PUFA totales, n-3 y CLA).

Los resultados de calidad de la canal y de la **carne de cordero mallorquín** se han analizado teniendo en cuenta dos factores. Por una parte el peso: cordero lechales (menos de 7 kg de peso canal caliente, PCC), corderos recientes medianos (7-10 kg) y corderos recientes grandes (más de 10 kg). Y, por otra, el sistema de alimentación: corderos alimentados solo con leche materna (corderos tipo “leche”); corderos que, tras alimentarse con leche materna, fueron engordados en base a pastoreo (corderos

tipo “pastoral”); y corderos que tras alimentarse con leche materna también pastorean, pero además se les suplementa con concentrados (corderos tipo “concentrado”).

Como era de esperar, los indicadores de calidad relacionados con el tamaño del animal (Peso Canal Caliente, PCC; medidas lineales) aumentan al aumentar el peso del cordero (Camacho 2015; Peña et al., 2005). Al aumentar el peso, también aumentó el porcentaje de grasa subcutánea, sin embargo, el % de músculo sólo fue significativamente menor en los corderos recientes grandes alimentados con concentrado. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Camacho et al. (2015) con razas canarias criadas bajo manejo intensivo (con aporte de concentrado), aumentando el contenido en grasa con la edad y disminuyendo el de músculo. El peso del cordero no marcó diferencias en el perfil de AG, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Camacho et al. (2015). Sin embargo, otros autores sí han hallado diferencias. Así, en la revisión realizada por Wood et al. (2008) en ovino y vacuno, se muestra que al aumentar la deposición de grasa aumenta también el contenido en AG n-6. Beriain et al (2000) también encontraron diferencias con el aumento de peso, disminuyendo el contenido en PUFA y el contenido en ácido oleico. Y Webb & Casey 1995, encontraron un aumento en algunos AG (C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 and C18:1) con el aumento del peso. Las diferencias encontradas entre los resultados de la presente TD con estos trabajos, podría ser debida a que en esta TD el rango de pesos comerciales no ha sido muy amplio y por tanto suficiente para detectar estas diferencias debidas al peso.

Respecto al sistema de alimentación, los corderos alimentados con leche poseen un mayor porcentaje de grasa subcutánea que los alimentados además con pasto o con concentrado, lo que puede ser debido a la menor actividad física de este grupo de animales, ya que permanecen cerca de las instalaciones o estabulados. Los ganaderos engordan a los corderos con concentrados para obtener una mayor producción cárnica, sin embargo, en esta TD se ha comprobado cómo el rendimiento a la canal con este sistema de alimentación es el menor. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Sitzia et al. (2011) en los que se comparan corderos IGP Sardos

alimentados con leche, pasto y concentrado, encontrándose un mayor peso canal en los alimentados con leche. Esto es debido a que las dietas ricas en energía, como los concentrados, producen un peor rendimiento a la canal (Russo et al., 1999) debido al aumento del tejido adiposo no consumible.

En lo que respecta al perfil de AG, los corderos alimentados con leche y con pasto obtuvieron un menor contenido en SFA, mayor contenido en CLA y en n-3 y una relación n-6/n-3 más óptima para la salud del consumidor. Varios trabajos (Campos et al., 2017; Díaz et al., 2005; Nuernberg et al., 2008; Spada et al., 2009) han demostrado cómo los corderos cuya alimentación está basada en el pastoreo, poseen un perfil de AG más favorable que aquellos en los que la dieta está basada en el uso de concentrados, dado el alto contenido de la hierba en C18:3 precursor de los AG n-3 (Díaz et al., 2002) y dado que el concentrado disminuye el pH del rumen, lo que hace que disminuya la presencia de bacterias responsables de la producción del CLA (Smit et al., 2010). Además, la hierba posee menos SFA, lo que también se transmite a la composición de la grasa intramuscular del animal.

14.2. Puesta en valor de los aspectos positivos y fortalezas de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas

- **Mayor autosuficiencia alimentaria.** Uno de los principales aspectos positivos de la ganadería pastoral es la autosuficiencia alimentaria del sistema. En este sentido, se ha demostrado que para lograr un nivel adecuado de rentabilidad en la granja es fundamental que los animales alcancen un buen nivel de productividad, acorde con el potencial de la raza y los recursos disponibles, sin aumentar, o incluso disminuyendo, los costes de producción, siendo el principal coste el de alimentación (Mena et al., 2017). Igualmente, se ha comprobado cómo la alimentación basada en el pastoreo y con una adecuada gestión del mismo, permite reducir los costes variables por animal y, a su vez, otorga al sistema resiliencia y capacidad de adaptación (Rodríguez-Ortega et al., 2014). Así, una menor dependencia de insumos externos reduce los posibles efectos de recursos escasos o fluctuaciones de los precios (Bernués et al., 2011), no sólo referidos al mercado de los cereales y piensos (García-Martínez et al., 2009; Mena et al., 2017), sino también, por el uso de combustibles fósiles no renovables, sobre

todo en el contexto actual de agotamiento del petróleo (maquinaria, fertilizantes, cultivos comerciales y transporte) (Benoit y Laignel, 2010; Deike et al., 2008; Opio et al., 2013). En los resultados de esta TD se ha podido comprobar cómo animales con un alto nivel de pastoreo y autosuficiencia alimentaria, son capaces de alcanzar buenos niveles de productividad, lo que repercute en mejorar sus resultados económicos.

- **Menor uso de inputs.** La actual crisis económica y energética y la mayor demanda de alimentos para una población creciente, junto con una cada vez mayor competencia por la tierra para la producción de alimentos, piensos y combustibles hacen que el futuro de la ganadería sea muy complejo. Sin embargo, como se ha comprobado en esta TD así como en otros trabajos (Bernués et al., 2011; Rivera-Ferre & López-i-Gelats, 2012), los sistemas basados en el pastoreo presentan la ventaja de caracterizarse por un bajo uso de insumos externos, con un menor consumo de energía no renovable y menores emisiones de GEI en términos absolutos.
- **No competencia con la alimentación humana.** En un contexto de mayor demanda de alimentos, con crisis alimentarias graves, otra ventaja de la ganadería pastoral es que tiene una menor competencia con la alimentación humana, al aprovechar diferentes tipos de tierras de pastos que no pueden ser destinados a la agricultura humana (incluyendo rastrojos, barbechos, montes, dehesas y espacios forestales) y subproductos y residuos de cultivos de la industria agroalimentaria. En la ganadería intensiva, sin embargo, la alimentación se basa en el consumo de granos y forrajes, muchos de los cuales pueden ser destinados al consumo humano de forma más eficiente en términos energéticos, y creando competencia por el uso global de la tierra, cuestión muy relevante especialmente en zonas en las que la disponibilidad de la tierra no es abundante (de Rancourt et al., 2006; Ruiz-Mirazo et al., 2017). En esta TD doctoral, los sistemas estudiados son sistemas pastorales de montaña, en los que el uso de la tierra tiene un uso forestal y ganadero. Así, la cabra Payoya ha sido tradicionalmente explotada en la zona del Parque Natural de la Sierra de Grazalema y Serranía de Ronda. Del mismo modo, en la oveja Mallorquina se diferencian sistemas semiextensivos, localizados en zonas de mayor planicie pero en los que los animales

pastorean durante el día, y en sistemas extensivos, localizados en la zona de la Sierra de Tramontana en los que los animales se encuentran de forma permanente en la montaña.

- **Secuestro de carbono de los pastos.** Es importante destacar el rol que los pastos tienen como reservorio de carbono (Bernués et al., 2011; Teixeira et al., 2015), desempeñando un papel clave en el mantenimiento de las existencias de carbono orgánico del suelo (Fornara et al., 2016). Así, se estima que los pastos almacenan hasta el 30% del carbono del mundo en el suelo, además de la cantidad de carbono almacenado en la propia vegetación (Rivera-Ferre & López-i-Gelats, 2012). Por tanto, como se ha evidenciado en esta TD la posibilidad de secuestro de carbono que ofrecen los sistemas pastorales, marcan una diferencia en el resultado final de huella de carbono. Por lo tanto, el fomento de los pastos pueden considerarse como una estrategia de mitigación del cambio climático, no sólo por el secuestro de carbono, sino también porque el cambio de uso de suelo (de pastos para ganado a cultivos industriales) es una de las fuentes principales de emisiones de carbono a la atmósfera (pérdida del 95% del carbono del suelo y hasta un 60% de pérdida del de superficie) (Rivera-Ferre & López-i-Gelats, 2012).

- **Otros servicios ecosistémicos.** Los sistemas pastorales, además de los puntos ya abordados, presentan otras ventajas ambientales como son la conservación de la biodiversidad, el equilibrio entre especies autóctonas e invasoras, la prevención de incendios, el mantenimiento de los paisajes, la conservación del suelo al disminuir el riesgo de erosión, la conservación de la riqueza orgánica del suelo, la menor contaminación, empleo y regulación del ciclo del agua, la purificación del aire, etc. (Herrera et al., 2016; Mena et al., 2014b; Mena & Mancilla-Leyton, 2017; Ripoll-Bosch et al., 2013; Rodríguez-Ortega et al., 2014).

- **Conservación del conocimiento tradicional.** A nivel europeo, la agricultura familiar ha sido reconocida y promovida por su importante papel social en los espacios rurales de miles de regiones (CE, 2013). Los conocimientos tradicionales, además de su valor histórico-cultural, suponen una enorme valía en el contexto de cambio global dado

que son consecuencia de siglos de adaptación dinámica al entorno, haciendo posible aumentar la capacidad de los sistemas socio-ecológicos para hacer frente a las crisis y a las perturbaciones y para mantener la recuperación a largo del tiempo (Pardo de Santayana et al., 2014). Así mismo, se reconoce la importancia de estos saberes en la conservación de la biodiversidad, siendo una referencia clave en la gestión de los territorios donde se han desarrollado y una fuente de información relevante para el diseño de políticas ambientales. Sin embargo, muchos de los conocimientos tradicionales se van perdiendo a medida que desaparecen sus depositarios y no llegan a la sociedad (Verde et al. 2008). Ante este contexto, surge la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en la que se reconoce la necesidad de conocer, conservar y fomentar los conocimientos y prácticas tradicionales de interés para la biodiversidad. En esta TD se han hecho diferentes estudios que caracterizan este manejo tradicional tanto en caprino como en ovino, sobre todo en referencia al manejo del pastoreo, contribuyendo de este modo a la preservación de dicho conocimiento tradicional.

- **Desarrollo rural.** Otra de las funciones sociales que destaca en estos sistemas pastorales es la capacidad de generar empleo, de forma directa e indirecta (Ruiz et al., 2011) y de contribuir al desarrollo y mantenimiento de los núcleos rurales (Tudisco et al., 2010), siendo muchas veces la única actividad económica posible en áreas marginales (Ripoll-Bosch et al., 2013). En esta TD se han evaluado factores que contribuye al desarrollo rural, como son la calidad de vida y de trabajo de los productores, la duración de su jornada laboral, el destino de venta de los productos e, incluso, la rentabilidad de estas explotaciones.

- **Conservación del paisaje para la sociedad:** Las explotaciones ganaderas extensivas realizan un buen cuidado del medio natural, dentro y fuera de la explotación, presentando una buena valoración por parte de la sociedad (Mena et al., 2014). Diferentes trabajos (Bernués et al., 2014; Garcia-Llorente et al. 2012) han concluido que la apreciación social del cuidado ambiental es mayor en las áreas de pastoreo, porque mantienen una riqueza de especies de plantas significativamente mayor, ofrecen un mayor valor estético y un flujo más diverso de servicios ecosistémicos.

- **Mayor valor nutricional de los productos:** Los consumidores europeos cada vez muestran mayor interés en los alimentos funcionales, pero el grado de confianza en el uso de dichos productos parece suponer el mayor límite para un uso más amplio (Fogliano & Vitaglione, 2005). Por ello es necesario realizar estudios objetivos que pongan de relevancia la capacidad funcional de los alimentos. Así, en otros países como Irlanda ya se está diferenciando la leche de vaca por estas cualidades, recibiendo incluso un mayor precio en base a dicha calidad (Heinschink et al., 2016). En cambio en pequeños rumiantes en España esta calidad funcional no se ve aún reconocida. En esta TD se ha puesto de manifiesto cómo el grado de pastoreo en pastos arbustivos mediterráneos y pastos naturales, así como las diferencias estacionales a lo largo del año, pueden influenciar la calidad funcional de los productos obtenidos (leche de cabra y carne de cordero), de modo que el pastoreo aumenta el contenido en AG deseados por su repercusión en la salud del consumidor (especialmente AG del grupo n-3 y del CLA), en vitaminas liposolubles A y E y mejora la capacidad antioxidante.

14.3. Estrategias de mejora de la sostenibilidad de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas

La elaboración de estrategias de mejora de la sostenibilidad en los sistemas pastorales estudiados se basan, por una parte, en el análisis de los puntos clave para la mejora de la sostenibilidad y, por otra, en los principales beneficios, que se han constatado en esta TD, que estos sistemas presentan para el medio ambiente y para la sociedad. Aunque las estrategias se han dividido según los ámbitos de la sostenibilidad, muchas de ellas están correlacionadas y afectan varios ámbitos simultáneamente.

14.3.1. Estrategias para la mejora de la sostenibilidad económica

- **Mejora de la gestión alimentaria.** No hay que olvidar que los sistemas pastorales son muy sensibles a las variaciones climatológicas, lo que afecta al suministro y al valor nutricional de los recursos pastorales. Así, en los resultados de esta TD se ha podido comprobar que es importante que los animales mantengan cubiertas sus necesidades energéticas para alcanzar una adecuada productividad. Por lo tanto, es fundamental planear una adecuada gestión alimentaria en función de la producción vegetal y

aportando alimentación externa cuando ésta sea necesaria. Esto implica que hay que ajustar la composición de la dieta y su contenido energético según la fase productiva, para lo cual es importante plantear una división por lotes si es factible, ya que eso implica poder separarlos también durante el pastoreo.

- **Mejoras agronómicas.** Es fundamental realizar una adecuada inversión en la mejora de los pastos naturales y de las superficies de cultivo para aumentar su productividad y valor nutritivo. Así, en aquellas explotaciones en las que la orografía del terreno lo haga posible y la carga laboral no sea excesiva, se sugiere aumentar la superficie destinada al cultivo y, en todas, que se mejoren los pastos naturales. Algunas estrategias a seguir pueden ser una mayor siembra de cultivos de varios cortes (gramíneas como la avena; leguminosas como la alfalfa, aunque en este caso debe tener acceso al riego; mezclas de ellas como veza-avena) de modo que primero se puedan pastorear y después segar para forraje (Sitzia et al. 2015); el uso de cultivos de regadío en aquellas zonas de fácil acceso al agua; la siembra de bancos de especies arbustivas forrajeras que se puedan aprovechar en los meses de menor producción de pastos (Nahed-Toral et al., 2013); la resiembra periódica de los pastos naturales con las especies más adecuadas y mejor adaptadas a la zona, asegurando la correcta fertilización del suelo y una amplia diversidad de especies forrajeras (Grande et al., 2016; Ruiz-Mirazo & Robles 2012); llegar a acuerdos con agricultores de la zona o una buena planificación en la rotación de las parcelas para aumentar la productividad de las mismas (Gutiérrez-Peña et al., 2013b). Además, se observa que en estas explotaciones apenas siembran leguminosas, las cuales son una fuente importante de proteína para los animales y, además, mejoran la fertilidad del suelo (Cifre et al., 2007; Mata et al., 2004).

- **Mejora de la gestión reproductiva: “estacionalización/desestacionalización”.** Los resultados obtenidos en esta TD muestran cómo la estacionalización de la producción de leche, con el objetivo de hacer coincidir las épocas de mayores necesidades energéticas de los animales con aquellas en las que la oferta de pastos es mayor, mejora la rentabilidad de las explotaciones (Mena et al., 2017; Ruiz et al., 2011). Por tanto, en aquellos casos en los que el pastoreo se haga principalmente en pastos

naturales, para las cabras lecheras se recomienda la concentración de las parideras en otoño, obteniéndose lactaciones más largas (ya que en el verano suelen secarse las cabras) y abaratándose el coste de alimentación. Esto no tiene tanto sentido en las granjas más intensificadas, o en aquellas que tengan posibilidades de cultivo para cosechar y conservar forraje, las cuales deberían incrementar la producción de leche en el segundo semestre del año, que es la época en la que la industria la paga un poco mejor.

En el caso del ovino de carne de raza autóctona Mallorquina, se ha observado una falta de gestión reproductiva que trae como consecuencia una baja productividad. Según Pardos & Fantova (2016), el objetivo productivo en estas ganaderías debería ser el de tres partos en dos años, con utilización cada vez mayor del flushing, efecto macho y tratamientos de desestacionalización. Sin embargo, la organización de las épocas de parto en estas ganaderías también debe ajustarse al ciclo de los pastos y cultivos que, aunque en la mayoría de los casos son más productivos y menos estacionales que los de Cádiz debido a la climatología y posibilidad de acceso al agua, también pueden escasear durante los meses más secos de verano, debiéndose evitar las parideras en estos meses.

- **Mejora genética de las razas autóctonas.** La mejora genética supone, sin duda, un beneficio para la explotación, tanto por el aumento de productividad de los animales, como por la posibilidad de obtener ingresos por la venta de animales vivos para reposición. En caprino, el aumento de la producción (litros de leche por cabra y año) y la mejora de la calidad de la leche (sobre todo, contenido en grasa y proteína) debidos a la mejora genética se consiguen, en gran medida, gracias a la herramienta que brinda el control lechero (Ruiz et al., 2011). En ovino de carne se evalúa tanto la productividad numérica (nº corderos por oveja y año) como la productividad ponderal (nº de corderos según su peso al sacrificio) y la calidad de los corderos, lo que consigue mediante la identificación individualizada y pesaje de los corderos (Pardos & Fantova 2016). La posibilidad de tener un control de la producción individualizada de cada animal, permite dar de baja a aquellos animales que tengan peores producciones y, sobre todo, que no se guarde descendencia de ellos. Además, las asociaciones de raza

ofrecen la inseminación artificial de las madres mediante catálogos de machos, testados para las características específicas que se deban mejorar en cada explotación. Pero la mejora genética que se realiza, no sólo va orientada a la productividad, sino también a las características morfológicas y fenotípicas de las razas, de modo que puedan adaptarse al terreno en el que se encuentran y, por tanto, al pastoreo.

- **Optimización de la mano de obra.** Es fundamental alcanzar un ratio adecuado entre el número de animales y el número de personas trabajando en la explotación, aumentando el censo en aquellas explotaciones en que sea posible en función de la disponibilidad de recursos alimenticios y de las instalaciones (Pardos & Fantova 2016). En los trabajos que constituyen la presente TD se ha visto cómo en dos de los tres grupos de caprino y en todas las explotaciones de ovino, esta carga ganadera por trabajador es baja. La optimización de la mano de obra está muy relacionado con el grado de profesionalización de las explotaciones, obteniendo un mejor rendimiento económico aquellas que se dedican, principalmente, a la actividad agroganadera debido a la mayor dedicación a su gestión.

- **Desarrollo de la gestión técnica y económica.** Para mejorar la rentabilidad del sector, y con ello su conservación, es fundamental una adecuada gestión técnica y económica de la explotación que facilite la toma de decisiones (Mena et al., 2011). En los trabajos presentados en esta TD se ha comprobado que los factores que intervienen en la viabilidad de una explotación son múltiples, como manejo alimentario, manejo reproductivo, productividad, optimización de la mano de obra, gestión del pastoreo, etc. Éstos, a su vez, se encuentran interrelacionados entre sí, por ejemplo, para lograr una adecuada productividad es fundamental un buen manejo alimentario, pero también una buena organización reproductiva. Por ello, se hace necesario el uso de indicadores que faciliten la visión global del sistema y, a partir del análisis conjunto de los resultados, se podrán buscar estrategias que establezcan alternativas para la mejora económica. A su vez, esto requiere apostar por la formación del ganadero y el asesoramiento directo (Gutiérrez-Peña et., 2013a).

14.3.2. Estrategias para la mejora de la sostenibilidad ambiental

- **Fomento del secuestro de carbono de los pastos.** Se ha visto la importancia que tiene el secuestro de carbono de los pastos como posible estrategia de mitigación ante el cambio climático. Sin embargo, es importante tener en cuenta qué prácticas son las más adecuadas para aumentar este secuestro y, por lo tanto, reducir la huella de carbono. En este sentido, se pueden tomar medidas concretas como son el manejo rotacional del ganado o el uso de carga ganadera y tiempo de pastoreo apropiados para cada contexto específico, en función de la textura del suelo, de las precipitaciones o del tipo de pasto (McSherry & Ritchie 2013; Mena y Mancilla-Leytón 2017b; Stanley et al., 2018; Wang et al., 2015).

- **Análisis global de los efectos ambientales de la ganadería.** La HC es un indicador interesante para obtener información sobre las emisiones de Gases efecto invernadero (GEI) de un determinado producto. Sin embargo, este indicador debe tomar un enfoque holístico que tenga en cuenta las especificidades de los recursos utilizados (por ejemplo, el empleo de tierras marginales y de subproductos no utilizables para la alimentación humana, el secuestro de carbono o la liberación de carbono por los cambios del uso de la tierra, Rivera-Ferre & López-i-Gelats, 2012). Además, este indicador normalmente se expresa en función de la producción de leche o carne, lo que puede ser importante si queremos realizar un análisis con un enfoque productivista. Pero, de cara a plantear estrategias para mitigar el efecto invernadero a nivel global, es necesario contemplar medidas absolutas o utilizar como referencia otros parámetros, como por ejemplo la superficie. De lo contrario, medidas como aumentar la productividad por animal (mediante el uso de razas más productivas, pero que consumen más alimentos externos, o mediante la intensificación del modelo productivo), pueden ser vistas como estrategias de mitigación, al disminuir las emisiones por unidad de producto, pero no se pondrían de manifiesto las consecuencias ambientales negativas que ello conlleva (Rivera-Ferre et al., 2016).

La HC es un indicador importante de cara a analizar la sostenibilidad ambiental de las explotaciones, pero los efectos ambientales de las actividades antropogénicas deben evaluarse en función de otros factores igualmente importantes como son la

eutrofización del agua, el uso excesivo de la misma, la erosión, desertificación y contaminación del suelo, el agotamiento de las energías no renovables, la pérdida de biodiversidad, etc. Por ello, junto al indicador HC deben emplearse otros que den una visión conjunta del proceso, como son los análisis energéticos (Pérez-Neira et al., 2013), la huella ecológica (Thomassen y de Voer, 2005), la huella hídrica (Chapagain y Orr, 2009) o los indicadores de biodiversidad (Mena et al, 2014a).

- **Fomento y remuneración de los servicios ecosistémicos.** En los resultados de esta TD se ha comprobado cómo los sistemas pastorales de razas autóctonas generan beneficios ambientales, como una adecuada carga ganadera que asegure el mantenimiento de los ecosistemas, a la vez que disminuye el exceso de matorralización y, por tanto, el riesgo de incendios, un menor uso de energías no renovables y de inputs con alto impacto ambiental o una menor HC en términos absolutos o por unidad de superficie. Por lo que es necesario el desarrollo de estrategias políticas y sociales que la fomenten. En Europa, el debate actual subraya la necesidad de tener en cuenta indicadores agroambientales fiables para cuantificar los impactos de la práctica agroganadera, evaluar de forma objetiva los servicios ecosistémicos y enfocar la Política Agrícola Común (PAC) hacia la promoción de aquellas prácticas ambientalmente más sostenibles (Ripoll-Bosch et al., 2013; CE, 2011). La cuantificación de su contribución medioambiental constituye un paso imprescindible para la valoración y consiguiente remuneración de estos servicios, mejorando la viabilidad económica de las explotaciones (Mena et al., 2017). Sin embargo, esta cuantificación es compleja, requiere cambiar de un enfoque biofísico y económico a uno multidisciplinar y que sea aplicable a nivel regional, o incluso a nivel de explotación, permitiendo monitorizar la evolución del proceso (Bernués et al., 2014; Rodríguez-Ortega et al., 2014).

14.3.3. Estrategias para la mejora de la sostenibilidad social

- **Mejora de la rentabilidad.** La principal causa de abandono de la actividad y de falta de renuevo generacional viene determinada por la falta de rentabilidad de la explotación ganadera (Ruiz et al., 2010). Mejorar la rentabilidad es básica para tener un salario justo. En los resultados de esta TD se observa cómo en caprino el indicador “*Diferencia*

entre ingresos por leche y gasto de alimentación “es de 12.659 € al año por trabajador, a lo que hay que sumar el resto de gastos, pues el ingreso por venta de leche es casi el único ingreso de la explotación, además de las subvenciones. En todo caso, los ingresos no llegan a cubrir el salario marcado por el convenio colectivo. En el ovino el beneficio empresarial medio, el sueldo real del trabajador/es, es negativo (30 €/ año por oveja). Para lograr mejorar esta rentabilidad, y así poder lograr la conservación de los sistemas pastorales, la estrategia básica es aumentar los ingresos y disminuir los costes, lo que podría lograrse con las demás estrategias que aquí se proponen.

- **Acceso a la tierra.** Uno de los factores sociales que compromete la continuidad de estas explotaciones es la falta de acceso a la tierra destinada al pastoreo, ya sea porque no hay tierra disponible o porque la pequeña cantidad de tierra que queda disponible es muy cara. Así, en los resultados de esta TD se ha visto cómo en muchas de las explotaciones el segundo coste mayor, después del de compra de alimentos, es el de arrendamiento de la tierra.

En Andalucía, esta dificultad para acceder a tierra se relaciona con la estructura oligopólica de la tenencia de la tierra, donde el 50% de las tierras de cultivo está en manos del 2% de los terratenientes (Educación para la Acción Crítica, 2013). En Mallorca, sin embargo, el factor más limitante es la fuerte competencia del turismo por el uso de la misma (Pons, 2016). En ambos casos, la posibilidad de usar pastos comunales a bajo coste no es una práctica común. Además, muchas de las zonas de monte utilizadas por la ganadería, actualmente están bajo alguna figura de protección ambiental (Parque Nacional, Parque Natural o Reserva de la Biosfera), en la que ésta no ha sido considerada como parte integradora del ecosistema.

Dada la importancia de conservar el pastoreo en las zonas de montaña, se deben tomar medidas gubernamentales para facilitar el acceso a la tierra por los pastores. Algunos ejemplos de medidas que ayudarían a resolver esta problemática son, por ejemplo, mejorar el acceso a tierras públicas mediante la reducción del precio de la renta de la tierra y aumentando la cantidad de años del arrendamiento, establecer medidas encaminadas a frenar la especulación con la tierra de uso agrícola (sirva como

ejemplo la legislación existente en países europeos vecinos en los que la venta o arrendamiento de tierras agrícolas solo se puede realizar cuando se demuestra un uso agrario y se ponen límites al precio máximo de la transacción), proporcionar incentivos financieros a proyectos de desarrollo cooperativo entre agricultores y ganaderos o el establecimiento de un banco de tierras de uso público ligado a prácticas sostenibles (Mena et al., 2014).

- **Nuevas tecnologías.** Gracias a la aplicación de estas tecnologías, la dureza y duración del trabajo ganadero puede disminuir, contribuyéndose así a su garantizar continuidad y el relevo generacional. Además de los novedosos sistemas de ordeño o de tipificación de los corderos, existen tecnologías especialmente orientadas a los sistemas pastorales, pero que actualmente son poco o nada utilizadas en las razas autóctonas estudiados, como son los vallados, sistemas eléctricos, el seguimiento mediante GPS para el control de los animales en pastoreo o el uso de sensores para el control de su comportamiento alimentario (Decandia et al., 2017; Salas-González et al., 2013).

Otra innovación de gran utilidad en la mejora de la sostenibilidad es el empleo de programas informáticos de apoyo a la gestión, que facilite a técnicos y ganaderos la recogida de datos, el análisis técnico-económico y ambiental de los mismos y la toma de decisiones. En el sector caprino ya existen herramientas que permiten la toma directa de información en campo y proporcionan indicadores e informes en tiempo real, un seguimiento de datos históricos y la posibilidad de realizar escenarios de simulación (Fernández-Álvarez, 2017; Mena et al., 2014; Mena y Mancilla-Leytón 2017b).

Existen una serie de obstáculos a abordar para que la innovación llegue a instaurarse en las explotaciones agrícolas familiares, como son la falta de acceso a dichas tecnologías, el intercambio deficiente de resultados entre investigadores y técnicos y ganaderos y, en algunas ocasiones, la falta de respuesta a los problemas reales planteados por el sector. Por tanto, es necesario que los técnicos y ganaderos formen parte de las investigaciones en innovación tecnológica (Rodríguez-Ortega et al., 2014)

y que se difundan y fomenten las nuevas tecnologías por organismos públicos, no dependiendo sólo de las empresas privadas.

- **Asociacionismo.** Hay que avanzar en la organización del trabajo de modo conjunto (cooperativas, asociaciones) para lograr mejorar la calidad de trabajo de los productores, así como su rentabilidad. La pertenencia a una cooperativa es vista por muchos ganaderos como una estrategia frente a la crisis actual dado que, a través de la realización conjunta de la compra de insumos y de la venta de los productos, se consiguen precios más competitivos (Ruiz et al., 2011), pero además se consigue una mejor organización de la producción para garantizar un suministro regular de los productores y para llegar a un mayor número de consumidores. Así, en esta TD se ha visto cómo los productores de cordero que alcanzan un mejor precio en el mercado, y una mejor rentabilidad, son aquellos que comercializan a través de Cooperativas. En el caso del caprino de la Sierra de Cádiz, todos los ganaderos pertenecen a la misma cooperativa. Para incentivar el asociacionismo se proponen desarrollar medidas, como un mayor apoyo económico por parte de la Administración a través de convocatorias específicas para proyectos dirigidos a este tipo de actuaciones asociativas o el establecimiento de la figura de dinamizador comercial que permita conectar los distintos agentes (productores, transformadores, distribuidores, establecimientos comerciales, cooperativas y asociaciones, grupos de consumo, etc.) dentro de una misma zona geográfica (Mena et al., 2014a).

- **Transformación y comercialización directa.** Existe una gran dificultad en el sector ganadero para poder cerrar el ciclo de producción y conseguir así que el valor añadido que supone la venta directa al consumidor quede dentro de la explotación. Algunos de los problemas para lograrlo son la alta inversión que ello supone, la restrictiva legislación en materia sanitaria, las trabas administrativas a la hora de instalar una empresa agroalimentaria a pequeña escala, la falta de iniciativa empresarial del sector o la pérdida de liquidez que, en muchos casos, la estructura de la explotación no puede asumir (Bernués et al., 2011; Ruiz et al., 2011). Es importante adoptar medidas que faciliten esta estrategia, sobre todo a través de cambios en la Administración, como por ejemplo, cambios en la legislación referentes a la venta directa o el paquete

higiénico-sanitario (sirva de ejemplo la Orden de 29 de mayo de 2013 para queserías artesanas en Andalucía); un mayor apoyo institucional a proyectos de este tipo; apostar por la compra pública de alimentos producidos bajo sistemas sostenibles; o fomentar el asociacionismo dirigido a estos fines. El desarrollo de canales cortos de comercialización es un camino interesante ya que supone la puesta en contacto directa entre el productor y el consumidor, de forma que el productor pueda recibir la opinión del consumidor y el consumidor conozca su sistema productivo, mejorándose la visión social de la figura del pastor (Bernués et al., 2011). La cooperación con el pequeño comercio local también es estratégica para el fortalecimiento de estos sistemas (López et al., 2018) dado que implican cercanía con una menor inversión logística.

- **Diversificación de la actividad.** En las explotaciones extensivas es muy conveniente diversificar las fuentes de ingresos, no solo utilizando diferentes especies ganaderas, sino también incorporando otras actividades económicas. La diversificación permite que los sistemas agrícolas sean menos sensibles a las fluctuaciones de precio de los insumos y precios de venta de los productos generados (Ryschawy et al., 2013), distribuye los riesgos, actúa como amortiguador de condiciones socioeconómicas y físicas inciertas e impredecibles y aumenta la flexibilidad del sistema (Kopke et al., 2008). En las áreas de estudio la afluencia de turismo es alta, sobre todo en Mallorca, por lo que apostar por un turismo con interés en el medio ambiente es fundamental para lograr la conservación de estos ecosistemas. Esta actividad turística es una oportunidad para mejorar la comercialización de los productos pero, además, se pueden realizar actividades turísticas complementarias que supongan una fuente añadida de ingresos, como pueden ser la realización de talleres de elaboración de queso o el recibir visitantes para que conozcan el medio rural y la ganadería tradicional. Aunque, la instauración de estas actividades dependerá del coste de oportunidad de la mano de obra familiar, de las posibilidades de armonizar las actividades dentro y fuera de la finca y de los objetivos y aspiraciones particulares del agricultor y otros miembros de la familia (Bernués et al., 2011).

- **Formación.** Es preciso instaurar la formación en el sector agroganadero, tanto para incrementar su rentabilidad como para mejorar la calidad de vida y de trabajo del productor (Mena et al., 2014a). En el caso de la ganadería pastoral es necesaria una formación específica ante los puntos clave que se han puesto de manifiesto en el desarrollo de esta TD como son: mejora de pastos naturales y técnicas agronómicas para pastos cultivados y forrajes (por ejemplo, implantación de leguminosas, resiembra de las praderas naturales, reintroducción de antiguas variedades de cultivos o establecimiento de bancos arbustivos en las fincas), mejoras del manejo reproductivo en extensivo (organización de parideras, efecto macho, flushing), optimización de la rotación de parcelas (adecuar la duración y la carga ganadera a la productividad de los pastos), racionamiento de la alimentación (establecer lotes de acuerdo a la fase productiva y ajustar la dieta, pastoreo y suplementación en pesebre, a las necesidades alimenticias de los animales), mejora genética (selección de progenitores, control lechero, pesaje de los corderos), innovaciones tecnológicas (programas de gestión informatizados o herramientas digitales de apoyo al pastoreo) o mejora de la comercialización (elaboración de quesos, marketing, normativas sanitarias, etiquetado de los productos, etc.).

Una metodología interesante para la realización de esta formación es el desarrollo de redes de aprendizaje de productor a productor, de modo que en la innovación se consideren también los conocimientos tradicionales (CE, 2013). Esta formación, además, debe llegar a los técnicos que trabajan con los productores para un mejor asesoramiento (veterinarios, agrónomos, miembros de la administración, etc.). También es muy importante que los jóvenes que quieran acceder a la actividad puedan adquirir una formación completa y práctica, por ejemplo, extendiendo las Escuelas de Pastores a todo el ámbito nacional.

- **Difundir y fomentar la mayor calidad de los productos obtenidos del pastoreo y los beneficios ambientales de estos sistemas.** El tipo de alimentación de los animales, el origen de la producción, la seguridad alimentaria, la calidad para la salud humana, el bienestar animal y un modelo de producción que sea más respetuoso con el medio ambiente son cada vez más relevantes en el proceso de evaluación de la calidad de

los alimentos por parte del consumidor (Bernués et al., 2003). En esta TD se ha puesto de manifiesto cómo un mayor grado de pastoreo puede aumentar la calidad funcional de los alimentos (perfil de AG, capacidad antioxidante y contenido en vitaminas) y como estos sistemas generan una serie de servicios ecosistémicos relevantes para la sociedad (Bernués et al., 2011; Mena et al., 2016). Para aumentar el valor de estos productos es preciso concienciar al consumidor respecto a estos beneficios, desarrollando estudios multidisciplinares que den información fiable a los productores para la promoción de sus productos, por ejemplo, mostrando sus beneficios en los mismos productos (etiquetados con la descripción o folletos explicativos). Así mismo, la Administración debería implicarse más en la divulgación de las ventajas de estos sistemas, por ejemplo, mediante campañas informativas en medios de comunicación, estableciendo acuerdos con agrupaciones de consumidores y grupos de consumo, introduciendo contenidos específicos en cursos de formación o promoviendo campañas específicas dirigidas a productores y comercializadores (Mena et al., 2014). Además, los parámetros de calidad funcional estudiados varían de forma estacional, resultados que coinciden con los obtenidos por Valdivielso et al., (2015). Esta información puede ser aprovechada para seleccionar la leche de una determinada época del año por su calidad nutricional, por ejemplo, la leche de primavera o de otoño por su mayor contenido en CLA y n-3 y mejor relación n6:n3.

- **Marcas de calidad.** El adscribirse a alguna marca de calidad puede ser otra estrategia para valorizar estos productos. Así, a nivel europeo existen la Denominación de Origen Protegida y la Indicación Geográfica Protegida para productos de un territorio concreto, la Producción Ecológica u Orgánica y la de Producto de Montaña. Para el caso español, se ha promovido por parte del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación la certificación de los productos obtenidos de razas autóctonas a través del logotipo “Raza autóctona 100%” (Real Decreto 505/2013) y a nivel andaluz la marca de producto agroalimentario artesano (Decreto 352/2011) y la de quesos artesanos de granja (Orden de 29 de mayo de 2013). Además, se podrían promover nuevas marcas de calidad que pongan en valor los

servicios ecosistémicos de esta ganadería, a través de indicadores agroambientales como la biodiversidad, la huella de carbono o el uso del agua.

En algunos países europeos para productos lácteos de vaca, muy probablemente debido a su gran volumen e importancia económica, la industria paga a los ganaderos un precio más alto por la leche que se produce en condiciones de pastoreo (Capuano et al., 2014). Sin embargo, en el sector de los pequeños rumiantes y en particular en España, los pagos de incentivo por leche y carne manejados bajo sistemas pastorales todavía no existen. A pesar de ello, se están consiguiendo avances para diferenciar estos productos en el mercado de forma oficial. En Galicia ha surgido la primera marca de leche de pasto certificada (LARSA, avalada con certificado SGS,), así como diferentes entidades y redes de ganaderos que tratan de promover la mayor calidad de sus productos de pastoreo como la Asociación DeYerba que reúne pastores de toda la geografía española dando a conocer estas explotaciones y vendiendo, a través de internet o de forma directa, leche y carne de vacuno, ovino y caprino de pasto, la Asociación Interprofesional Inteovic que promueve la venta de carne de cordero y cabrito de pasto o el Grupo Cooperativo Pastores que organiza a productores de corderos alimentados en pastoreo. El objetivo es poder lograr una marca única avalada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación que certifique la carne y leche de pastoreo a través de la inspección, verificación y certificación de que los animales pasan un tiempo anual a definir en el pasto y que un porcentaje determinado de su alimentación procede directamente del pastoreo. Otro modo de certificación sería a través de su trazabilidad de acuerdo al perfil de ácidos grasos y contenido en vitaminas de los productos, pues se han demostrado diferencias entre animales en pastoreo y estabulados (Lucas et al., 2008; Tudisco et al., 2010) y, en esta TD, también entre animales pastorales con diferente régimen de alimentación a lo largo del año.

CAPÍTULO 15. Conclusiones

CAPÍTULO 15. CONCLUSIONES

- Conclusiones sobre la ganadería caprina de raza Payoya.

1. El manejo tradicional de los sistemas caprinos pastorales muestra una óptima adaptación de las necesidades nutritivas del rebaño a la oferta alimentaria del pasto, minimizando así los costes de producción.
2. Para mejorar su gestión alimentaria y reproductiva, en las explotaciones que hacen un mayor uso del pastoreo se recomienda optimizar el mismo, mientras que en aquellas con una base territorial pequeña se recomienda aumentar la productividad lechera y distribuir la producción de manera uniforme a lo largo del año.
3. Aunque no se hallaron grandes diferencias en la calidad de la leche respecto al grado de pastoreo, sí se comprobó que un mayor grado de pastoreo se traduce en un aumento de la calidad funcional debido a cambios favorables en los niveles de algunos ácidos grasos beneficiosos para la salud humana (menor contenido de PUFA, mayor contenido de algunos AG n-3 y menor de AG n-6 totales, relación más óptima n-6/n-3) y de α tocoferol (isómero mayoritario de la vitamina E).
4. Se encontraron diferencias importantes al comparar las diferentes estaciones del año: la leche en invierno mostró niveles más altos de vitamina A, la de primavera niveles más altos de ácidos grasos saludables beneficiosos para la salud humana (PUFA, n-3 y CLA) y la leche de verano y otoño niveles más altos de α tocoferol.
5. De acuerdo al análisis discriminante, las diferentes muestras de leche se pueden discriminar según la estación del año, lo que podría ser aprovechado por el sector como herramienta de trazabilidad y para diferenciar el producto en el mercado.
6. Los factores que permiten diferenciar las explotaciones, en base al análisis multivariante realizado, están relacionados con el manejo alimentario y la dimensión de la explotación, así como con la producción lechera de las cabras. Este análisis ha dado lugar a tres tipologías de explotaciones bien diferenciadas: pastorales de baja productividad, pastorales más intensificadas y pastorales de alta productividad.

7. La optimización del uso del pastoreo conlleva una reducción de la dependencia de insumos externos y de los costes de producción, lo que permite que la explotación alcance una buena productividad y rentabilidad.
 8. Pese a la larga duración de la jornada laboral, la falta de relevo generacional o la necesidad de arrendar tierras, los ganaderos se encuentran satisfechos con su calidad de vida y trabajo.
 9. Para reducir la huella de carbono (HC) de las explotaciones caprinas pastorales es importante alcanzar un adecuado nivel de productividad lechera y reducir el uso de insumos externos, sobre todo de alimentos concentrados, optimizando el uso de las superficies de pastoreo. Este indicador debe ser analizado teniendo en cuenta, además de la productividad, otras unidades funcionales como la hectárea de superficie utilizada. Para obtener un valor más real de la HC en sistemas pastorales es necesario incluir el secuestro de carbono que realizan los pastos.
- **Conclusiones sobre la ganadería ovina de raza Mallorquina.**
10. Las explotaciones ovinas de raza Mallorquina están poco especializadas y son muy heterogéneas entre sí, presentando grandes diferencias en el manejo alimentario y en la comercialización. Aunque la autosuficiencia alimentaria de estas explotaciones es alta, la rentabilidad es escasa debido a múltiples factores, entre los que destaca la falta de gestión técnica y económica. La falta de remuneración de la mano de obra familiar pone en peligro la continuidad de estas explotaciones.
 11. Los corderos de raza Mallorquina presentan buenos valores de calidad de la canal y calidad nutricional, sin encontrarse grandes diferencias entre los pesos comerciales. En cambio, sí se han encontrado mayores diferencias debidas al manejo alimentario, obteniéndose un perfil lipídico más favorable (menor contenido en PUFA y mayor en SFA, mayor contenido en CLA y AG n-3 y relación más óptima n-6/n-3) en los corderos de sistemas pastorales sin aporte de concentrado (leche y pasto), siendo este el manejo tradicional de la Isla.

- **Estrategias de mejora de la sostenibilidad de la ganadería pastoral de pequeños rumiantes de razas autóctonas.**

12. Se han puesto de manifiesto una serie de aspectos positivos y fortalezas de los sistemas pastorales que deben destacarse para su puesta en valor y conservación:

- Respecto al manejo alimentario, se observa una cierta autosuficiencia alimentaria, con un menor uso de *inputs* externos y un uso de recursos alimentarios sin competencia con la alimentación humana.
- A nivel ambiental hay que destacar el secuestro de carbono de los pastos, así como otros servicios ecosistémicos como los relacionados con la biodiversidad, el uso de los recursos naturales o la prevención de incendios.
- A nivel social hay que destacar la conservación del conocimiento tradicional, la promoción del desarrollo rural, la conservación del paisaje para la sociedad y el mayor valor nutricional de los productos.

13. Teniendo en cuenta tanto los aspectos clave de la sostenibilidad como los beneficios que generan estos sistemas, se proponen una serie de estrategias de mejora que permitan incrementar su viabilidad y conservación. Estas estrategias están orientadas a mantener un adecuado nivel de autosuficiencia alimentaria, a mejorar la rentabilidad de las explotaciones y a fomentar y valorizar los servicios ecosistémicos de este tipo de ganadería.

14. A modo de conclusión final, destacar que estos sistemas pastorales de pequeños rumiantes son importantes para la conservación de los espacios naturales y de la población rural, siendo necesario para su mantenimiento seguir investigando en los beneficios sociales y ambientales que proporcionan, estableciendo proyectos multidisciplinarios que analicen la sostenibilidad en todos sus ámbitos, así como promover una política en apoyo a su mejora y conservación, basada en información real y objetiva que pueda ser monitorizada para incentivar aquellas prácticas agrícolas y ganaderas más sostenibles.

CONCLUSIONS

- Conclusions about Payoya goat farms.

1. The traditional management of the rangeland goat systems shows an optimal adaptation of the nutritional requirements of the animals to the seasonality of pasture production, thus, decreasing production costs.
2. In those farms that make greater use of grazing, the use of grazing must be optimized in order to improve feeding and reproductive management. In those farms with a small territorial base, milk productivity must be increased and production must be distributed evenly throughout the year.
3. Although no large differences were found in milk quality according to grazing level, higher grazing level was found to improve functional quality due to favourable variations in the levels of some desirable healthy FA (lower PUFA content, higher content of some n-3 FA and lower n-6 total, most optimal ratio n-6/n-3) and α -tocopherol (major isomer of vitamin E).
4. Important differences were observed in the milk fat composition according to season: winter milk showed significantly higher levels of retinol, spring milk showed significantly higher levels of some desirable healthy FA (mainly total PUFA, n-3 and CLA), and summer and autumn milk showed significantly higher levels of α tocopherol.
5. From the results of discriminant analysis, the different milk samples can be discriminated according to the season, which could be used by the sector as a traceability tool and to distinguish the product in the market.
6. The factors that allow differentiating farms, according to the multivariate analysis carried out, are related to feeding management and farm size, as well as to the dairy production of goats. This analysis has organized farms into three groups: low productivity grazing farms, intensified farms and high productivity grazing farms.
7. The optimization of grazing resources entails a reduction of the dependence on external inputs and production costs, which allows farms to achieve a satisfactory level of productivity and profitability.

8. Despite the long working day, the lack of generational replacement or the need to rent land, farmers are satisfied with their quality of life and work.
9. To reduce carbon footprint (CF) in dairy goat grazing farms, it is important to reach an adequate level of milk production and minimize the use of external inputs, especially concentrates, optimizing the use of grazing areas. Even so, the CF indicator should be studied in a broader context, and other functional units, such as hectares used, should be considered. The contribution of pastoral systems to soil carbon sequestration should also be considered.

- **Conclusions about Mallorquina sheep farms.**

10. Mallorquina sheep farms are not very specialized and are very heterogeneous with respect to each other; they show great differences in feeding management and marketing. Although the feeding self-sufficiency is high, profitability is low due to multiple factors, including lack of technical-economic management. The lack of remuneration for family work jeopardizes the continuity of these farms.
11. Mallorquina lambs show good carcass quality and nutritional quality. No large differences were found between commercial weights. However, differences due to feeding management were found, obtaining a more favourable lipid profile (lower content in PUFA and higher in SFA, higher content in CLA and n-3 FA and more optimal ratio n-6/n-3) in lambs of pastoral systems without concentrate supply (milk and pasture). This grazing management represents the traditional production systems that are commonly adopted by the Island's shepherds.

- **Strategies to improve the sustainability of small ruminant grazing systems of autochthonous breeds.**

12. Some positive aspects and strengths of the pastoral systems have been highlighted in order to valorise and conserve them:
 - Regarding feeding management, there is a great feeding self-sufficiency, with little use of external inputs and a use of feeding resources which does not compete with human nutrition.

- At the environmental level, the soil carbon sequestration of pastures must be highlighted, as well as other ecosystem services such as those related to biodiversity, the use of natural resources or the fire prevention.
- At a social level, we must highlight the conservation of traditional knowledge, the promotion of rural development, the conservation of landscape for society and the higher nutritional quality of the obtained products.

13. Taking into account both key aspects of sustainability and benefits of these systems, a series of strategies are proposed to improve their viability and conservation. These strategies are aimed at maintaining an adequate level of feeding self-sufficiency, improving farm profitability, and promoting and valuing the ecosystem services of this type of livestock.

14. As a final conclusion, these small ruminant grazing systems are very important to preserve natural ecosystems and rural society and, to their conservation, it is necessary to conduct further research to identify their social and environmental benefits with multidisciplinary projects that analyse sustainability in all areas. As well as it is necessary to promote a policy in support of their improvement and conservation, based on real and objective information that can be monitored, in order to encourage more sustainable agricultural and livestock practices.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Greener World, 2016. A Breath of Fresh Air: The truth about pasture-based livestock production and environmental. Ed.: A Greener World. Disponible en: www.agreenerworld.org
- Abbona, E., Sarandón, S. J., Marasas, M. E., Astier, M. 2007. Ecological Sustainability Evaluation of Traditional Management in Different Vineyard Systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119 (3-4): 335-345.
- Action, E. C. 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *British journal of nutrition*, 81(1): 1-27.
- Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G., 2005. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Journal of Dairy Science*, 88: 3443–3454.
- Agabriel, C., Cornu, A., Journal, C., Sibra, C., Grolier, P., Martin, B. 2007. Tanker milk variability according to farm feeding practices: Vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *Journal of dairy science*, 90(10): 4884-4896.
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). 2011. Guide des valeurs Dia'terre, Version 1. Ed: ADAME. Paris, Francia.
- Agencia Estatal de Meteorología. Gobierno de España (AEMET). 2011. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/>
- Agri Benchmark, 2008. Beef Report 2008. Disponible en: www.agribenchmark.org
- Albertí, P., Ripoll, G., Casasús, I., Blanco, M., Chapullé, J. L. G., Santamaría, J. 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros. *ITEA-Informacion Tecnica Economica Agraria*, 101: 91-100.
- Alcalde M.J. y Peña F.P. 2010. Conceptos básicos sobre la canal. En: Horcada, A. La producción de carne en Andalucía. Ed.: Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España.
- Aldai, N., Osoro, K., Barron, L.J.R., Nájera A.I. 2006. Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids and long-chain

- polyunsaturated fatty acids. Application to the intramuscular fat of beef meat. *Journal of Chromatography A*, 1110: 133-139.
- Álvarez, S., Fresno, M., Méendez, P., Castro, N., Fernández, J.R., Sanz Sampelayo, M.R., 2007. Alternatives for improving physical, chemical, and sensory characteristics of goat cheeses: the use of arid-land forages in the diet. *Journal of Dairy Science*, 90: 2181-2188.
- Álvarez, R., Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., Alcalde, M. J. 2014. Effect of pasture and concentrate diets on concentrations of carotenoids, vitamin A and vitamin E in plasma and adipose tissue of lambs. *Journal of Food Composition and Analysis*, 36(1-2): 59-65.
- Andersson, A., Sjödin, A., Hedman, A.N.U., Olsson, R., Vessby, B. 2000. Fatty acid profile of skeletal muscle phospholipids in trained and untrained young men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 279: E744–E751.
- Antunac, N., Samarsija, D., Havranek, J. L., Pavic, V., & Mioc, B. (2001). Effects of stage and number of lactation on the chemical composition of goat milk. *Czech Journal of Animal Science*, 46(12), 548-553.
- Appleby, M.C. 2005. Sustainable agriculture is humane, humane agriculture is sustainable. In: *Journal of Agricultural & Environmental Ethics*, 18: 293-303.
- Arandia, A., Intxaurrendieta, J.M., del Hierro, O., Nafarrate, L., Icaran, C., López, E., Pinto, M., Mangado, J.M. 2009. Desarrollo de una herramienta para el diagnostico de la sostenibilidad economica, ambiental y social en sistemas agroganaderos. Aplicación en vacuno de leche. En: Reiné, R., Barrantes, O., Broca, A., Ferrer, C. La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas. Ed.: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Madrid, España.
- Argüello, A., Castro, N., Capote, J., Solomon, M. 2005. Effects of diet and live weight at slaughter on kid meat quality. *Meat Science*, 70(1): 173-179.
- Arsenault, N., Tyedmers, P., Fredeen, A. 2009. Comparing the environmental impacts of pasture-based and confinement-based dairy systems in Nova Scotia (Canada) using life cycle assessment. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1): 19-41.

- Asheim, L.J., Myrsetrud, A., Hegrenes, A. Assessing costs of reaching sustainable grazing levels for sheep in Alpine habitats. *Options Méditerranéennes A*, 91:157-162.
- Asociación de criadores de raza Caprina Payoya (ACAPA). 2015. Disponible en: <http://www.payoya.com/>
- Asociación de Pastores por el Monte Mediterráneo y Foro Europeo para la Conservación de la Naturaleza y el Pastoralismo (APPM y EFNCP). 2013. *Ganadería Extensiva y PAC en Andalucía: un análisis con propuestas para el futuro*. Ed.: APPMM y EFNCP. Disponible en: <http://www.pastoresmonte.org/La+nueva+PAC>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2014a. Foodstuffs. Determination of vitamin A by high performance liquid chromatography. Part 1: Measurement of all-E-retinol and 13-Z- retinol. UNE-EN 12823-1:2014. Ed.: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid, España.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2014a. Foodstuffs. Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography. Measurement of a, b, g, d tocopherol. UNE-EN 12822:2014. Ed.: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid, España.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 2005. *Official methods of analysis*. Ed.: Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). Gaithersburg, Estados Unidos.
- Astier, M. y Gonzáles, C. 2008. Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos. En: Astier, M., Masera, O.R., Galván-Miyoshi, Y. *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Ed.: Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Valencia, España.
- Astier, M. y Hollands, J. 2007. *Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica*. Eds. Mundiprensa / GIRA / ILEIA. Ciudad de México, México.
- Atti, N., Rouissi, H., Othmane, M.H. 2006. Milk production, milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content in dairy ewes raised on feedlot or grazing pasture. *Livestock Science*, 104: 121–127.

- Bakkes, J. A., Van den Born, G. J., Helder, J. C., Swart, R. J., Hope, C. W., Parker J. D. E. 1994. An overview of environmental indicators: state of the art and perspectives. Ed. PNUMA / RIVM. Nairobi, Kenia.
- Barba, L., Sánchez-Macías, D., Barba, I., Rodríguez, N. 2018. The potential of non-invasive pre- and post-mortem carcass measurements to predict the contribution of carcass components to slaughter yield of guinea pigs. *Meat science*, 140: 59-65.
- Barber, M. C., Clegg, R. A., Travers, M. T., Vernon, R. G. 1997. Lipid metabolism in the lactating mammary gland. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1347: 101-126.
- Batalla, M.I, Pinto, M, Intxaurrendieta, J.M., Mangado, J.M., Eguinoa, P., Marijuan, S., Gutiérrez, R., Mena, Y., Hidalgo, C., Palacios, C., Pérez, D., del Hierro, O. Análisis de sostenibilidad de los diferentes sistemas de ganaderías con pequeños rumiantes de aptitud lechera. Empleo de indicadores económicos, sociales y ambientales. Actas del II Workshop sobre mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agroforestal (REMEDIA). Zaragoza, España.
- Batalla, I., Knudsen, M. T., Mogensen, L., del Hierro, O., Pinto, M., Hermansen, J. E., 2015. Carbon footprint of milk from sheep farming systems in northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *Journal of Cleaner Production*, 104: 121-129.
- Battaglini, L., Bovolenta, S., Gusmeroli, F., Salvador, S., Sturaro, E., 2014. Environmental sustainability of Alpine livestock farms. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2): 3155.
- Baumgard, L. H., Corl, B. A., Dwyer, D. A., Saebo, A., Bauman, D. E. 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology*, 278: R179-R184.
- Beaufoy, G. y Ruiz-Mirazo, J. 2013. Ingredients for a New Common Agricultural Policy in support of the sustainable livestock farming systems linked to the landscape). *Pastos*, 43(2): 25–34.
- Bedoya-Mejía, O., Posada, S. L., Rosero Noguera, R. 2012. Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. En: *Desarrollo y Transversalidad, serie Lasallista, Investigación y Ciencia*. Ed.: Corporación Universitaria Lasallista. Antioquia, Colombia.

- Beekman V., 2004. Sustainable development and future generations. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics*, 17: 3-22.
- Bellarby, J., Tirado, R., Leip, A., Weiss, F., Lesschen, J.P., Smith, P., 2013. Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. *Global Change Biology*, 19: 3-18.
- Benoit, M. y Laignel, G. 2010. Energy consumption in mixed crop-sheep farming systems: what factors of variation and how to decrease? *Animal*, 4(9): 1597-605.
- Benyoucef, M.T., Madani, T., Abbas, K., 2000. Systèmes d'élevages et objectifs de sélection chez les ovins en situation semi-aride algérienne. *Options Méditerranéennes Série A*, 43: 101-109.
- Bergamo, P., Fedele, E., Iannibelli, L., Marzillo, G. 2003. Fat soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chemistry*, 82(4): 625-631.
- Beriain, M. J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J., Mendizabal, J. A. 2000. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *Journal of animal science*, 78(12): 3070-3077.
- Bernués, A., Olaizola, A., Corcoran, K. 2003. Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: an application for market segmentation. *Food quality and preference*, 14(4): 265-276.
- Bernués, A., Riedel, J. L., Asensio, M. A., Blanco, M., Sanz, A., Revilla, R., Casasús, I., 2005. An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Science*, 96(1): 75-85.
- Bernués, A., Ruiz, R., Olaizola, A., Villalba, D., Casasús, I. 2011. Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. *Livestock Science*, 139(1-2): 44-57.
- Bernués, A., Ripoll, G., Panea, B. 2012. Consumer segmentation based on convenience orientation and attitudes towards quality attributes of lamb meat. *Food Quality and Preference*, 26(2): 211-220.

- Bernues, A., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R., Alfnes, F. 2014. Socio-cultural and economic valuation of ecosystem services provided by Mediterranean mountain agroecosystems. *PloS one*, 9(7): e102479.
- Bernués, A., Rodríguez-Ortega, T., Olaizola, A., Bosch, R. R., 2017. Evaluating ecosystem services and disservices of livestock agroecosystems for targeted policy design and management. En: *Proceeding of the 19th Symposium of the European Grassland Federation (EGF)*. Alghero, Italia.
- Bertaglia, M., Stéphane, J., Rosen, J., Consortium, E. 2007. Identifying European marginal areas in the context of local sheep and goat breeds conservation: A geographic information system approach. *Agricultural Systems* 94(3): 657-670.
- Boccard, D.R., Dumont, B.L., Peyron, C. 1958. Valeur significative de quelques mensurations pour apprécier la qualité des carcasses d'agneaux. En: *Proceeding of the 4th. European Meeting of Meat Research Workers*. Cambridge, Inglaterra.
- Bockstaller C. y Girardin P. 2003. How to Validate Environmental Indicators. *Agricultural Systems*, 76: 639-653.
- Bockstaller C., Guichard L., Makowski D., Aveline A., Girardin P. y Plantureux S. 2008. Agrienvironmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28: 139-149.
- Boogaard, B. K., Bock, B. B., Oosting, S. J., Wiskerke, J. S., van der Zijpp, A. J. 2011. Social acceptance of dairy farming: The ambivalence between the two faces of modernity. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 24(3): 259-282.
- Booker, K., Huntsinger, L., Bartolome, J.W., Sayre, N.F., Stewart, W., 2013. What can ecological science tell us about opportunities for carbon sequestration on arid rangelands in the United States? *Global Environmental Change*, 23: 240-251.
- Boshnjaku, L., Ben-Kaabia, M., Roig, J.M.G. 2003. Transmisión de precios en los mercados regionales de ovino en España. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 1: 71-103.
- Bossis, N., Caramelle-Holtz, E., Guinamard, C., Barbin, G., 2008. Les systèmes caprins en France: Évolution des structures et résultats technico-économiques. Ed.: Institut de l'Élevage. Paris, Francia.

- Bossis, N. 2012. Economic and environmental performances of dairy goat farming systems: the impact of pasture. *Fourrages*, 212: 269–274.
- Bossis, N., Cornilleau, E., Gillier, M. 2014. Raising dairy goats more economically and sustainably: the experience of a farmer in the Pays de Loire region. *Fourrages*, 219: 221–224.
- Bouman, B.A.M., Jansen, H.G.P., Schipper, R.A., Hengsdijk, H., Nieuwenhuyse, A. 2000. Tools for land use analysis on different scales with case studies for Costa Rica. En: Bouman, B.A.M., Jansen, H.G.P., Schipper, R.A., Hengsdijk, H., Nieuwenhuyse, A. *System Approaches for Sustainable Agricultural Development*. Ed.: Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holanda.
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., ... Straif, K. 2015. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16): 1599-1600.
- Boyazoglu J. 2002. Livestock research and environmental sustainability with special reference to the Mediterranean basin. *Small Ruminant Research*, 45: 193-200.
- Brathen, G. 1983. Freezing point of goats', buffaloes' and ewes' milk. En: *Measurement of extraneous water by determination of freezing point of milk*. International Dairy Federation Bulletin, 154: 6.
- Brewer, M.S. 2009. Irradiation effects on meat flavor: A review. *Meat science*, 81(1): 1-14.
- Briskey, E.J. y Bray, R.W. 1964. A special study of the beef grade standards. Final Report from University of Wisconsin to the American National Cattlemen's Association. Ed.: University of Wisconsin. Denver (CO), Estados Unidos
- Buerkert, A. y Schlecht, E. 2009. Performance of three GPS collars to monitor goats' grazing itineraries on mountain pastures. *Computers and electronics in agriculture*, 65(1): 85-92.
- Broom, D.M., Galindo, F.A., Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B*, 280: 2013–2025.
- Buratti, C., Fantozzi, F., Barbanera, M., Lascaro, E., Chiorri, M., Cecchini, L., 2017. Carbon footprint of conventional and organic beef production systems: An Italian case study. *Science Total Environmental*, 576: 129-137.

- Burdge, G.C. y Calder, P.C., 2005. α -Linolenic acid metabolism in adult humans: the effects of gender and age on conversion to longer-chain polyunsaturated fatty acids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107: 426–439.
- Burger, J. 2006. Bioindicators: a review of their use in the environmental literatura 1970–2005. *Environmental Bioindicators*, 1: 136–144.
- Burnard, C.L., Pitchford, W.S., Edwards, J.H., Hazel, S.J. 2015. Facilities, breed and experience affect ease of sheep handling: The livestock transporter's perspective. *Animal*, 9(8): 1379–1385.
- Burton, C.H. y Turner C. 2003. *Manure Management. Treatment strategies for sustainable agriculture*. Ed.: Silsoe Research Institute. Silsoe, Bedford, Reino Unido
- Butler, G., Nielsen, J.H, Slots, T., Seal, C., Eyre, M.D, Sanderson, R., Leifert, C., 2008. Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1431–1441.
- Butriss, J. L., Diplock, A.T. 1984. High-performance liquid chromatography methods for vitamin E in tissues. *Methods in Enzymology*, 105: 131–138.
- Cabeza de Vaca, M., García-Torres, S., Tejerina, D., López, A., Prior, E., Curbelo, P., Osorio, C. 2011. Caracterización de la producción y calidad del pasto de dehesa como alimento para el engorde de terneros retintos ecológicos en régimen extensivo. XIV Jornadas sobre Producción Animal Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), Zaragoza, España.
- Cabiddu, A., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G. 2005. Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. *Small Ruminant Research*, 59: 169–180
- Cáceres, P. 2009. No es una crisis económica sino una crisis de recursos en un planeta agotado. Ed.: El Mundo. Disponible en: <http://www.elmundo.es/>
- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., Nicoli, M.C. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant and pro-oxidant activity of milk. *International Dairy Journal*, 14: 421–427.

- Camacho, A., Capote, J., Mata, J., Argüello, A., Viera, J., Bermejo, L.A. 2015. Effect of breed (hair and wool), weight and sex on carcass quality of light lambs under intensive management. *Journal of Applied Animal Research*, 43(4): 479-486,
- Campos, F.S., Carvalho, G.G.P., Santos, E.M., Araújo, G.G.L., Gois, G.C., Rebouças, R.A., ... Araújo, M.L.G.M.L. 2017. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. *Meat science*, 124: 61-68.
- Camúñez, J.A., Mena, Y., Morales, E., Ruiz, F.A. 2016. Actualización del sistema de índices de precios para leche de cabra publicado por Inlac. *Tierras Caprino*, 14: 17-23.
- Capper, J. L., Castañeda-Gutiérrez, E., Cady, R. A., Bauman, D. E. 2008. The environmental impact of recombinant bovine somatotropin (rbST) use in dairy production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(28): 9668-9673.
- Capuano, E., Van Der Veer, G., Boerrigter-Eenling, R., Elgersma, A., Rademaker, J., Sterian, A., van Ruth, S. M. 2014. Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by cow's farm milk fatty acid profile. *Food Chemistry*, 164: 234-241.
- Carrasco, S., Ripoll, G., Panea, B., Álvarez-Rodríguez, J., Joy, M. 2009. Carcass tissue composition in light lambs: Influence of feeding system and prediction equations. *Livestock Science*, 126(1-3): 112-121.
- Casasnovas, M.A. 2009. Ramaderia a les Illes balears. L'activitat ramadera a les Illes balears. Una visió històrica. Ed.: Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears. Palma, España.
- Castel, J. M., Mena, Y., Delgado-Pertíñez, M., Camúñez, J., Basulto, J., Caravaca, F., ..., Alcalde, M. J. 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*, 47(2): 133-143.
- Castel, J.M., Ruíz, F.A., Mena, Y., García, M., Romero, F., González, P., 2006. Adaptation des indicateurs technico-économiques de l'Observatoire FAO/CIHEAM aux systèmes caprins semi-extensifs: résultats dans 3 régions d'Andalousie. *Options Méditerranéennes Serie A*, 70: 77-85.

- Castel, J.M., Ruiz, F.A., Mena, Y., Sánchez-Rodríguez, M. 2010. Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research*, 89(2–3): 207–210.
- Castel, J.M., Mena, Y., Ruiz, F.A., Camuñez, J., Sánchez-Rodríguez, M. 2011. Changes occurring in dairy goat
- Castel, J.M., Mena, Y., Ruiz, F.A., Gutiérrez-Peña R. 2012. Situación y evolución de los sistemas de producción caprina en España. *Tierras*, 1: 46-56.
- Cederberg, C. y Mattsson, B., 2000. Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, 8: 49-60.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1998. Environmental and Sustainability Indicators: Outlook for Latin America and Caribbean. Disponible en: <http://www.CIAT.cgiar.org/indicators/lacproj.htm/>
- Chauveau-Duriot, B., Doreau, M., Nozière, P., Graulet, B. 2010. Simultaneous quantification of carotenoids, retinol, and tocopherols in forages, bovine plasma, and milk: validation of a novel UPLC method. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397(2): 777-790.
- Chentouf, M., Arrebola, F., Bister, J. L., Abbadi, N. 2009. Evolución mensual de los parámetros testiculares y espermáticos de los machos cabríos del caprino del norte de Marruecos. En: *Actas del XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC)*: Barbastro, España.
- Chilliard, Y. y Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forage interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, 44: 467–492.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(8): 828-855.
- Cifre J., Rigo A., Gulías J., Rallo J. Joy M., Joy S., Mus M., Sánchez F., Ramón J., Ruiz M., Jaume J. 2007. Caracterizació de les pastures de les Illes Balears. *Quaderns d'Investigació* 7. Ed.: Conselleria d'Agricultura i Pesca, Govern de les Illes Balears. Palma de Mallorca, España.

- Claps, S., Rubino, R., Fedele, V., Morone, G., Di Trana, A. 2003. Effect of concentrate supplementation on milk production, chemical features and milk volatile compounds in grazing goats. En: Proceeding of the FAO-CIHEAM Seminar on Sustainable Grazing, Nutritional Utilization and Quality of Sheep and Goat Products. Granada, España.
- Claverías, R. 2000. Metodología para construir indicadores de impacto. Boletín Agroecológico, pp. 67.
- Cohn, A.S., Mosnier, A., Havlik, P., Valin, H., Herrero, M., Schmid, E., O'Hare, M., Obersteiner, M., 2014. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. P. Natl. Acad. Sci.U. S. A. 11, 7236-7241.
- Collomb, M., Schmid, A., Sieber, R., Wechsler, D., Ryhänen, E.L. 2006. Conjugated linoleic acids in milk fat: Variation and physiological effects. International dairy journal, 16(11): 1347-1361.
- Colomer-Rocher, F. 1973. Exigencias de la calidad de la canal. INIA: Serie Producción Animal, 4: 117-126.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2000. Evaluación de la sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Ed.: División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: <http://www.eclac.cl/esalc/>
- Comisión Europea (CE). 2011. The CAP towards 2020 – impact assessment of alternative policy options. Ed.: Ed.: Agricultura y Desarrollo Rural, Comisión Europea. Bruselas, Bélgica.
- Comisión Europea (CE). 2013. Summary of proceedings Conference on Family Farming. A dialogue towards more sustainable and resilient farming in Europe and the world. Ed.: Agricultura y Desarrollo Rural, Comisión Europea. Bruselas, Bélgica.
- Connor, W.E., 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and diseases. The American Journal of Clinical Nutrition, 7: 171S–175S.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. 2011. Red en línea de estaciones agrometeorológicas andaluzas. Disponible en: www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/

- Cosci, F, Ruiz, F.A. Castel, J.M. Pleguezuelos, J., Gutiérrez-Peña, R. Mena, Y. 2013. Factors affecting somatic cells count in milk of Murciano-Granadina goat milk. En: Proceeding of the 8th Internacional Seminar of the FAO-CIHEAM Network on sheep and goat. Subnetwork on Production System. Tanger, Marruecos.
- Costa, J.C., Martín-Vicente, A., Fernández-Alés, R., Estirado-Oliet, M., 2006. Dehesas de Andalucía Caracterización Ambiental. Ed.: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía Sevilla, España.
- Cross, A.J., Leitzmann, M.F., Gail, M.H., Hollenbeck, A.R., Schatzkin, A., Sinha, R. 2007. A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. PLoS medicine, 4(12): 325.
- Cuchillo-Hilario, M., Delgadillo-Puga, C., Navarro-Ocaña, A., Pérez-Gil, F., 2009. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goat's milk cheeses on summer grazing. Journal of Dairy Research, 77: 20-26.
- D'Urso, S., Cutrignelli, M.I., Calabro, S., Bovera, F., Tudisco, R., Piccolo, V., Infascelli, F., 2008. Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 92: 405–410.
- Dalle Zotte A. y Szendrő Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food. Meat Science, 88(3): 319-331.
- Damián A. 2015. Crisis global, económica, social y ambiental. Estudios Demográficos y Urbanos, 30(1): 159-199.
- De Boer, H.D.B L., Dumont, B L., Pomeroy, R.W., Weniger, J.H. 1974. Manual on EAAP reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. Livestock production science, 1(2): 151-164.
- de Cara J.A. 2012Tiempo, Clima y Ganadería Extensiva de Bovino en España. Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas (AEMET). Ed.: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Gobierno de España. Madrid, España.
- de Figueiredo, E. B., Jayasundara, S., de Oliveira Bordonal, R., Berchielli, T. T., Reis, R. A., Wagner-Riddle, C., La Scala Jr, N. 2017. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle

- in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142: 420-431.
- De Rancourt, M., Fois, N., Lavín, M. P., Tchakérian, E., Vallerand, F. (2006). Mediterranean sheep and goat's production: An uncertain future. *Small Ruminant Research*, 62(3): 167-179.
- de Vries, M. D., Van Middelaar, C. E., de Boer, I.J.M., 2015. Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 178: 279-288.
- Decandia, M., Giovanetti, V., Acciaro, M., Mameli, M., Molle, G., Cabiddu, A., Manca, C., Cossu, R., Serra, M.G., Rassu, S.P.G., Dimauro, C. 2017. Monitoring grazing behaviour of Sarda cattle using an accelerometer device. En: *Proceedings of the 19th Symposium of the European Grassland Federation*. Sassari, Italia.
- Decreto 352/2011, de 29 de noviembre, por el que se regula la artesanía alimentaria en Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 237: 8-18.
- Deffontaines, J.P., Petit, M. 1985. Comment étudier les exploitations agricoles d'une région? Présentation d'un ensemble méthodologique. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, Institute National de la Recherche Agronomique (INRA), 4: 47.
- Deike, S., Pallutt, B., Christen, O. 2008. Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. *European Journal of Agronomy*, 28(3): 461-470.
- Deléglise, C., Meisser, M., Mosimann, E., Spiegelberger, T., Signarbieux, C., Jeangros, B., Buttler, A. 2015. Drought-induced shifts in plants traits, yields and nutritive value under realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 213: 94-104.
- Delfa, R. y Teixeira, A. 1998. Calidad de la canal ovina. En: Buxadé, C. *Ovino de carne: aspectos claves*. Ed.: Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B. 2009. The male effect in sheep and goats: revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*, 200: 304–314.

- Delgado-Pertíñez, M., Alcalde, M. J., Guzmán, J. L., Castel, J. M., Mena, Y., Caravaca, F. 2003. Effect of hygiene-sanitary management on goat milk quality in semi extensive systems in Spain. *Small Ruminant Research*, 47: 51-61.
- Delgado-Pertíñez, M., Guzmán-Guerrero J.L., Caravaca F.P., Castel J.M., Ruiz F.A., González-Redondo P., Alcalde, M.J. 2009. Effect of artificial vs. natural rearing on milk yield, kid growth and cost in Payoya autochthonous dairy goat. *Small Ruminant Research*, 84: 108–115.
- Delgado-Pertíñez, M., Gutiérrez-Peña R., Mena Y., Fernández-Cabanás, V.M., Laberye, D. 2013. Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research*, 114: 167-175.
- Demirel, G., Ozpinar, H., Nazli, B., Keser, O. 2006. Fatty acids of lamb meat from two breeds fed different forage: concentrate ratio. *Meat Science*, 72(2): 229-235.
- Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. 2011. Memoria de actividades 2011. Ed.: Servicio de Estudios, Análisis e Información, Gobierno de Aragón. Zaragoza, España.
- Descalzo, A. M., Rossetti, L., Grigioni, G., Irurueta, M., Sancho, A. M., Carrete, J., Pensel, N. A. 2007. Antioxidant status and odour profile in fresh beef from pasture or grain-fed cattle. *Meat Science*, 75(2): 299-307.
- Desjardins, R.L., Worth, D.E., Vergé, X.P.C., VanderZaag, A., Janzen, H., Kroebel, R., Maxime, D. Smith, W., Grant, B., Pattey, E., Dyer, J.A. 2014. Carbon Footprint of Agricultural Products - A Measure of the Impact of Agricultural Production on Climate Change. En: *Procedig of the International Conference on Promoting Weather and Climate Information for Agriculture and Food Security*. Antalya, Turquía.
- Devendra, C. y McLeroy, G.B., 1982. *Goat and Sheep Production in the Tropics*. Ed: Longman Scientific and Technical Publishers. Londres, Inglaterra.
- Dewhurst, R. J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., Scollan, N.D. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4): 168-206.

- Dewhurst, R.J. 2005. Targets for milk fat research: nutrient, nuisance or nutraceutical? *Journal of Agriculture Science*, 143: 359–367.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., McCosker, J.E. 1999. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 2. Meat quality. *Meat Science*, 52(4): 363-367.
- Díaz, M. T., Velasco, S., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F., Cañeque, V. 2003. Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat science*, 65(4): 1247-1255.
- Díaz, M.T., Álvarez, I., De la Fuente, J., Sañudo, C., Campo, M.M., Oliver, M.A., Font i Furnols, M., Montossi, F., San Julián, R., Nute, G.R., Cañeque, V. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71: 256-263.
- Diestre, A. 1985. Estudio de los factores biológicos determinantes del desarrollo de las canales de cordero y de sus características comerciales. Tesis Doctoral. Ed.: Universidad Zaragoza. Zaragoza, España.
- División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). 2015. Disponible en: www.faostat.fao.org
- Douglass, G.K. 1984. *Agricultural Sustainability in a Changing World Order*. Ed.: Westview Press. Colorado, Estados Unidos.
- Dubeuf, J.P. 2001. Changements dans les systèmes de production ovine et caprine de valorisation de la diversité. Résultats de l'Observatoire des systèmes de production ovine et caprine. *Options Méditerranéennes Série A*, 46: 45–54.
- Dubeuf, J.P. 2011. The social and environmental challenges faced by goat and small livestock local activities: Present contribution of research–development and stakes for the future. *Small Ruminant Research*, 98: 3-8.
- Dubeuf, J.P., Ruiz, F.A., Mena, Y. 2018. Evolution of goat production systems in the Mediterranean basin: Between ecological intensification and ecologically intensive production systems. *Small Ruminant Research*, 163: 2-9.

- Dumont, L. 2013. *Homo hierarchicus: essai sur le système des castes*. Ed.: Gallimard. Paris, Francia.
- Dunne, P.G., Monahan, F.J., O'mara, F.P., Moloney, A.P. 2005. Colour stability, under simulated retail display conditions, of *M. longissimus dorsi* and *M. semimembranosus* from steers given long-term daily exercise and supplemented with vitamin E. *Meat science*, 71(39): 480-489.
- Educación para la Acción Crítica (EdPAC), Grupo de Investigación en Derechos Humanos y Sostenibilidad (GIDHS) y Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña (CUS-UPC). 2013. Luchas populares frente a la concentración y el acaparamiento de tierras en Europa. Experiencias de resistencia campesina en Andalucía. Disponible en: http://asapcatalunya.files.wordpress.com/2013/07/resistencia_campesina_andalucia.pdf
- Emanuelsson, U., 2009. *Europeiska kulturlandskap: hur människan format Europas natur* [Cultural landscape of Europe: how man changed European nature]. Ed.: Formas. Estocolmo, Suecia.
- Escuder, A., Fernández, G., Capote, J. 2006. Characterisation of palmera dairy goats production systems. *Options Méditerranéennes Serie A*, 70: 95–100.
- Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias (ECREA). 2013. Resultados técnico-económicos Ganado Ovino de Carne Andalucía, Aragón, Castilla y León, Extremadura y Navarra. Ed.: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). Madrid, España.
- Faeth, P. 1993. An economic framework for evaluating agricultural policy and the sustainability of production systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46: 161–173.
- Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 1996. Effect of feeding systems on somatic cells count in goats. En: Rubino, R. *Somatic Cells and Milk of Small Ruminants*. Ed.: Wageningen Academic Publishers. Wageningen, Holanda.
- Fedele, V., Rubino, R., Claps, S., Manzi, P., Marconi, S., Pizzoferrato, L. 2004. Seasonal variation in retinol concentration of goat milk associated with grazing compared to indoor feeding. *South African Journal of Animal Science*, 34(5): 148-150.
- Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto de España (FEAGAS). 2018. Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto de España). www.feagas.com/razas/

- Fernandes, L.A.D.O. y Woodhouse, P. J. 2008. Family farm sustainability in southern Brazil: An application of agri-environmental indicators. *Ecological Economics*, 66(2): 243-257.
- Fernández, A., De Pedro, E., Núñez, N., Silió, L., Garcia-Casco, J., Rodriguez, C. 2003. Genetic parameters for meat and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. *Meat Science*, 64(4): 405-410.
- Fernández, R., Leiva M.J., Lafarga, J. 1991. Los Pastizales del Campo de Gibraltar (Cádiz): Composición Florística y Calidad. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biológica*, 87: 61-72.
- Fernández-Álvarez J. 2017. Herramientas informáticas para el control y la gestión de los rebaños: Eskardillo, Kalifa, Inteka, Siamelk. En: *Actas del VIII Foro Nacional de Caprino*. Carmona (Sevilla), España.
- Fernández-Lugo, S., Arévalo, J.R., de Nascimento, L., Mata, J., Bermejo, L.A. 2013. Long-term vegetation response to different goat grazing regimes in semi-natural ecosystem: a case study in Tenerife (Canary Island). *Applied Vegetation Science*, 16: 74–83.
- Ferreira, L.M.M., Celaya, R., Benavides, R., Jáuregui, B.M., García, U., Santos, A.S., García, R., Rodrigues, M.A.M., Osoro, K. 2013. Foraging behaviour of domestic herbivore species grazing on heathlands associated with improved pasture areas. *Livestock Science*, 155: 373–383.
- Fisher, A.V., Enser, M., Richardson, R.I., Wood, J.D., Nute, G.R., Kurt, E., Wilkinson, R.G. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems. *Meat Science*, 55(2): 141-147.
- Fogliano, V. y Vitaglione, P. 2005. Functional foods: planning and development. *Molecular nutrition & food research*, 49(3): 256-262.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Balzer, C., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337.
- Fornara, D. A., Wasson, E. A., Christie, P., Watson, C. J. 2016. Long-term nutrient fertilization and the carbon balance of permanent grassland: any evidence for sustainable intensification? *Biogeosciences*, 13(17): 4975-4984.

- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11): 2849-2855.
- Gac, A., Cariolle, M., Deltour, L., Dolle, J.B., Espagnol, S., Flenet, F., Guingand, N., Lagadec, S., Le Gall, A., Lellahi, A., Malaval, Ponchant, C., P., Tailleur, A. 2010. GES'TIM d Guide methodologique pour l'estimation des impacts des activites agricoles sur l'effet de serre: Realise dans le cadre du projet «Gaz a Effet de Serre et Stockage de Carbone en exploitations agricoles» (CASDAR6147).
- Galan, M.B., Peschard, D., Boizard H. 2007. ISO 14 001 at the farm level: Analysis of five methods for evaluating the environmental impact of agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 82: 341-352.
- Galina, M.A., Osnaya, F., Cuchillo, H.M., Haenlein, G.F.W., 2007. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Ruminant Research*, 71: 264–272.
- Gallego-Fernández, J.B., García-Mora M. R., García-Novo, F. 2004. Vegetation dynamics of Mediterranean shrublands in former cultural landscape at Grazalema Mountains, South Spain. *Plant Ecology*, 172(1): 83-94.
- Gallopin, G.C. 1996. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. *Environmental Modeling & Assessment*, 1: 101–117.
- Galván-Miyoshi, Y., Masera, O.R., López-Ridaura, S. 2008. Las evaluaciones de sustentabilidad. En: Astier, M., Masera, O.R., Galván-Miyoshi, Y. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Ed.: Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Valencia, España.
- García, A., Perea, J., Acero, R., Angón, E., Toro, P., Rodríguez, V., Gómez Castro, A.G. 2010. Structural characterization of extensives farms in Andalusian dehesas. *Archivos de Zootecnia*, 59 (228): 577–588. .

- García-Llorente, M., Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., López-Santiago, C. A., Aguilera, P. A., Montes, C. (2012). The role of multi-functionality in social preferences toward semi-arid rural landscapes: an ecosystem service approach. *Environmental Science & Policy*, 19:136-146.
- García-Martínez, A., Olaizola, A.M., Bernues, A. Objetivos y opiniones de los ganaderos de vacuno de carne en el Pirineo Central. En: *Actas de las XII Jornadas sobre Producción Animal de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA-ITEA)*. Zaragoza, España.
- Garrido, M. D., Bañón, S. y Álvarez, D. 2005. Medida del pH En: Cañeque, V., Sañudo, C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animalvivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. *Journal of Animal Science*, 77(1): 267.
- Gaspar, P., Escribano, M., Mesías, F. J., de Ledesma, A. R., Pulido, F. 2008. Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators. *Small Ruminant Research*, 74(1-3): 52-63.
- Gaspar, P., Mesías, F. J., Escribano, M., Pulido, F. 2009. Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain. *Livestock Science*, 121(1): 7-14.
- Gaspar, P., Escribano, A.J., Mesías, F.J., Escribano, M., Pulido, A.F. 2011. Goat systems of Villuercas-Ibores area in SW Spain: problems and perspective of traditional farming systems. *Small Ruminant Research*, 97: 1-11.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. 2013. *Tackling Climate Change through Livestock-a Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gibon, A. 1981. *Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevages dans les Pyrénées Centrales*. Doctorat. Ed.: Institute National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris, Francia.
- Gibon, A., Sibbald, A.R., Flamant, C., Lhoste, P., Revilla, R., Rubino, R., Sorensen, J.T., 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science*, 61: 121-137.
- Gibon, A. 2005. Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Livestock Production Science*, 96: 11-31.

- Gill, C. O. 1996. Extending the storage life of raw chilled meats. *Meat science*, 43: 99-109.
- Gill, M., Smith, P., Wilkinson, J. M. 2010. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. *Animal Science*, 4(3): 323-333.
- Glenn, N.A. y Pannell, D.J. 1998. The economics and application of sustainability indicators in agriculture. En: *Proceedings of the 42nd Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society*. Armidale, Australia.
- Gliessman, S.R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Ed.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Cartago (Turrialba), Costa Rica.
- Gliessman, S.R. 2006. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. Ed.: CRC press. Boca Ratón (Florida), Estados Unidos.
- Godfrey, L. y Todd, C. 2001. Defining Thresholds for Freshwater Sustainability Indicators within the Context of South African Water Resource Management. En: *Proceeding of the 2nd WARFA/Waternet Symposium*. Cape Town, República de Sudáfrica.
- Goetsch, A.L., Zeng, S.S., Gipson, T.A. 2011. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 101(1-3): 55-63.
- Gomes, V. Melville Paiva, A.M., Medici, K., Pereira, W. 2005. Effect of the stage of lactation on somatic cell counts in healthy goats (*Caprae hircus*) breed in Brazil. In: *Small Ruminant Research*, 64: 30-34.
- Gonçalves, A.L., Lana, R.P., Vieira, R.A.M., Henrique, D.S., Mancio, A.B., Pereira, J.C. 2008. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na Região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(2): 366–376.
- Gonzalez de Miguel, C., Hernandez, C., Postigo, J.L. 2009. Evaluación de la sostenibilidad agraria. El caso de La Concordia (Nicaragua). Ed.: ISF ApD y AgSystems. Disponible en: http://admin.isf.es/UserFiles/File/apd/publicaciones/sostenibilidad_agraria.pdf
- González de Molina, M.D. 2011. *Introducción a la agroecología*. Cuadernos técnicos SEAE–Serie: Agroecología y Ecología Agraria. Ed: Sociedad española de Agricultura ecológica (SEAE). Madrid, España.

- González, V. 2001. Evaluación de la sostenibilidad agraria. En: La práctica de la agricultura y ganadería ecológicas. Ed.: Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (CAE). Sevilla, España.
- Grande, D., Mancilla-Leytón, J.M., Vicente, A.M., Delgado-Pertíñez, M. 2016. Can goats disperse seeds of herbaceous pasture plants in Mediterranean grasslands? *Small Ruminant Research*, 143: 67-74.
- Griinari, J. M. y Bauman, D. E. 2003. Update on theories of diet-induced milk fat depression and potential applications. *Recent Advances in Animal Nutrition*, (1): 115-156.
- Gutiérrez-Peña, R., Delgado-Pertíñez, M., Fernández-Cabanás, V.M., Mena, Y. 2012. Effect of grazing level on Mediterranean shrublands in milk fatty acid composition of Payoya goats. En: *Proceeding of the XI International Conference on Goats (IGA)*. Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Gutiérrez-Peña, R., Delgado-Pertíñez, M., Fernández-Cabanás, V.M., Mena, Y., Flores, A., Ruíz, F.A. 2013. Composición en ácidos grasos y contenidos de vitaminas A y E de la leche de cabra de la raza Payoya en sistemas de pastoreo arbustivo-mediterráneo. *Pastos*, 43(2): 35-42.
- Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Ruíz, F.A., Castel, J.M. 2013b. El uso de indicadores para la mejora de la rentabilidad en explotaciones caprinas. *Ganadería*, Enero-Febrero: 16-20.
- Gutiérrez-Peña, R., Pérez-Neira, D., Mena, Y., Soler, M. 2014. Propuesta metodológica para el análisis del comportamiento energético de los sistemas caprinos. En: *Actas del III Workshop sobre mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agroforestal (REMEDIA)*. Valencia, España.
- Gutierrez-Peña, R., Mena, Y., Ruiz, F. A., Delgado-Pertíñez, M. 2016. Strengths and weaknesses of traditional feeding management of dairy goat farms in mountain areas. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(7): 736-756.
- Haas, G., Wetterich, F., Köpke, U., 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2): 43-53.

- Hadjigeorgiou, I., Osoro, K., De Almeida, J. F., Molle, G. 2005. Southern European grazing lands: production, environmental and landscape management aspects. *Livestock Production Science*, 96(1): 51-59.
- Hair, J.F., Anderson, R.E. Tatham, R.L., Black, W.C. 1998. *Multivariate data analysis*. Ed.: Prentice Hall International. New Jersey, Estados Unidos.
- Hák, T., Janoušková, S., Moldan, B. 2016. Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators*, 60: 565-573.
- Halimani, T.E., Muchadeyi, F.C., Chimonyo, M., Dzama, K. 2013. Opportunities for conservation and utilisation of local pig breeds in low-input production systems in Zimbabwe and South Africa. *Tropical Animal Health and Production*, 45: 81-90.
- Hamm, R. y Deatherage, F.E. 1960. Changes in hydration, solubility and charges of muscle proteins during heating of meat. *Journal of Food Science*, 25(5): 587-610.
- Hawke, J.C. y Taylor, M.W., 1983. Influence of nutritional factors on the yield, composition and physical properties of milk fat. En: Fox, P.F. *Advanced Dairy Chemistry 2: Lipids*. Ed.: Chapman & Hall, Londres, Inglaterra.
- Hecht S.B., Morrison J.D., Padoch C. 2014. The social lives of forests: past, present, and future of woodland resurgence. *Society & Natural Resources*, 30(9): 1179–1180.
- Hecht, S.B. 2018. The evolution of Agroecological Thought. En: Altieri, M. A. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Ed.: CRC Press. Florida, Estados Unidos.
- Hegarty, R. S., Alcock, D., Robinson, D. L., Goopy, J. P., Vercoe, P. E. 2010. Nutritional and flock management options to reduce methane output and methane per unit product from sheep enterprises. *Animal Production Science*, 50(12): 1026-1033.
- Heinschink, K., Sinabell, F., Tribl, C. 2016. An index-based production costs system to evaluate costs of adaptation and mitigation in dairy and cattle farming. *Advances in animal biosciences*, 7(3): 242-244.
- Hengsdijk, H., van Ittersum M.K., Rossing, W.A.H. 1998. Quantitative Analysis of Farming Systems for Policy Formulation: Development of New Tools. *Agricultural Systems*, 58: 381-394.

- Hengsdijk, H., Bouman, B.A.M., Nieuwenhuyse, A., Jansen, H.G.P. 1999. Quantification of land use systems using technical coefficient generators: a case study for the Northern Atlantic zone of Costa Rica. *Agricultural Systems*, 61(2): 109-121.
- Herrera, M. y Luque, M. 2007. Las razas caprinas andaluzas de protección especial: Blanca Serrana Andaluza, Negra Serrana o Castiza o Payoya. En: Rodero, A. y Rodero, E. *Patrimonio Ganadero Andaluz*. Vol. 2: Las Razas Ganaderas de Andalucía. Ed.: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla, España.
- Herrero, M., Henderson, B., Havlik, P., Thornton, P.K., Conant, R.T., Smith, P., Wiersenius, S., Hristov, A.N., Gerber, P., Gill, M., Butterbach-Bahl, K., Valin, H., Garnett, T., Stehfest, E. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, 6: 452-461.
- Herrero-Barbudo, M. C., Granado-Lorencio, F., Blanco-Navarro, I., Olmedilla-Alonso, B. 2005. Retinol, α - and γ -tocopherol and carotenoids in natural and vitamin A- and E-fortified dairy products commercialized in Spain. *International Dairy Journal*, 15(5): 521-526.
- Hopbook, B., Mellor, M., Geoff, O.B. 2005. Sustainable Development: mapping different approaches. *Sustainable Development*, 13: 35-52.
- Horcada, A., Beriain, M. J., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J. 1998. Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lacha and Rasa Aragonesa). *Animal Science*, 67(3): 541-547.
- Horlings, L.G. y Marsden, T.K. 2011. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'. *Global environmental change*, 21(2): 441-452.
- Hristov, A. N., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., Dijkstra, J., Montes, F., Oh, J., Kebreab, E., Oosting, S. J., Gerber, P. J., Henderson, B., Makkar, H. P. S., Firkins, J. L., 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91(11): 5095-5113.
- Hu, F.B., Manson, J.E., Willett, W. C. 2001. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition*, 20(1): 5-19.

- Ibnelbachyr, M., Boulanouar, B., Fagouri, S. 2009. Références technico-économiques dans les élevages ovins au Maroc selon la race exploitée et le type d'élevage: Résultats préliminaires. *Options Méditerranéennes Série A*, 91: 49–53.
- Iepema, G., Pijnenburg, J., 2001. Conventional versus Organic Dairy Farming. A Comparison of Three Experimental Farms on Environmental Impact, Animal Health and Animal Welfare. MSc Thesis, Animal Production Systems Group. Ed.: Wageningen University. Wageningen, Holanda.
- Iglesias, A., Otero, V., Romero, J.M., Cabana, A., Cantalapiedra, J. 2009. Typology of sheep farming systems in different zones from Galicia. *Options Méditerranéennes Série A*, 91: 87–90.
- Institute National de la Recherche Agronomique (INRA). 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins: besoins des animaux, valeurs des aliments. Ed.: Institute National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris, Francia.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. IPCC Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 2015. Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat 240. Ed.: World Health Organization. Ginebra, Suiza.
- International Dairy Federation (FIL-IDF). 1996. Whole milk: determination of milk fat, protein and lactose content, guide for the operation of mid-infrared instruments. FIL-IDF Standard 141B. Ed.: International Dairy Federation (FIL-IDF). Bruselas, Bélgica.
- International Dairy Federation (IDF), 2010. A Common Carbon Footprint Approach for Dairy: the IDF Guide to Standard Life Cycle Assessment Methodology for the Dairy Sector. Ed.: International Dairy Federation (IDF). Bruselas, Bélgica.
- International Farm Comparison Network (IFCN). 2011. Dairy Report 2010. Disponible en: www.ifcnnetwork.org
- Iwanska, S., Pysera, B., Strusinska, D. 1997. Carotenoids content of green forages and preserved feeds. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis. Zootech.*, 47: 117–128.

- Jarvis, S.C. y Aarts, H.F.M. 2000. Nutrient management from a farming systems perspective. En: Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation. Aalborg, Dinamarca.
- Jénot, F. 2006. Analyse des résultats technico-économiques d'élevages caprins du département des Deux-Sèvres (France). Options Méditerranéennes Série A, 70: 117–123.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. Meat science, 59(1): 5-13.
- Jonas H., 1979. Das prinzip verantwortung: Suhrkamp, Frankfurt am Main, Alemania.
- Juárez, M., Polvillo, O., Contò, M., Ficco, A., Ballico, S., Failla, S. 2008. Comparison of four extraction/methylation analytical methods to measure fatty acid composition by gas chromatography in meat. Journal of Chromatography A, 1190(1-2): 327-332.
- Kanyarushoki, C., Fuchs, F., van der Werf, H.M.G. 2009. Environmental evaluation of cow and goat milk chains in France. En: Proceedings of the 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector – Towards a sustainable management of the Food chain. Zurich, Suiza
- Kelemen, L.E., Kushi, L.H., Jacobs Jr, D.R., Cerhan, J.R. 2005. Associations of dietary protein with disease and mortality in a prospective study of postmenopausal women. American journal of epidemiology, 161(3): 239-249.
- Kelsey, J.A., Corl, B.A., Collier, R.J., Bauman, D.E., 2003. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. Journal of Dairy Science, 86: 2588–2598.
- Kempster, A. J., Cuthbertson, A., Harrington, G. 1982. Carcase evaluation in livestock breeding, production and marketing. Ed.: Granada Publishing Limited. Londres, Inglaterra.
- Kerth, C.R., Braden, K.W., Cox, R., Kerth, L.K., Rankins Jr., D.L. 2007. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. Meat Science, 75(2):324-331.
- Kondyli, E. y Katsiari, M.C. 2002. Fatty acid composition of raw caprine milk of a native Greek breed during lactation. International Journal of Dairy Technology, 1: 57–60.

- Kondyli, E., Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P. 2007. Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. *Food Chemistry*, 100(1): 226-230.
- Kopke, E., Young, J., Kingwell, R. 2008. The relative profitability and environmental impacts of different sheep systems in a Mediterranean environment. *Agricultural Systems*, 96: 85–94.
- Korver, S. 1988. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: a review. *Livestock Production Science*, 20(1): 1-13.
- Lachica, M., Prieto C., Aguilera, J.F. 1997. The energy costs of walking on the level and on negative and positive slopes in Granadina goat. *British Journal of Nutrition*, 77: 73-81.
- Lambe, N.R., Navajas, E.A., Schofield, C.P., Fisher, A.V., Simm, G., Roehe, R., Bünger, L. 2008. The use of various live animal measurements to predict carcass and meat quality in two divergent lamb breeds. *Meat Science*, 80(4): 1138-1149.
- Lawrie, R. A. 1998. The eating quality of meat. *Meat science*, 5: 184-223.
- Le Frileux, Y., Le Mens, P., Gu´erin, B., 2000. Influence de la mise à l’herbe et de la nature azotée du concentré sur la transformation fromagère (effect of turning-out and protein sources in concentrate on goat cheese production and quality). En: *Proceeding of the National Conference of Cheese Makers*. Digne, Francia.
- Lebacqz, T., Baret, P. V., Stilmant, D. 2013. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*: 33(2), 311-327.
- Lehmann, A., Russi, D., Bala, A., Finkbeiner, M., Fullana-i-Palmer, P. 2011. Integration of social aspects in decision support, based on life cycle thinking. *Sustainability*: 3(4), 562-577.
- Leitner, G., Merin, U., Silanikove, N., 2011. Effects of glandular bacterial infection and stage of lactation on milk clotting parameters: comparison among cows, goats and sheep. *International Dairy Journal*, 21: 279-285.
- Lesschen, J.P., Verburg, P.H., Staal, S.J. 2005. Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems. *LUCC Report Series 7*. Ed.: International Livestock Research Institute & Wageningen University, Wageningen, Holanda.

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado, 229: 51275-51327
- Ligios, S., Carta, A., Bitti, P.L., Tuveri, I. 2004. Description des systèmes d'élevage caprin en Sardaigne et évaluation des stratégies d'amélioration génétique. Options méditerranéennes Série A, 61: 97–104.
- Lôbo, R.N.B., Pereira, I.D.C., Facó, O., McManus, C.M. 2011. Economic values for production traits of Morada Nova meat sheep in a pasture based production system in semi-arid Brazil. Small Ruminant Research, 96(2-3): 93-100.
- López, A.L. y Barriga, D. La leche, composición y características. 2016. Ed.: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Sevilla, España.
- López, D., Alonso, N., Herrera, P.M. 2018. Políticas alimentarias urbanas para la sostenibilidad. Análisis de experiencias en el Estado español, en un contexto internacional. Ed.: Fundación Entretantos. Valladolid, España.
- López-Ridaura, S. 2008. La evaluación multiescalar de la sustentabilidad: retos y avances metodológicos. En: Astier, M., Masera, O.R., Galván-Miyoshi, Y. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Ed.: Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Valencia, España.
- Lorent, H., Sonnenschein, R., Tsiourlis, G. M., Hostert, P., Lambin, E. 2009. Livestock subsidies and rangeland degradation in central Crete. Ecology and Society: a journal of integrative science for resilience and sustainability, 14(2): 41.
- Lucas, A., Coulon, J. B., Agabriel, C., Chilliard, Y., Rock, E. 2008. Relationships between the conditions of goat's milk production and the contents of some components of nutritional interest in Rocamadour cheese. Small Ruminant Research, 74(1-3): 91-106.
- MacRae, J., O'Reilly, L., Morgan, P., 2005. Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. Livestock Production Science, 94: 95-103.
- Madelrieux, S. y Dedieu, B. 2008. Qualification and assessment of work organisation in livestock farms. Animal, 2(3): 435-446.

- Mądry, W., Mena, Y., Roszkowska-Mądra, B., Gozdowski, D., Hryniewski, R., Castel, J. M. 2013. An overview of farming system typology methodologies and its use in the study of pasture-based farming system: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2): 316-326.
- Mahgoub, O. y Lu, C.D. 1998). Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes. *Small Ruminant Research*, 27(3): 267-278.
- Malau-Aduli, A.E.O., Siebert, B.D., Bottema, D.K., Pitchford, W.S., 1998. Breed composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. *Journal of Animal Science*, 76(3): 766-773.
- Mancilla-Leytón, J.M., Parejo, C., Martín-Vicente, A. 2012. Selection of browse species and energy balance of goats grazing on forest understorey vegetation in Doñana Natural Park (SW Spain). *Livestock Science*, 148: 237-242.
- Mancilla-Leytón, J. M., Martín-Vicente, A., Delgado-Pertíñez, M. 2013. Summer diet selection of dairy goats grazing in a Mediterranean shrubland and the quality of secreted fat. *Small Ruminant Research*, 113(2-3): 437-445.
- Mancilla-Leytón, J. M., Pino-Mejías, R., Martín-Vicente, A. 2013b. Do goats preserve the forest? Evaluating the effects of grazing goats on combustible Mediterranean scrub. *Applied Vegetation Science* 16(1), 63-73.
- Marchione, T.J. 2002. Foods provided through US Government Emergency Food Aid Programs: policies and customs governing their formulation, selection and distribution. *The Journal of nutrition*, 132(7): 2104S-2111S.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, M.J., Argüello, A. 2003. Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 83(2-3): 247-256.
- Marie M. 2011. Evaluation of small ruminant systems sustainability. From conceptual frameworks to implementation. En : Bernués A., Boutonnet J.P., Casasús I., Chentouf M., Gabiña D., Joy M., López-Francos A., Morand-Fehr, P., Pacheco, F. Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems. (p. 61 -74, *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*, 100). Ed.: CIHEAM / FAO / CITA-DGA. Zaragoza, España.

- Marino, R., Atzori, A.S. D'Andrea, M., Iovane, G., Trabalza-Marinucci, M., Rinaldi, L. 2016. Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. *Small Ruminant Research*, 135: 50-59.
- Marques, M.R. y Belo, C.C. 2001. Fatty acid composition of milk fat in grazing" Serra da Estrela" ewes fed four levels of crushed corn. *Options Méditerranéennes*, 131-134.
- Martínez-Cerezo, S., Sañudo, C., Medel, I., Olleta, J.L. 2000). Breed, slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. *Meat Science*, 69(3): 571-578.
- Masera, O. R. y López-Rida, S. 2000. Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural. Ed.: Mundiprensa / GIRA / Programa Universitario de Medio Ambiente / Instituto de Ecología-UNAM. Ciudad de México, México.
- Mata, C., Maurer, P., Rodríguez-Estévez, V., Fernández, A. 2004. Recopilación del conocimiento ganadero tradicional de la comarca de la Sierra de Cádiz y su validación para la reconversión e implantación de la ganadería ecológica. Ed.: ASAJA-Córdoba y UCO. Córdoba, España.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M., Bonham, M. P., Fearon, A.M. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat science*, 84(1): 1-13.
- McDermot, C. y Elavarthi, S. 2014. Rangelands as Carbon Sinks to Mitigate Climate Change: A Review. *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 5: 221.
- McSherry, M.E. y Ritchie, M.E. 2013. Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review. *Global Change Biology*, 19: 1347–1357.
- Mebratu D., 1998. Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. *Environmental Impact Assessment Review*, 18: 493-520.
- Mena, Y., Ruiz, F.A., Castel, J.M. 2011. Programa de apoyo a la gestión de explotaciones caprinas. Manual de usuario: GESCAPRI v.1. Ed.: Mena, Y., Ruiz, F.A., Castel, J.M. Sevilla, España.
- Mena, Y., Gutierrez-Peña, R., Ruiz, F. A., Castel J.M. 2013. Programa de apoyo a la gestión de explotaciones caprinas. Manual de usuario: GESCAPRI v.2. Ed.: Mena, Y., Ruiz, F.A., Castel, J.M. Sevilla, España.

- Mena, Y., Gutiérrez-Peña, R., Pérez-Neira, D., Aguirre, I., Horcada, A. 2014a. Proyecto Transhabitat: 037/2013-SEN: “Bases para la elaboración del plan de fomento de la ganadería extensiva ecológica y de la comercialización de sus productos”. Informe final. Ed.: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía. Sevilla. España.
- Mena, Y., Camuñez, J.A., Ruiz-Morales, F.A., Falagán, A., Caballero, J.R. 2014b. Elaboración de un sistema de índices de evolución del precio de la leche de cabra a partir de los factores asociados. *Tierras, Ganadería*, 191: 16–23.
- Mena, Y., Morales, E., Camuñez, J.A., Ruiz-Morales, F.A. 2014c. Evolución del precio de la leche de cabra y utilización de los índices de referencia como apoyo en la contratación. *Tierras Caprino*, 9: 66–73.
- Mena, Y., Gutierrez-Peña, R., Ruiz, F. A., Delgado-Pertíñez, M., 2017. Can dairy goat farms in mountain areas reach a satisfactory level of profitability without intensification? A case study in Andalusia (Spain). *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(6): 614-634.
- Mena, Y. y Mancilla-Leytón, J.M.M. 2017b. La ganadería caprina en el monte mediterráneo. Ed.: Asociación Española de Agricultura y ganadería ecológica, (27), 28-2
- Meul, M., Van Passel, S., Fremaut, D., Haesaert, G. 2012. Higher sustainability performance of intensive grazing versus zero-grazing dairy systems. *Agronomy for sustainable development*, 32(3): 629-638.
- Milan, M.J., Arnalte, E., Caja, G. 2003. Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research*, 49: 97–105.
- Milán, M.J., Bartolomé, J., Quintanilla, R., García-Cachán, M.D., Espejo, M., Herráiz, P.L., Sánchez-Recio, J.M., Piedrafita, J. 2006. Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livestock Science*, 99 (2-3): 197–209.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and Human Well-being. A Framework for Assessment*. Ed.: Island Press, Washington DC, Estados Unidos.
- Min, B.R., Hart, S.P., Sahlu, T., Satter, L.D. 2005. The effects of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 88: 2604–2615

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). 2008. Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (ARCA). Ed.: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). 2011. Resultados técnico-económicos del Ganado Caprino de leche en 2011. Ed.: Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Secretaría General Técnica MAPAMA. Madrid, España
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). 2012. 2016. Estadísticas agrarias. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/>
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). 1998. Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible (SIDES). Ed.: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, Gobierno de Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.mideplan.go.cr/sides/>
- Mitchell, G., May, A., McDonald, A. 1995. PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. *International Journal for Sustainable Development and World Ecology*, 2: 104–123
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., Le Frileux, Y. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2): 20-34.
- Morbidini, L., Pauselli, M., Burini, P., Papa, P. 2004. Development of organic sheep farming systems in Umbria (Central Italy). *Options Méditerranéennes Série A*, 61: 289–295.
- Morbidini, L., Rosetti, E., Fioretti, M. 2009. Fattening of Apennine heavy lambs in central Italy using pasture. *Options Méditerranéennes Série*, 91: 71–73.
- Morgan, F., Bodin, J.P., Gaborit, P. 2001. Lien entre le niveau de lipolyse du lait de chèvre et la qualité sensorielle des fromages au lait cru ou pasteurisé (link between the level of lipolysis in goat milk and sensorial quality of cheeses from raw or pasteurized milk). *Lait*, 743–756

- Morin, E., Millet, F., Oçafrain, M., Arranz, J.M., Bertrou-Cantou, F., Irigoien, M. 2006. Un exemple de dispositif économique de la filière ovine laitière des Pyrénées-Atlantiques en France. *Options Méditerranéennes Série A*, 70: 141–145.
- Mosquera-Losada, M. R., Fernández-Núñez, E., Rigueiro-Rodríguez, A., 2006. Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. *Forest Ecology and Management*, 232(1-3): 135-145.
- Múgica, M., Martínez, C., Gómez-Limón, J., Puertas, J., Atauri, J. A., 2017. Anuario 2016 del estado de las áreas protegidas en España. Ed.: Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid, España.
- Nahed, J., Castel, J.M., Mena, Y., Caravaca, F. 2006. Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification. *Livestock Science*, 101: 10-23.
- Nahed-Toral, J., Valdivieso-Pérez, A., Aguilar-Jiménez, R., Cámara-Cordova, J., Grande-Cano, D. 2013. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 57: 266-279.
- Nardone, A. y Valfrè, F. 1999. Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs. *Livestock Production Science*, 59: 165-182.
- Natale, M.A., Oppia, P., Contu, M., Ligios, S., Fois, N., 2004. Description des mutations structurelles, démographiques et économiques dans un échantillon d'exploitations ovines laitières de 1996 à 2000 en Sardaigne. *Options méditerranéennes Série A*, 61: 67–71.
- Neira, D. P., Montiel, M. S., Fernández, X.S. 2013. Energy analysis of organic farming in Andalusia (Spain). *Agroecology and sustainable food systems*, 37(2): 231-256.
- Ness B., Urbel-Piirsalu E., Anderberg S. and Olsson L., 2007. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60, pp. 498-508.
- Ngwa, A.T., Dawson, L.J., Puchala, R., Detweiler, G.D., Merkel, R.C., Wang, Z., Tesfai, K., Sahlu, T., Ferrell, C.L., Goetsch, A.L. 2009. Effects of stage of lactation and dietary concentrate level on body composition of Alpine dairy goats. *J Journal of Dairy Science*, 92: 3374–3385.

- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M.D. 2010. Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84(1): 23-29.
- Nudda, A., Palmquist, D.L., Battacone, G., Fancellu, S., Rassu, S.P.G., Pulina, G., 2008. Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA and n-3 fatty acids of goat milk and the muscle of their suckling kids. *Livestock Science*, 118: 195-203.
- Nuernberg, K., Fischer, A., Nuernberg, G., Ender, K., Dannenberger, D. 2008. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. *Small Ruminant Research*, 74(1-3): 279-283.
- Núñez, C. y Moyano, F.J. 2006. Productive and economical parameters in semi-extensive sheep flocks in the west of La Culebra (Zamora). *Options Méditerranéennes Serie A*, 70: 165–170.
- Nürnberg, K., Grumbach, S., Papstein, H. J., Matthes, H.D., Ender, K., Nürnberg, G. 1996. Fatty acid composition of lamb meat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 98: 77-80.
- Nürnberg, K., Wegner, J., Ender, K. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56: 145–156.
- O'Brien, D., Shalloo, L., Buckley, F., Horan, B., Grainger, C., Wallace, M., 2011. The effect of methodology on estimates of greenhouse gas emissions from grass based dairy systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141: 39-48.
- O'Brien, D., Shalloo, L., Patton, J., Buckley, F., Grainger, C., Wallace, M., 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107: 33-46.
- Offer, G. y Trinick, J. 1983. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat science*, 8(4): 245-281.
- Oliveira de Paula, G., Negrão Cavalcanti, R. 2000. Ethics: Essence for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 8: 109-117.
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., Macleod, M., Vellinga, T., Henderson, B., Steinfeld, H. 2013. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life

- cycle assessment. Ed.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia.
- Orden AAA/251/2012, de 9 de febrero, por la que se modifica el anterior RD 2129/2008 por el que se establece el Programa nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas. Boletín Oficial del Estado 39: 13452-13455.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2010. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos. Ed.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1999. Animal Genetic Resources Information, 1999. Ed.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OCDE). 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Environment Monographs, 83. Ed.: OECD Press, Paris, Francia.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OCDE). 1999. Summary reports and recommendations covering specific agri-environmental indicators. Environmental indicators for agriculture. Volume 2 - Issues and Design. Ed.: OECD Press, Paris, Francia.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OCDE). 2001. OCDE Environmental Indicators. Towards Sustainable Development. Ed.: OECD Press, Paris, Francia.
- Osoro, K., Ferreira, L.M.M., García, U., Martínez, A., Celaya, R. 2017. Forage intake, digestibility and performance of cattle, horses, sheep and goats grazing together on an improved heathland. Animal Production Science, 57(1): 102-109.
- Ouali, A. 1991. Sensory quality of meat as affected by muscle biochemistry and modern technologies. En: Fiems, L.O., Cottyn, B.G., Demeyer, D.I. Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production: Papers Presented at an OECD Workshop Held in Melle. Ed.: Elsevier. Bruselas, Bélgica.

- Pacheco, F. 2006. Les systèmes d'élevage laitier dans la region de l'entre Douro e Minho, reflexions sur un dispositif d'appui technique aux eleveurs. Options Méditerranéennes Série A, 70: 179–185.
- Pacheco, F., Machado, G., Cruz, L., 2009. Evolution des systèmes d'élevage caprin de l'Entre Douro e Minho: Analyse des modes de production et des indicateurs de durabilité. Options Méditerranéennes Série A, 91: 55–60.
- Pajor, F., Galló, O., Steiber, O., Tasi, J., Póti, P. 2009. The effect of grazing on the composition of conjugated linoleic acid isomers and other fatty acids of milk and cheese in goats. Journal of Animal and Feed Sciences, 18(3): 429-439.
- Pálsson, H. y Verges, J.B. 1952). Effects of the plane of nutrition on growth and the development of carcass quality in lambs part I. The effects of high and low planes of nutrition at different ages. Journal of Agricultural Science, 42(1-2): 1-92.
- Pardo de Santayana, M., Morales, R., Aceituno-Mata, L., Molina, M. 2014. Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad. Ed.: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). Madrid, España.
- Pardo, G., Martin-Garcia, I., Arco, A., Yañez-Ruiz, D. R., Moral, R., del Prado, A. 2016. Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: a life-cycle perspective. Animal Production Science, 56(3): 646-654.
- Pardos, L. y Fantova, E. 2016. Estrategias de rentabilidad en ovino de carne Albéitar: publicación veterinaria independiente, 197: 4-7.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small ruminant research, 68(1-2): 88-113.
- Parodi, P. W. 2003. Conjugated linoleic acid in food. Advances in conjugated linoleic acid research, 2(2): 101-122.
- PAS 2050. 2008. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Ed: British Standards Institution (BSI). Disponible en: <http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050/>

- Pastuschenko, V., Matthes, H. D., Hein, T., Holzer, Z. 2000. Impact of cattle grazing on meat fatty acid composition in relation to human nutrition. En: Proceedings of the 13th IFOAM Scientific Conference .Basel, Suiza.
- Peinado-Lucena, E., Gómez-Castro, A. G., Sánchez-Rodríguez, M, Mata-Moreno, C., Domenech-García, V. 1993. Dry matter intake in grazing dairy goats. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2(1-2): 51-57.
- Pellegrini, N., Re, R., Yang, M., Rice-Evans, C. 1999. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2, 2'-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6- sulfonic acid) radical cation decolourisation assay. *Methods in Enzymology*, 299: 379–389.
- Peña, F., Cano, T., Domenech, V., Alcalde, M. J., Martos, J., Rodero E. 2005. Influence of sex, slaughter weight and carcass weight on 'non-carcass' and carcass quality in Segureña lambs. *Small Ruminant Research*, 60: 247-254.
- Peña, F., Perea, J., García, A., Acero, R. 2007. Effects of weight at slaughter and sex on the carcass characteristics of Florida suckling kids. *Meat Science*, 75(3): 543-550.
- Pérez, J. P., Gil, J. M., Sierra, I. 2007. Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain. *Small Ruminant Research*, 69(1): 237-241.
- Pérez-Ortiz, M., de la Paz-Marín, M., Gutiérrez, P. A., Hervás-Martínez, C. 2014. Classification of EU countries' progress towards sustainable development based on ordinal regression techniques. *Knowledge-Based Systems*, 66: 178-189.
- Perrin, G.G. y Baudry, C. 1993. Numérations cellulaires du lait de chèvre. *Le lait*, 73(5-6): 489-497.
- Petersen, B.M., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Halberg, N. 2013. An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 52: 217-224.
- Pirisi, A., Lauret, A., Dubeuf, J. P. 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small ruminant research*, 68(1-2): 167-178.

- Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S., Fedele, V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of antioxidant protection: A parameter to trace the origin and quality of goat's milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 90(10): 4569-4574.
- Pons, A. 2016. Caracterización genética del ovino de las Islas Baleares. Tesis doctoral en Recursos Naturales y Gestión Sostenible. Ed.: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España.
- Povolo, M., Pelizzola, V., Lombardi, G., Tava, A., Contarini, G. 2012. Hydrocarbon and fatty acid composition of cheese as affected by the pasture vegetation type. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1): 299-308.
- Preston, B. T., Stevenson, I. R., Pemberton, J. M., Coltman, D. W., Wilson, K. 2003. Overt and covert competition in a promiscuous mammal: the importance of weaponry and testes size to male reproductive success. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270(1515): 633-640.
- Pulina, G., Macciotta, N., Nudda, A. 2005. Milk composition and feeding in the Italian dairy sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 4: 5-14.
- Quiroga, R. M. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Ed.: Serie Manuales CEPAL, United Nations (UN). Santiago de Chile, Chile.
- Rancourt, M., Fois, N., Lavín, M.P., Tchakérian, E., Vallerand, F. 2006. Mediterranean sheep and goats production: an uncertain future. *Small Ruminant Research*, 62: 167-179.
- Rao, N. H. y Rogers, P.P. 2006. Assessment of Agricultural Sustainability. *Current Science*, 91(4): 439-448.
- Real Decreto (RD) 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que se actualiza el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España. *Boletín Oficial del Estado* 279: 34205-34207.
- Real Decreto (RD) 505/2013, de 28 de junio, por el que se regula el uso del logotipo "raza autóctona" en los productos de origen animal. . *Boletín Oficial del Estado*, 176: 54321-54328.
- Real Decreto (RD) 505/2013, de 28 de junio, por el que se regula el uso del logotipo "raza autóctona" en los productos de origen animal. *Boletín Oficial del Estado*, 176: 54321-54328.

- Real Decreto (RD) 698/2013, de 20 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 2129/2008, de 26 de diciembre, por el que se establece el programa nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas. Boletín Oficial del Estado 242: 82408-82409.
- Real Decreto (RD) 319/2015, de 24 de abril, sobre declaraciones obligatorias a efectuar por primeros compradores y productores de leche y productos lácteos de vaca, oveja y cabra. Boletín Oficial del Estado, 99: 36129 a 36141.
- Reglamento (CE) 1278/94 del Consejo de 30 de mayo de 1994 que modifica el Reglamento (CE) 338/91, por el que se determina la calidad tipo comunitaria de las canales de ovino frescas o refrigeradas, y el Reglamento (CE) 2137/92, relativo al modelo comunitario de clasificación de canales de ovino, por el que se determina la calidad tipo comunitaria de las canales de ovino frescas o refrigeradas. Diario Oficial de la Unión Europea, 140: 5-6.
- Reglamento (CE) 870/2004 del Consejo, de 24 de abril, por el que se establece un programa comunitario relativo a la conservación, caracterización, recolección y utilización de los recursos genéticos del sector agrario. Diario Oficial de la Unión Europea, 162: 18-28.
- Reglamento (CE) 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea, 404: 9–25.
- Riedel, J. L., Casasús, I., Bernués, A. 2007. Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science*, 111(1-2): 153-163.
- Ripoll-Bosch, R., Díez-Unquera B., Ruiz R., Villalba D., Molina E., Joy M., Olaizola A., Bernués A. 2012. An integrated sustainability assesment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agricultural Systems*, 105: 46-56.
- Ripoll-Bosch, R., de Boer, I.J.M., Bernués, A., Vellinga, T.V. 2013. Accounting for multi-functionality of sheep farming in the carbon footprint of lamb: a comparison of three contrasting Mediterranean systems. *Agricultural Systems*, 116: 60-68.
- Ripoll-Bosch, R., Joy, M., Bernués, A. 2014. Role of self-sufficiency, productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas in Southern Europe. *Animal*, 8(8): 1229-1237.

- Riveiro, J. A., Mantecón, A.R., Álvarez, C.J., Lavín, P. 2013. A typological characterization of dairy Assaf breed sheep farms in NW of Spain based on structural factor. *Agricultural systems*, 120: 27-37.
- Rivera-Ferre, M. G. y López-i-Gelats, F. 2012. The role of small-scale livestock farming in climate change and food security. Ed.: Center for Agro-food Economy and Development. *Animal Genetic Resources*, FAO. Roma, Italia.
- Rivera-Ferre, M.G., Lopez-i-Gelat, F., Howden, M., Smith, P., Morton, J.F., Herrero, M. 2016. Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change*, 7(6): 869-892.
- Robelin, J. y Daenicke, R. 1980. Variations of net requirements for cattle growth with liveweight, liveweight gain, breed and sex. *Annales de Zootechnie*, 29: 99-121.
- Robertson, K., Symes, W., Garnham, M., 2015. Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand. *Journal of Dairy Science*, 98: 4279-4293.
- Robles, A. B., Ruiz-Mirazo, J., Ramos, M. E., González, J.L. 2009. Role of livestock grazing in sustainable use, naturalness promotion in naturalization of marginal ecosystems of southeastern Spain (Andalusia). En: *Agroforestry in Europe*. Ed.: Springer. Dordrecht, Holanda.
- Robowsky, K.D. y Knabe, O., 1972. Investigations on the alphanatocopherol content of fodder grasses. *Archiv für Tierernährung*, 22: 125–132.
- Rodríguez, A.B., Bodas, R., Prieto, N., Landa, R., Mantecón, A.R., Giráldez, F.J. 2008. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. *Livestock Science*, 116(1-3): 118-125.
- Rodríguez-Estévez, V y Mata, C. 2002. La ganadería sostenible en Andalucía. Papel de la denesa en la nueva PAC. En: *Actas de la Jornada Autonómica de Andalucía del Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural*. Sevilla, España.
- Roetter, R.P., Hoanh, C.T., Laborte, A.G., Van Keulen, H., Van Ittersum, M.K., Dreiser, C., Van Diepen, C.A., De Ridder, N., Van Laar, H.H. 2005. *Integration of Systems Network (SysNet)*

- tools for regional land use scenario analysis in Asia. *Environmental Modelling & Software*, 20(3): 291-307.
- Romero, I., Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Ruiz, F.A. 2013. Análisis técnico-económico de los sistemas caprinos lecheros de raza malagueña. En: *Actas del XXXVIII Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC)*. Málaga, España.
- Röös, E., Sundberg, C., Tidåker, P., Strid, I., Hansson, P.A., 2013. Can carbon footprint serve as an indicator of the environmental impact of meat production? *Ecological indicators*, 24: 573-581.
- Rosa García, R., Celaya, R., García, U., Osoro, K. 2012. Goat grazing, its interactions with other herbivores and biodiversity conservation issues. *Small Ruminant Research*, 107(2): 49-64.
- Rotz, C.A., Montes, F., Chianese, D.S. 2010. The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science*, 93(3): 1266-1282.
- Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Cañeque, V., Velasco, S. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal ovina. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. INIA: serie ganadera, 3: 143-169.
- Ruiz, F.A., Mena, Y., Castel, J.M., 2007. Indicadores técnico-económicos para explotaciones caprinas lecheras: Modo de cálculo y forma de utilización. Ed.: Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Ruiz, F.A., Castel, J.M., Mena, Y., Camúñez J., González-Redondo, P. 2008. Application of the technico-economic analysis for characterizing, making diagnoses and improving pastoral dairy goat systems in Andalusia (Spain). *Small Ruminant Research*, 77: 208–220.
- Ruiz, F.A., Mena, Y., Castel, J.M., Guinamard, C., Bossis, N., Caramelle-Holtz, E., Contu, M., Sitzia M., Fois, N. 2009. Dairy goat grazing systems in Mediterranean regions: a comparative analysis in Spain, France and Italy. *Small Ruminant Research*, 85: 42–49.
- Ruiz, F.A., Castel, J.M., Mena, Y. 2010. Labor characterization of Andalusian goat farms. Future perspectives. En: *Actas del VII Seminario de la Subred FAO-CIHEAM de sistemas de*

- producción ovinos y caprinos “Sostenibilidad económica, social y ambiental de los sistemas de producción ovinos y caprinos”, Zaragoza, España.
- Ruiz, F.A., Castel, J.M., Mena, Y. 2011. Labour characterization of Andalusian goat farms. Future perspectives. *Options Méditerranéennes Série A*, 100: 349-354.
- Ruiz, F.A. 2012. Análisis, diagnóstico y propuestas de mejora de los sistemas caprinos lecheros con pastoreo en Andalucía. Tesis doctoral en el Área de Producción Animal. Ed.: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Ruiz, R. y Oregui, L.M. 2001. El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal: revisión bibliográfica. *Investigación agraria. Producción y sanidad animales*, 16(1): 29-61.
- Ruiz-Mirazo, J. y Robles, A.B. 2012. Impact of targeted sheep grazing on herbage and holm oak saplings in a silvopastoral wildfire prevention system in south-eastern Spain. *Agroforestry systems*, 86(3): 477-491.
- Ruiz-Mirazo, J., Robles, A.B., González-Rebollar, J.L. 2011. Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141: 13–22.
- Ruiz-Mirazo, J., Herrera, P.M, Barba, R., Busqué, J. 2017. Definición y caracterización de la ganadería extensiva en España. (Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo). Ed.: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). Madrid, España.
- Russo, C., Preziuso, G., Casarosa, L., Campodoni, G., Cianci, D. 1999. Effect of diet energy source on the chemical–physical characteristics of meat and depot fat of lambs carcasses. *Small Ruminant Research*, 33: 77-85.
- Russo, C., Preziuso, G. 2000. Caratteristiche qualitative de la carne proveniente da vitelloni di razza Chianina: confronto fra muscoli. *Taurus*, 11: 103-108.
- Ruviaro, C.F., de Leis, C.M., Lampert, V.d.N., Barcellos, J.O.J., Dewes, H., 2014. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 96: 435-443.

- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J. P., Gibon, A. 2013. Paths to last in mixed crop–livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal*, 7(4): 673-681.
- Salas-González, J.M., Leos, J.A., Sagarnaga, L.M., Zavala-Pineda, M.J. 2013. Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(2): 243-254.
- Salcedo, A. y García Trujillo, R. 2006. Sheep production systems in the north of Granada province. Case studies. *Options Méditerranéennes Série A*, 70: 101–109.
- Sales-Duval, M., Danon, V., Goby, J. P., Rochon, J.J. 2003. Influence of food systems of the Catalan maquis area of the composition of the milk fat of goat. En: *Proceeding of the FAO-CIHEAM Seminar on Sustainable Grazing, Nutritional Utilization and Quality of Sheep and Goat Products and Rangelands*. Granada, España.
- Sales-Duval, M., Danon, V., Goby, J.P., Rochon, J.J. 2003. Influence of food systems of the Catalan maquis area of the composition of the milk fat of goat. En: *Proceeding of the FAO-CIHEAM Seminar on Sustainable Grazing, Nutritional Utilization and Quality of Sheep and Goat Products and Rangelands*. Granada, España.
- Salou, T., Le Mouél, C., van der Werf, H.M. 2017. Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters! *Journal of Cleaner Production*, 140: 445-454.
- Salvador, S., Corazzin, M., Romanzin, A., Bovolenta, S., 2017. Greenhouse gas balance of mountain dairy farms as affected by grassland carbon sequestration. *Journal of Environmental Management*, 196: 644-650.
- Sánchez, M., Gil, M.J., Fernández, E., Muñoz, M.E., 2006. Application of FAO/CIHEAM indexes for dairy systems to dairy goat groups in Western Andalusia. *Options Méditerranéennes Série A*, 70: 187–192
- Sánchez-Rodríguez, M. 2008. Las razas caprinas andaluzas de fomento: Malagueña, Murciano-Granadina y Florida. En: *Las Razas Ganaderas de Andalucía. Volumen II de Patrimonio Ganadero Andaluz*. Ed.: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla, España.

- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, F. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2): 187-194.
- Santos-Silva, J., Mendes, I.A., Bessa, R.J.B. 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: 1. Growth, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*, 76(1-2): 17-25.
- Sanz Sampelayo, M.R., Fernández, J.R., Ramos, E., Hermoso, R., Gil Extremera, F., Boza, J., 2006. Effect of providing a polyunsaturated fatty acid-rich protected fat to lactating goats on growth and body composition of suckling goat kids. *Animal Science*, 82: 337–344.
- Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph., Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 42-63.
- Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Cascarosa, L., Ripoll, G., Carrasco, S., Revilla, R., Joy, M. 2008. Características de la canal de los tipos comerciales de cordero lechal, ternasco y pastenco en la raza Churra Tensina. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 104(1): 42-57.
- Sañudo, C., Santolaria, M. P., Maria, G., Osorio, M., Sierra, I. 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. *Meat Science*, 42(2): 195-202.
- Sañudo, C., Campo, M.M., Sierra, I., Maria, G.A., Olleta, J.L., Santolaria, P. 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lamb. *Meat Science*, 4: 357–365.
- Sayadi, S., Roa, M.C.G., Requena, J.C. 2005. Ranking versus scale rating in conjoint analysis: Evaluating landscapes in mountainous regions in southeastern Spain. *Ecological Economics*, 55(4): 539-550.
- Scerra, M., Caparra, P., Foti, F., Galofaro, V., Sinatra, M. C., Scerra, V. 2007. Influence of ewe feeding systems on fatty acid composition of suckling lambs. *Meat Science*, 76(3): 390-394.
- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., Bee, G. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73(1): 29-41.
- Sen, A.R., Santra, A., Karim, S.A. 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat science*, 66: 757-763.

- Sen, S., Bhattacharya, C.B., Korschun, D. 2006. The role of corporate social responsibility in strengthening multiple stakeholder relationships: A field experiment. *Journal of the Academy of Marketing science*, 34(2): 158-166.
- Sepúlveda, W.S., Maza, M.T., Pardos, L. 2011. Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat. Consumers versus producers. *Meat Science*, 87(4): 366-372.
- Serrano, A., Alonso, R., Alarcón, L. 1997. Modelización de explotaciones agrarias mediante programación matemática. Una aplicación en la comarca de Arévalo-Madrigal (Ávila). *Investigación agraria: Economía*, 1: 299-320.
- Sharma, S. K. y Dagleish, D.G. 1993. Interactions between milk serum proteins and synthetic fat globule membrane during heating of homogenized whole milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(9): 1407-1412.
- Shenk, J.S. y Westerhaus, M.O., 1995. Routine Operation, Calibration, Development and Network System Management Manual. Ed.: NIRSystems, Inc. Silver Spring (MD), Estados Unidos.
- Siegmund-Schultze, M., Legesse, G., Abebe, G., Zárate, A. V. 2009. Bottleneck analysis of sheep production systems in southern Ethiopia: Comparison of reproductive and growth parameters. *Options Méditerranéennes*, 91: 67-69.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C.G. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, 89: 110–124.
- Sinden, G. 2009. The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(3): 195-203.
- Sitzia, M., Acciaro, M., Cabiddu, A., Manca, C., Decandia, M. 2011. Agnello di Sardegna PGI: lamb meat production under different livestock systems. En: *Proceedings of the XIX Congress of Animal Science and Production Association (A.S.P.A.)*. Cremona, Italia.
- Sitzia, M., Bonanno, A., Todaro, M., Cannas, A., Atzori, A.S., Francesconi, A.H.D., Trabalza-Marinucci, M. 2015. Feeding and management techniques to favour summer sheep milk and cheese production in the Mediterranean environment. *Small Ruminant Research*, 126: 43-58.

- Smet, K., Raes, K., De Block, J., Herman, L., Dewettinck, K., Coudijzer, K. 2008. A change in antioxidative capacity as a measure of onset to oxidation in pasteurized milk. *International Dairy Journal*, 18: 520–530.
- Smit, L. A., Baylin, A., Campos, H. 2010. Conjugated linoleic acid in adipose tissue and risk of myocardial infarction. *The American journal of clinical nutrition*, 92(1): 34-40.
- Smit, L. A., Baylin, A., Campos, H. 2010. Conjugated linoleic acid in adipose tissue and risk of myocardial infarction—. *The American journal of clinical nutrition*, 92(1): 34-40.
- Solagro, 2004. DIALECTE. Diagnostic agri-environnemental d'exploitation. Versión 4.0. Ed.: Solagro. Toulouse, Francia.
- Soler, M. 2007. El proceso de producción: costes, beneficios y rentabilidad. Apuntes de la asignatura "Economía, prácticas" 3º curso ETSIA. Ed.: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Soler, M. y Horcada, A. 2010. La carne en Andalucía en el contexto de la globalización: Análisis de las macro magnitudes económicas y productivas. En: Horcada, A. La producción de carne en Andalucía. Ed.: Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España.
- Soryal, K., Beyene, F.A., Zeng, S., Bah, B., Tesfai, K. 2005. Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. *Small Ruminant Research*, 58: 275-281.
- Soryal, K.A., Zeng, S.S., Min, B.R., Hart, S.P. 2004. Effect of feeding treatments and lactation stages on composition and organoleptic quality of goat milk Domiati cheese. *Small Ruminant Research*, 52: 109–116.
- Soussana, J.F. y Lemaire, G., 2014. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190: 9-17.
- Spada, S., Fiori, M., Addis, M., Fois, N., Sitzia, M. 2009. Effect of feeding system on growing lamb performance, on meat macronutrients, α -tocopherol and fatty acid content. En: *Proceedings of the 15th Meeting of the FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network Integrated research for the sustainability of mountain pastures*. Les Diablerets, Suiza.

- Spangenberg, J.H., Pfahl, S., Deller, K. 2002. Towards Indicators for Institutional Sustainability: Lessons from an Analysis of Agenda 21. *Ecological Indicators*, 42: 1-17.
- SPSS, 2012. Version 20 software. Ed.: SPSS Inc. Chicago, Estados Unidos.
- Srour, G., Marie, M., Abi Saab, S. 2006. Performances productives des élevages caprins et ovins au Liban. *Options Méditerranéennes Série A*, 70: 193–201
- Stackhouse, K.R., Rotz, C.A., Oltjen, J.W., Mitloehner, F.M. 2012. Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems. *Journal of Animal Science*, 90: 4641-4655.
- Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S., Hamm, M. W. 2018. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agricultural Systems*, 162: 249-258.
- Stefanakis, A., Volanis, M., Zoiopoulos, P., & Hadjigeorgiou, I. 2007. Assessing the potential benefits of technical intervention in evolving the semi-intensive dairy-sheep farms in Crete. *Small Ruminant Research*, 72(1): 66-72.
- Steinfeld, H. y Gerber, P. 2010. Livestock production and the global environment: consume less or produce better? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 18237-18238.
- Strauss, S. Y., Irwin, R. E., Lambrix, V. M. 2004. Optimal defence theory and flower petal colour predict variation in the secondary chemistry of wild radish. *Journal of Ecology*, 92(1): 132-141.
- Strzałkowska, N., Jóźwik, A., Bagnicka, E., Krzyżewski, J., Horbańczuk, K., Pyzel, B., Horbańczuk, J.O. 2009. Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. *Animal Science Papers and Reports*, 27: 311-320.
- Sukhija, P. H. y Palmquist, D. L. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36(6), 1202-1206.
- Sutton, P. 2003. An Empirical Environmental Sustainability Index Derived Solely from Nighttime Satellite Imagery and Ecosystem Service Valuation. *Population and Environment*, 24: 293-311.

- Syers, J.K., Hamblin, A., Pushparajah, E. 1995. Indicators and thresholds for the evaluation of sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*, 36 (75): 423–428.
- Taylor, D.C., Abidin, M.Z., Nasir, S.M., Ghazali, M.M., Chiew, E.F.C. 1993. “Creating a Farmer Sustainability Index: a Malaysian Case Study”. *American Journal of Alternative Agriculture*, 8: 175-184.
- Teixeira, R.F., Proença, V., Crespo, D., Valada, T., Domingos, T. 2015. A conceptual framework for the analysis of engineered biodiverse pastures. *Ecological Engineering*, 77: 85-97.
- Thomassen, M. A., y de Boer, I.J.M. 2005. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 111(1-4), 185-199
- Thompson, P.B. 1992. The varieties of sustainability. *Agriculture and Human Values*, 3 (4): 11-19.
- Thompson, P.B. 1997. Sustainability as a norm. In: *Techné: Technology in Culture and Concept*, 2(2): 75-94.
- Thompson, P.B. y Nardone, A. 1999. Sustainable livestock production: Methodological and ethical challenges. *Livestock Production Science*, 61: 111-119.
- Todaro, M., Corrao, A., Alicata, M.L., Schinelli, R., Giaccone, P., Priolo, A. 2004. Effects of litter size and sex on meat quality traits of kid meat. *Small Ruminant Research*, 54(3): 191-196.
- Toro-Mujica, P., García, A., Gómez-Castro, G., Acero, R., Perea, J., Rodríguez-Estévez, V., Aguilar, C., Vera, R. 2011. Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain. *Small Ruminant Research*, 100: 89-95.
- Toussaint, G. 1999. Recueil des indicateurs de fonctionnement des systèmes laitiers (Memorandum on dairy systems’ working indicators). CD Rom Les dossiers du CIRVAL 6.
- Toussaint, G. 2002. Notice des indicateurs de fonctionnement des systèmes laitiers. *Options méditerranéennes*, 39: 147-157.

- Toussaint, G., Morand-Fehr, P., Castel Genis, J.M., Choisis, J.P., Chentouf, M., Mena, Y., Pacheco, F., Ruiz, F.A. 2009. Méthodologie d'analyse et d'évaluation technico-économique des systèmes de production ovine et caprine. *Options Méditerranéennes Série A*, 91: 327-374.
- Toussaint, G., Morand-Fehr, P., Castel-Genis, J.M., Chentouf, M., Mena, Y., Pacheco, F., Ruiz, F.A., Srour, G., 2010. Proposition d'indicateurs complémentaires pour l'évaluation des systèmes de production ovine et caprine à base de parcours ou de pâtures cultivées. . En: *Actas del VII Seminario de la Subred FAO-CIHEAM de sistemas de producción ovinos y caprinos "Sostenibilidad económica, social y ambiental de los sistemas de producción ovinos y caprinos"*. Zaragoza, España.
- Tsiplakou, E., Mountzouris, K. C., Zervas, G. 2006. Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livestock Science*, 103(1-2): 74-84.
- Tsiplakou, E. y Zervas, G. 2008a. Comparative study between sheep and goats on rumenic acid and vaccenic acid in milk fat under the same dietary treatments. *Livestock Science*, 119: 87–94.
- Tsiplakou, E. y Zervas, G., 2008b. The effect of dietary inclusion of olive tree leaves and grape marc on the content of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in the milk of dairy sheep and goats. *Journal of Dairy Research*, 75: 270-278.
- Tsiplakou, E., Kotrotsios, V., Hadjigeorgiou, I., Zervas, G. 2010. Differences in sheep and goats milk fatty acid profile between conventional and organic farming systems. *Journal of Dairy Research*, 77(3): 343-349.
- Tudisco, R., Cutrignelli, M. I., Calabrò, S., Piccolo, G., Bovera, F., Guglielmelli, A., ... Infascelli, F. 2010. Influence of organic systems on milk fatty acid profile and CLA in goats. *Small Ruminant Research*, 88(2-3) 151-155.
- Ulbricht, T.L.V. y Southgate, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773): 985-992.
- United Nations (UN). 1996. *Indicators of Sustainable Development*. Ed.: United Nations. Nueva York, Estados Unidos.

- United Nations (UN). 2001. Indicators of Sustainable Development. Ed.: United Nations. Nueva York, Estados Unidos.
- United Nations (UN). 2012. Realizing The Future We Want for All. Report to the Secretary-General. UN System Task Team on the Post-2015. UN Development Agenda. Ed.: United Nations. Nueva York, Estados Unidos.
- Urrutia, O., Mendizabal, J. A., Insausti, K., Soret, B., Purroy, A., Arana, A. 2016. Effects of addition of linseed and marine algae to the diet on adipose tissue development, fatty acid profile, lipogenic gene expression, and meat quality in lambs. *PloS one*, 11(6): e0156765.
- Usai, M.G., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S., Carta, A. 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. *Livestock Production Science*, 104: 63–76.
- Valdivielso, I., Bustamante, M. Á., Buccioni, A., Franci, O., Ruíz de Gordo, J.C., de Renobales, M., Barron, L.J.R. 2015. Commercial sheep flocks—fatty acid and fat-soluble antioxidant composition of milk and cheese related to changes in feeding management throughout lactation. *Journal of Dairy Research*, 82(3): 334-343.
- Valdivielso, I., Bustamante, M. A., Aldezabal, A., Amores, G., Virto, M., Ruíz de Gordo, J. C., de Renobales, M., Barron, L. J. R. 2016. Case study of a commercial sheep flock under extensive mountain grazing: Pasture derived lipid compounds in milk and cheese. *Food Chemistry*, 197: 622-633.
- Van Calker, K. J., Berentsen, P.B.M., Giesen, G.W. J., Huirne, R.B.M. 2008. Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. *Ecological Economics*, 65(2): 407-419.
- van der Werf, H.M.G. y Petit, J. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: A comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 93: 131-145.
- Vanbergue, E., Peyraud, J.L., Guinard-Flament, J., Charton, C., Barbey, S, Lefebvre, R., Gallard, Y., Hurtaud, C. 2016. Effects of DGAT1 K232A polymorphism and milking frequency on milk composition and spontaneous lipolysis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(7): 5739-5749.

- Vasta, V., Nuddab, A., Cannas, A., Lanza, M., Priolo, A. 2008. Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 147: 223–246.
- Vasta, V., Makkar, H. P., Mele, M., Priolo, A. 2009. Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro. *British Journal of Nutrition*, 102: 82-92.
- Vasta, V., Yáñez-Ruiz, D. R., Mele, M., Serra, A., Luciano, G., Lanza, M., Biondi, L., Priolo, A. 2010. Bacterial and protozoal communities and fatty acid profile in the rumen of sheep fed a diet containing added tannins. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(8): 2549-2555.
- Vavra, M. 1996. Sustainability of animal production systems: An ecological perspective. *Journal of Animal Science*, 74: 1418-1423.
- Verde, A., Rivera, D., Fajardo, J., Obón, C., Cebrián, F. 2008. Guía de las plantas medicinales de Castilla-La Mancha (y otros recursos de uso tradicional). Ed.: Altabán ediciones. Albacete, España.
- Vilain, L. 2008. La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Ed.: Educagri éditions. Dijon, Francia.
- Virto, M., Bustamante, M., de Gordo, J.C.R., Amores, G., Fernández-Caballero, P.N., Mandaluniz, N., Arranz, J., Nájera, A. I., Albisu, M., Pérez-Elortondo, F. J., Barron, L.J.R., de Renobales, M. 2012. Interannual and geographical reproducibility of the nutritional quality of milk fat from commercial grazing flocks. *Journal of Dairy Research*, 79(4): 485–494.
- Wang, T., Teague, W., Park, S., Bevers, S. 2015. GHG mitigation potential of different grazing strategies in the United States southern Great Plains. *Sustainability*, 7: 13500–13521.
- Warris, P.D., Brown, S.N., Franklin, J.C., Kestin, S.C. 1990. The thickness and quality of backfat in various pig breeds and their relationship to intramuscular fat and setting of joints from the carcasses. *Meat Science*, 28: 21-29
- Webb, E.C. y Casey, N.H. 1995. Genetic differences in fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue in Dorper and SA Mutton Merino weathers at different live weights. *Small Ruminant Research*, 18(1): 81-88

- Whigham, L. D., Cook, M. E., Atkinson, R. L. 2000. Conjugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacological Research*, 42(6): 503-510.
- Willcox, J.K., Ash, S.L., Catignani, G.L. 2004. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4): 275-295.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science*, 78(4): 343-358.
- World Cancer Research Foundation (WCRF). 2007. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Ed.: World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research. Washington (DC), Estados Unidos.
- World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. Our common future. Ed.: Oxford University Press. Londres, Inglaterra.
- World Organisation for Animal Health (OIE). 2009. Working Group on Animal Production Food Safety. Ed.: OIE. Disponible en: <https://www.oie.int/doc/ged/D3658.PDF>
- Worrell, R. y Appleby, M.C. 2000. Stewardship of natural resources: Definition, ethical and practical aspects. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics*, 12: 263-277.
- Zamfirescu, S, Sogerescu, E., Toussaint, G. 2009. Evaluation des systèmes de production caprine en Roumanie. *Options Méditerranéennes Série A*, 91: 61–66.
- Žan, M., Stibilj, V., Rogelj, I., 2006. Milk fatty acid composition of goats grazing on alpine pasture. *Small Ruminant Research*, 64: 45–52.
- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpaux, B. 2009. Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females without separation from males. *Theriogenology*, 72: 910–918
- Zeng, S.S., Zhang, L., Wiggans, G.R., Clay, J., LaCroix, R., Wang, J.Z., Gipson, T. 2008. Current status of composition and somatic cell count in milk of goats enrolled in Dairy Herd Improvement Program in the United States. En: *New Research on Livestock Science and Dairy Farming*. Ed.: Nova Science Publishers, Inc. Nueva York, Estados Unidos.

- Zervas, G. y Tsiplakou, E. 2011. The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101: 140-149.
- Zervas, G. y Tsiplakou, E., 2012. An assessment of GHG emissions from small ruminants in comparison with GHG emissions from large ruminants and monogastric livestock. *Atmospheric Environment*, 49: 13–23.
- Zhuang, M. y Li, W., 2017. Greenhouse gas emission of pastoralism is lower than combined extensive/intensive livestock husbandry: A case study on the Qinghai-Tibet Plateau of China. *Journal of Cleaner Production*, 147: 514-522.
- Zulueta, A., Maurizi, A., Frígola, A., Esteve, M.J., Coli, R., Burini, G. 2009. Antioxidant capacity of cow milk, whey and deproteinized milk. *International Dairy Journal*, 19: 380–385.

ANEXO: PUBLICACIONES

1. Revistas indexadas:

Delgado-Pertíñez, M., **Gutiérrez-Peña, R.**, Mena, Y., Fernández-Cabanás, V.M., Laberyeb, D. 2013. Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research* 114(1): 167-175.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Ruiz, F.A., Delgado-Pertíñez, M. 2016. Strengths and weaknesses of traditional feeding management of dairy goat farms in mountain areas. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(7): 736-756.

Mena, Y., **Gutiérrez-Peña, R.**, Delgado-Pertíñez, M., Ruiz, F.A.. 2017. Can dairy goat farms in mountain areas reach a satisfactory level of profitability without intensification? A case study in Andalusia (Spain). *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41 (6): 614–634.

Gutiérrez-Peña, R., Fernández-Cabanás, V.M., Mena, Y., Delgado-Pertíñez, M. 2018. Fatty acid and fat-soluble antioxidant composition of milk in goat farms under Mediterranean wood pastures as affected by grazing level and seasons. *Journal of Food Composition and Analysis*, 72: 122–131..

Pérez Neira D., Soler M., **Gutiérrez Peña R.**, Mena Y. 2018. Avoided energy costs and efficiency of pastoral dairy goat husbandry. A study case in Andalusia (Spain). *Sustainability*, 10(8): 2838.

Gutiérrez-Peña R., Mena Y., Batalla I., Mancilla-Leytón J.M. 2018. Carbon footprint of dairy goat production systems: a comparison of three contrasting grazing degrees in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain). *Journal of Cleaner Production*, *in press*.

2. Revistas especializadas:

Ruiz, F.A., Mena, Y., Castel, J.M., Pleguezuelos, J., **Gutiérrez-Peña, R.**, González, O., Jènot, F. 2011. Estrategias para la mejora de la sostenibilidad de las explotaciones de caprino lechero. *Pequeños Rumiantes*, 12: 21-27.

- Castel, J.M., Mena, Y., Ruiz, F.A., **Gutiérrez-Peña, R.** 2012. Situación y evolución de los sistemas de producción caprina en España. Revista Tierras Caprino, 1: 24-37.
- Ruiz F.A., **Gutiérrez-Peña, R.** 2012. Censos, producciones y mercados del sector caprino español. Revista Tierras Caprino 1: 38-45.
- Ruiz, F.A., Mena, Y., Ruiz Yañez, D., Jimeno, V., Castel, J.M., **Gutiérrez-Peña, R.**, Sánchez, S. 2012. Estrategias nutricionales en ganado caprino. Revista Ganadería, Julio-Agosto: 22-27.
- Gutiérrez-Peña, R.**, Mena, Y., Castel, J.M. 2013. El uso de indicadores para la mejora de la rentabilidad en explotaciones caprinas. Revista Ganadería, Enero-Febrero: 16-20.
- Gutiérrez-Peña, R.**, Delgado-Pertíñez, M., Fernández-Cabanás, V.M., Mena, Y., Flores, A., Ruíz, F.A. 2013. Composición en ácidos grasos y contenidos de vitaminas A y E de la leche de cabra de la raza Payoya en sistemas de pastoreo arbustivo-mediterráneo. Pastos, 43(2): 36-43.
- Mena, Y., Ruiz, F.A., **Gutiérrez-Peña, R.**, Vázquez, M., Castel, J.M. 2014. El papel de la ganadería en el mantenimiento y el aprovechamiento de los montes mediterráneos. Revista Ambienta, Julio: 18-242.
- Ruiz F,A, Navarro, L., Mena, Y., **Gutiérrez-Peña, R.**, Castel, J.M. 2014. Situación actual y perspectivas de futuro de los productos lácteos vinculados a la raza Payoya. Revista FEAGAS, 38: 87-97.
- Ruiz, F.A., Pleguezuelos, J., Mena, Y., Castel, J.M., Martínez, E., **Gutiérrez-Peña, R.** 2014. Evolución de la viabilidad económica de las explotaciones caprinas de raza Murciano-Granadina. Revista FEAGAS, 38: 97-102.
- Mena, Y., Batalla, I., **Gutiérrez-Peña, R.**, del Hierro, O. 2015. La huella de carbono de la ganadería ecológica de rumiantes: definición y cálculo. Revista Agricultura Ecológica, 20.
- Mena, Y., **Gutiérrez-Peña, R.**, Delgado-Pertíñez, M., Ruiz, F, Castel, J.M. 2017. Ganadería caprina pastoral: diferencias de manejo e implicaciones técnico-económicas. Revista Tierras Caprino 18, 16-18.

Delgado-Pertiñez, M., **Gutiérrez-Peña, R.**, Morales-Jerrett E., Fernández-Cabanás, V.M., Mena, Y. 2018. La leche de cabra producida en pastos arbustivos mediterráneos: una cuestión de calidad. Revista Tierras Caprino, 23: 74-79.

3. Comunicaciones a congreso:

Gutiérrez-Peña, R., Delgado-Pertiñez, M., Manca, C., Addis, M., Guzmán-Guerrero, J.L., Sitzia, M. 2018. Comparing the lamb's quality of the autochthonous sheep breeds Sarda and Mallorquina under different feeding management systems. 20th Symposium of the European Grassland Federation (EGF). Cork, Irlanda.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Delgado-Pertiñez M. 2018. Caracterización técnico-económica de explotaciones de ovino de raza autóctona mallorquina. VII Congreso Internacional de Agroecología. Córdoba, España.

Gutiérrez-Peña, R., Castillo, V., Delgado-Pertiñez, M., Guzmán-Guerrero, J.L. 2017. Carcass composition and meat quality of pasture-raised Mallorquina sheep in Balearic Islands. 19th Symposium of the European Grassland Federation (EGF). Alghero, Italia.

Gutiérrez-Peña, R., Delgado-Pertiñez, M., Guzmán-Guerrero, J.L., Horcada, A. 2017. Perfil de ácidos grasos de la carne de cordero de raza autóctona Mallorquina en función del peso y de la alimentación. 56ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Barcelona, España.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Fernández-Cabanás, V.M., Delgado-Pertiñez, M. Producción y calidad bromatológica e higienicosanitaria de la leche de cabra en sistemas de pastoreo tipo arbustivo-mediterráneo. 56ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Barcelona, España.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Mlicheo, J.M., García, S. 2015. Análisis técnico-económico de las explotaciones caprinas de raza Malagueña: estrategias de mejora de su viabilidad. XVI Jornadas sobre Producción Animal AIDA-ITEA. Zaragoza, España.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Aguirre, I., Horcada, A. Análisis estructural del sistema productivo y de la comercialización de los sistemas ganaderos de rumiantes de orientación cárnica en Andalucía. IX Congreso SEAE “Agricultura familiar”. Vitoria, España.

Batalla, I., **Gutierrez-Peña, R.**, del Hierro, O., López-Neira, D, Mena, Y. Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de la ganadería bovina y ovina ecológicas, en las dehesas de Andalucía. IX Congreso SEAE “Agricultura familiar”. Vitoria, España.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Delgado-Pertíñez M., Damian, M., Ruiz Morales, F.A. Análisis de la contribución de la ganadería ecológica de rumiantes al mantenimiento de la biodiversidad y a la conservación de los ecosistemas naturales en Andalucía. 53ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Potes, España.

Gutiérrez-Peña, R., Pérez-Neira, D., Mena, Y., Soler, M. 2014. Propuesta metodológica para el análisis del comportamiento energético de los sistemas caprinos. III Workshop sobre mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agroforestal (REMEDIA). Valencia, España.

Gutiérrez-Peña, R., Pérez-Neira D., Mena Y. 2014. Análisis energético de explotaciones ecológicas de rumiantes Andalucía. III Workshop sobre mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agroforestal (REMEDIA). Valencia, España.

Ruiz-Morales, F.A, Navarro-García, L., **Gutiérrez-Peña, R.** 2013. Potencialidades para la comercialización de productos ecológicos de origen animal. 2º Seminario Internacional de Producción Animal Orgánica. Bogotá, Colombia.

Ruiz-Morales, F.A, Navarro-García, L., **Gutiérrez-Peña, R.** Los retos del Sector Quesero de Cabra orgánico en Andalucía (España). 2º Seminario Internacional de Producción Animal Orgánica. Bogotá, Colombia.

Gutiérrez-Peña, R., Intxaurrendieta, J.M., Palacios C., Mena, Y., Batalla, M.I., Hidalgo, C., Mauleon, J.R., Álvarez, R., Aguirre, I., Del Hierro, O., Eguinoa, P. 2013. Análisis de la

viabilidad socioeconómica de las explotaciones de pequeños rumiantes lecheros en España. XIV Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Málaga, España.

Romero, I., **Gutiérrez-Peña, R.**, Ruiz, F.A., Mena, Y. 2013. Análisis técnico-económico de los sistemas caprinos lecheros de raza malagueña. XIV Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Málaga, España.

Soler, M., Pérez-Neira, D. **Gutiérrez-Peña, R.**, Aguirre, I. 2013. Indicadores de género en el análisis de la sostenibilidad de sistemas ganaderos extensivos. XI Congreso Español de Sociología. Madrid , España.

Mena, Y., Ruiz, F.A., Castel, J.M., **Gutiérrez-Peña, R.**, Toussaint, G. 2013. Evolution and efficacy of the use of indicators for improving pastoral farms. 8th Internacional Seminar of the FAO-CIHEAM Network on sheep and goat . Subnetwork on Production System. Tánger, Marruecos.

Cosci, F., Ruiz, F.A., Castel, J.M., Pleguezuelos, J., **Gutiérrez-Peña, R.**, Mena, Y. 2013. Factors affecting somatic cells count in milk of Murciano-Granadina goat milk. 8th Internacional Seminar of the FAO-CIHEAM Network on sheep and goat. Subnetwork on Production System. Tánger, Marruecos.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Delgado-Pertíñez M., Fernández-Cabanás, V.M., Ruiz Morales, F.A. 2013. Caracterización del manejo alimentario y reproductivo de los sistemas caprinos pastorales de tipo arbustivo-Mediterráneo. 52ª Reunión Científica de Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Badajoz, España.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Delgado-Pertíñez M., Fernández-Cabanás, V.M., Ruiz Morales, F.A. 2103. Contenidos de vitaminas A y E de la leche de cabra de la raza Payoya en sistemas de pastoreo de tipo arbustivo-Mediterráneo. 52ª Reunión Científica de Sociedad Española para el Estudio de los pastos y forrajes (SEEP). Badajoz, España.

Batalla, M.I., Pinto, M., Intxaurrendieta, J.M., Mangado, J.M., Eguinoa, P., Marijuan, S., **Gutiérrez-Peña, R.**, Mena, Y., Hidalgo, C., Palacios, C., Pérez, D., del Hierro, O. Análisis de sostenibilidad de los diferentes sistemas de ganaderías con pequeños rumiantes de aptitud lechera. Empleo de indicadores económicos, sociales y ambientales. II Workshop sobre mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agroforestal (REMEDIA). Zaragoza, España.

Del Hierro, O., Pinto, M., Intxaurrendieta, J.M., Mangado, J.M., Eguinoa, P., Marijuan, S., **Gutierrez-Peña. R.**, Mena, Y., Hidalgo, C., Palacios, C., Pérez, D., Batalla. M.I. Poster. 2013. La huella de carbono como indicador ambiental en la evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de pequeños rumiantes de aptitud lechera. II Workshop sobre mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agroforestal (REMEDIA). Zaragoza, España.

Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Delgado-Pertíñez M., Fernández-Cabanás, V.M., Ruiz Morales, F.A. 2012. Efecto del nivel de pastoreo sobre la composición de los ácidos grasos de la leche de raza caprina Payoya. FEAGASUR-2012. Jerez de la Frontera, España.

Ruiz Morales, F.A., Castel, J.M., Pleguezuelos, J., Mena, Y., **Gutiérrez-Peña, R.** 2012. Factores que afectan a los resultados económicos de explotaciones de la raza caprina Murciano-Granadina. FEAGASUR-2012. Jerez de la Frontera, España.

Gutiérrez-Peña, R., Delgado-Pertíñez, M., Fernández-Cabanás, V.M., Mena, Y., Ruiz, F.A. 2012. Effect of grazing level on a mediterranean shrublands in milk fatty acid composition of Payoya goats. XI International Conference of the International Goats Association (IGA). Las Palmas de Gran Canaria, España.

Ruiz, F.A., Castel, J.M., Pleguezuelos, J., Camuñez, J., Mena, Y., **Gutierrez-Peña, R.** 2012. Evolution of production costs, incomes and economic margins in Murciano-Granadina breed farms. XI International Conference of the International Goats Association (IGA). Las Palmas de Gran Canaria, España.

Gutierrez-Peña, R., Mena, Y., Castel, J.M., Ruiz-Morales, F.A., Delgado-Pertíñez, M. 2012. Dairy goat grazing management: Analysis of its profitability. XI International

Conference of the International Goats Association (IGA). Las Palmas de Gran Canaria, España.

Gutierrez-Peña, R., Mena, Y., Ruiz-Morales, F.A., Castel, J.M. 2012. Análisis de la sostenibilidad de las explotaciones caprinas pastorales andaluzas. IV Congreso Internacional de Agroecología y Agricultura Ecológica. Vigo, España.

