



universidad  
de león



CSIC  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Instituto de Ganadería de Montaña  
igm

**EFFECTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DEL SEXO SOBRE LA  
INGESTIÓN, EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE  
LA CANAL Y DE LA CARNE DE CORDEROS DE RAZA ASSAF Y DEL CRUCE  
ASSAF X MERINA**

**EFFECT OF FEEDING SYSTEM AND SEX ON FEED INTAKE, ANIMAL PERFORMANCE AND  
CARCASS AND MEAT CHARACTERISTICS OF ASSAF AND ASSAF X MERINO LAMBS**

**Roberto Daniel Landa**

**León 2016**



universidad  
de león



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



CSIC  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



## INFORME DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Los doctores **FRANCISCO JAVIER GIRÁLDEZ GARCÍA** y **ÁNGEL RUIZ MANTECÓN**, como directores de la Tesis Doctoral titulada “Efecto del sistema de alimentación y del sexo sobre la ingestión, el rendimiento productivo y las características de la canal y de la carne de corderos de raza Assaf y del cruce Assaf x Merina”, realizada por **D. ROBERTO DANIEL LANDA**, informan favorablemente, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

En León, a 10 de noviembre de dos mil quince.

Dr. Francisco Javier Giráldez García

Dr. Ángel Ruiz Mantecón

La presente Tesis Doctoral ha sido realizada en León, en el Instituto de Ganadería de Montaña (IGM), centro mixto entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de León (ULE).

Don Roberto Daniel Landa ha disfrutado de una beca de estudios de postgrado "Programa 8" financiado por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto IFD97-1898 otorgado por el Ministerio de Educación y Cultura (MEC) de España.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que han puesto a mi disposición los medios materiales y humanos para la realización de este trabajo:

A mis directores Francisco Javier Giráldez García por su incansable humanidad, apoyo y notable predisposición en este camino inolvidable, y a Ángel Ruiz Mantecón, por su experiencia y objetividad por lo que ambos me han ofrecido para contribuir al desarrollo de mi formación académica y personal.

A los investigadores del Instituto de Ganadería de Montaña (antigua Estación Agrícola Experimental), así como al personal tanto de administración como de los laboratorios y demás dependencias, en especial a María Paz, Pilar, Benita, Avelino, Javierón, Melchor, J.F., por su colaboración y su valiosa ayuda en la fase experimental.

A los becarios, de aquellos tiempos transcurridos en mi estancia en León, especialmente a Marcela, Ana, Emma, Ceferina, Sonia, Jorge, Manuel, Miguelete, Graciano y Gonzalo, por su compañía y su trabajo desinteresado durante todos esos años.

Al Departamento de Producción Animal de la ULE, por su hospitalidad y formación, en especial al ilustre Prof. Dr. Eduardo Zorita, por sus clases magistrales y visión de la vida.

A Eva María Melón Fidalgo, de la Unidad de Doctorado de la ULE, por brindarme siempre una ayuda desde mi país.

A las autoridades del CSIC, la UNICEN y la Facultad de Ciencias Veterinarias de Tandil (Argentina), por su contribución en el financiamiento de mis estudios.

A mis queridos compañeros de trabajo de la Facultad de Ciencias Veterinarias de Tandil, especialmente a Edgardo, Miguel, Claudio, Guillermo, Gallego, Guly, Julio, Néstor, Leticia, Carlos y Sergio por su desinteresada y eterna colaboración.

A mi mujer Laura por su amor y apoyo logístico, a mi hija Julia que esbozó sus primeras palabras y pasos en León, a mi madre que con mucho esfuerzo y amor soy en gran parte lo que soy y a mi hermano Miguel, por estar siempre a mi lado.

A todos los que de una manera u otra han contribuido en la elaboración de esta tesis.

Gracias totales

**A mi familia**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1.	Origen de la raza Assaf, características generales y censo.....	5
2.2.	Calidad de la canal.....	7
2.2.1.	Peso y rendimiento de la canal.....	8
2.2.2.	Conformación de la canal.....	9
2.2.3.	Engrasamiento de la canal.....	10
2.2.4.	Composición regional y tisular de la canal.....	11
2.2.5.	Factores que condicionan las características de la canal.....	12
2.2.5.1.	Factores relacionados con el animal.....	12
2.2.5.1.a	Efecto sobre el peso y rendimiento de la canal.....	12
2.2.5.1.b	Efecto sobre la conformación de la canal.....	16
2.2.5.1.c	Efecto sobre el grado de engrasamiento.....	19
2.2.5.1.d	Efecto sobre la composición regional y tisular.....	22
2.2.5.2.	Factores relacionados con la alimentación.....	26
2.2.5.2.a	Efecto sobre el peso y rendimiento de la canal.....	26
2.2.5.2.b	Efecto sobre la conformación.....	29
2.2.5.2.c	Efecto sobre el engrasamiento.....	30
2.2.5.2.d	Efecto sobre la composición regional y tisular.....	32
2.3.	Calidad de la carne.....	35
2.3.1.	Parámetros físico-químicos que definen la calidad de la carne	38
2.3.1.1.	pH.....	38
2.3.1.2.	Color.....	41
2.3.1.3.	Capacidad de retención de agua.....	45
2.3.1.4.	Textura.....	48

2.3.1.5.	Composición química de la carne y de la grasa.....	51
2.3.2.	Factores que condicionan la calidad de la carne.....	52
2.3.2.1.	Factores relacionados con el animal.....	52
2.3.2.2.	Factores relacionados con la alimentación.....	66
3.	OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL.....	76
3.1.	Objetivos.....	76
3.2.	Planteamiento experimental.....	76
3.2.1.	Prueba 1.....	76
3.2.2.	Prueba 2.....	77
3.2.3.	Prueba 3.....	78
4.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	80
4.1.	Prueba 1.....	80
4.1.1.	Animales.....	80
4.1.2.	Alimentación.....	80
4.1.3.	Desarrollo experimental.....	81
4.1.4.	Sacrificio.....	82
4.1.5.	Características de la canal.....	83
4.1.5.1.	Peso de la canal caliente, fría, rendimientos y pérdidas por oreo.....	83
4.1.5.2.	Conformación y grado de engrasamiento.....	84
4.1.5.3.	pH y color.....	86
4.1.5.4.	Medidas morfológicas.....	87
4.1.5.5.	Despiece y composición tisular.....	90
4.1.6.	Características de la carne.....	92
4.1.6.1.	pH y color.....	92
4.1.6.2.	Área del músculo <i>Longissimus dorsi thoracis</i> .....	93
4.1.6.3.	Capacidad de retención de agua.....	93

4.1.6.4.	Textura.....	94
4.1.6.5.	Composición química.....	94
4.1.7.	Análisis químico.....	95
4.1.7.1.	Alimentos.....	95
4.1.7.2.	Canal, no canal y carne.....	95
4.1.8.	Análisis estadístico de los resultados.....	95
4.2.	Prueba 2.....	96
4.2.1.	Animales y dietas experimentales.....	96
4.2.2.	Desarrollo experimental.....	97
4.2.3.	Sacrificio y evaluación de las características de la no canal, de la canal y de la carne.....	98
4.2.4.	Análisis estadístico de los resultados.....	98
4.3.	Prueba 3.....	98
4.3.1.	Animales.....	98
4.3.2.	Alimentación y desarrollo experimental.....	99
4.3.3.	Sacrificio y evaluación de las características de la no canal, de la canal y de carne.....	99
4.3.4.	Cálculos y análisis estadísticos.....	96
5.	RESULTADOS.....	99
5.1.	Prueba 1.....	100
5.1.1.	Parámetros productivos: ingestión, ganancia diaria de peso, edad al sacrificio e índice de conversión.....	100
5.1.2.	Características de la no canal.....	100
5.1.2.1.	Peso de la no canal y de sus componentes.....	100
5.1.2.2.	Depósitos de grasa interna.....	102
5.1.2.3.	Composición química de la no canal.....	103
5.1.3.	Características de la canal.....	104

5.1.3.1.	Peso, rendimientos, pérdidas por oreo, conformación y grado de engrasamiento.....	104
5.1.3.2.	pH y color.....	105
5.1.3.3.	Medidas morfológicas.....	106
5.1.3.4.	Despiece (composición regional).....	107
5.1.3.5.	Composición tisular de la espalda.....	108
5.1.3.6.	Composición química de la canal.....	110
5.1.4.	Características de la carne.....	111
5.1.4.1.	pH, color, área, pérdidas de agua por presión y cocción, textura.....	111
5.1.4.2.	Composición química de la carne.....	112
5.2.	Prueba 2.....	113
5.2.1.	Ingestión, ganancia de peso e índice de conversión.....	113
5.2.2.	Características de la no canal.....	113
5.2.2.1.	Peso de la no canal y de sus componentes.....	113
5.2.2.2.	Depósitos de grasa interna.....	115
5.2.2.3.	Composición química de la no canal.....	116
5.2.3.	Características de la canal.....	117
5.2.3.1.	Peso canal caliente y fría, pérdidas por oreo, rendimientos, conformación y grado de engrasamiento.....	117
5.2.3.2.	pH y color.....	117
5.2.3.3.	Medidas morfológicas.....	118
5.2.3.4.	Despiece (composición regional).....	119
5.2.3.5.	Composición tisular de la espalda.....	121
5.2.3.6.	Composición química de la canal.....	122
5.2.4.	Características de la carne.....	122
5.2.4.1.	pH, área, pérdidas de agua por presión y cocción, color y textura.....	122
5.2.4.2.	Composición química de la carne.....	123

5.3.	Prueba 3.....	125
5.3.1.	Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión.....	125
5.3.2.	Características de la no canal.....	126
5.3.2.1.	Peso de la no canal y de sus componentes.....	126
5.3.2.2.	Depósitos de grasa interna.....	127
5.3.2.3.	Composición química de la no canal.....	128
5.3.3.	Características de la canal.....	129
5.3.3.1.	Peso canal caliente y fría, pérdidas por oreo, rendimientos comercial y verdadero.....	129
5.3.3.2.	pH y color.....	130
5.3.3.3.	Medidas morfológicas.....	131
5.3.3.4.	Despiece (composición regional).....	131
5.3.3.5.	Composición tisular de la espalda.....	134
5.3.3.6.	Composición química de la canal.....	135
5.3.4.	Características de la carne.....	136
5.3.4.1.	pH, color, área, pérdidas de agua por presión y cocción y textura.....	136
5.3.4.2.	Composición química de la carne.....	137
6.	DISCUSIÓN.....	138
6.1.	Prueba 1.....	138
6.1.1.	Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión.....	138
6.1.2.	Características de la no canal.....	139
6.1.2.1.	Peso de la no canal y de sus componentes.....	139
6.1.2.2.	Depósitos de grasa interna.....	141
6.1.2.3.	Composición química de la no canal.....	143
6.1.3.	Calidad de la calidad.....	143
6.1.3.1.	Peso de la canal caliente, pérdidas por oreo, rendimientos, conformación y grado de engrasamiento.....	143

6.1.3.2.	pH y color.....	147
6.1.3.3.	Medidas morfológicas.....	149
6.1.3.4.	Composición regional (despiece).....	151
6.1.3.5.	Composición tisular de la espalda.....	152
6.1.3.6.	Composición química de la canal.....	154
6.1.4.	Calidad de la carne.....	155
6.1.4.1.	Área del músculo.....	155
6.1.4.2.	pH.....	155
6.1.4.3.	Color.....	156
6.1.4.4.	Capacidad de retención de agua y textura.....	157
6.1.4.5.	Composición química de la carne.....	159
6.2.	Prueba 2.....	162
6.2.1.	Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión.....	162
6.2.2.	Características de la no canal.....	165
6.2.2.1.	Peso de la no canal y de sus componentes.....	165
6.2.2.2.	Depósitos de grasa interna.....	168
6.2.2.3.	Composición química de la no canal.....	170
6.2.3.	Calidad de la calidad.....	171
6.2.3.1.	Peso de la canal caliente y fría, pérdidas por oreo, rendimientos, conformación y grado de engrasamiento.....	171
6.2.3.2.	pH y color.....	174
6.2.3.3.	Medidas morfológicas.....	177
6.2.3.4.	Composición regional (despiece).....	178
6.2.3.5.	Composición tisular de la espalda.....	180
6.2.3.6.	Composición química de la canal.....	182
6.2.4.	Calidad de la carne.....	182

6.2.4.1.	Área del músculo.....	182
6.2.4.2.	pH.....	183
6.2.4.3.	Color.....	184
6.2.4.4.	Capacidad de retención de agua y textura.....	185
6.2.4.5.	Composición química de la carne.....	188
6.3.	Prueba 3.....	190
6.3.1.	Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión.....	190
6.3.2.	Características de la no canal.....	191
6.3.2.1.	Peso de la no canal y de sus componentes.....	191
6.3.2.2.	Depósitos de grasa interna.....	193
6.3.2.3.	Composición química de la no canal.....	194
6.3.3.	Calidad de la calidad.....	195
6.3.3.1.	Peso de la canal caliente y fría, pérdidas por oreo y rendimientos.....	195
6.3.3.2.	pH y color.....	196
6.3.3.3.	Medidas morfológicas.....	201
6.3.3.4.	Composición regional (despiece).....	202
6.3.3.5.	Composición tisular de la espalda.....	203
6.3.3.6.	Composición química de la canal.....	204
6.3.4.	Calidad de la carne.....	206
6.3.4.1.	Área del músculo.....	206
6.3.4.2.	pH.....	206
6.3.4.3.	Color.....	208
6.3.4.4.	Capacidad de retención de agua y textura.....	210
6.3.4.5.	Composición química de la carne.....	213
7.	CONCLUSIONES.....	215
8.	RESÚMENES.....	218

8.1.	Resumen	218
8.2.	Abstrac	223
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	228

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Valores medios del peso vivo (PV), canal fría (PCF) y rendimiento comercial de la canal (RC) de corderos de distintas razas criados en condiciones de cebo intensivo.....	13
Tabla 2.2.	Valores medios del peso de la canal fría (PCF) y rendimiento comercial a la canal (RC) de corderos machos y hembras criados en condiciones de cebo intensivo.....	14
Tabla 4.1.	Composición química (g/kg) y contenido energético (Mcal/kg MS) de la leche en polvo.....	80
Tabla 4.2.	Descripción de los estados de conformación (Colomer-Rocher <i>et al.</i> , 1988).....	85
Tabla 4.3.	Composición química de los ingredientes de las raciones experimentales.....	97
Tabla 5.1.	Valores medios de ingestión de leche (IMS, g animal-1), de ganancia diaria de peso (GDP, g-animal-1-día-1), de edad al sacrificio (ESac, días) y del índice de conversión (IC, g MS/ g GDP) para los diferentes tratamientos experimentales [lactancia natural (LN), lactancia artificial ad-libitum (LA-ad) y lactancia artificial restringida (LA-rest)].....	100
Tabla 5.2.	Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío (PVV) de la no canal y de sus componentes: sangre, lana, caídos y despojos blancos (D-blancos) y rojos (D-rojos) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	101
Tabla 5.3.	Valores medios del peso y proporción del PVV, de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-oment), grasa mesentérica (G-mesent) y grasa perirrenal (G-renal), correspondientes a cada tratamiento experimental.....	102
Tabla 5.4.	Composición química (g/kg) de la no canal para cada uno de los tratamientos experimentales.....	103

Tabla 5.5.	Valores medios del peso de la canal caliente (PCC), de las pérdidas por oreo (PO), de los rendimientos comercial (RC) y verdadero (RV), de la conformación de la canal (CC: 1-15 puntos), del grado de engrasamiento (GE: 1-12 puntos) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	104
Tabla 5.6.	Valores medios de pH (a las 0 y 24 horas post mortem) en los músculos Longissimus dorsi thoracis (L.Dorsi) y Semimembranosus (Semi) y parámetros colorimétricos (L*, a*, b*, tono y saturación) de la grasa (maslo de la cola,) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	105
Tabla 5.7.	Valores medios del perímetro de la grupa (B), anchura de la grupa (G), anchura del tórax (Wr), longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad del tórax (Th), espesor de la grasa subcutánea, profundidad de la pared torácica e índices de compacidad de la canal (ICC) y compacidad de la pierna (ICP), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	106
Tabla 5.8.	Valores medios del peso (g) y de la proporción (g·kg <sup>-1</sup> de canal) de las diferentes piezas y categorías comerciales correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	108
Tabla 5.9.	Valores medios del peso y de la proporción (g·kg <sup>-1</sup> ) de músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y desechos (otros) obtenidos en la disección de la espalda, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	109
Tabla 5.10.	Composición química (g/kg) de la canal para cada uno de los tratamientos experimentales.....	110
Tabla 5.11.	Valores medios del pH, del área (T6 y T13), de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de los parámetros colorimétricos (L*, a*, b*, tono y saturación) y de la fuerza de corte (Fuerza) determinados en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> , correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	111
Tabla 5.12.	Composición química (g/kg) del músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> , correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	112

Tabla 5.13.	Valores medios de ingestión (g-animal-1-día-1) de materia seca (IMS), proteína bruta (IPB), fibra detergente neutra (IFDN) y energía bruta (IEB, (MJ-animal-1-día-1)), de ganancia diaria de peso (GDP, g-animal-1-día-1) e índice de conversión (IC, g IMS/g GDP), de duración del cebo (días) para los diferentes tratamientos experimentales.....	113
Tabla 5.14.	Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de la no canal y de sus componentes [sangre, lana, caídos y despojos blancos (D-blancos) y rojos (D-rojos)], correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	114
Tabla 5.15.	Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-omental), mesentérica (G-mesent) y pélvico-renal (G-renal)], correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	115
Tabla 5.16.	Composición química (g/kg) de la no canal para cada uno de los tratamientos experimentales.....	116
Tabla 5.17.	Valores medios del peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), pérdidas por oreo (PO), de los rendimientos comercial (RC) y verdadero (RV), de la conformación de la canal (CC: 1-15 puntos), del grado de engrasamiento (GE: 1-12 puntos), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	117
Tabla 5.18.	Valores medios de pH (a las 0 y 24 horas post mortem) en los músculos <i>Longissimus dorsi thoracis</i> (L.Dorsi) y <i>Semimembranosus</i> (Semi)] y parámetros colorimétricos (L*, a*, b*, tono y saturación) de la grasa (maslo de la cola,) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	118
Tabla 5.19.	Valores medios del perímetro de la grupa (B), anchura de la grupa (G), anchura del tórax (Wr), longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad del tórax (Th), espesor de la grasa subcutánea, profundidad de la pared torácica e índices de compacidad de la canal (ICC) y de la pierna (ICP), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	119
Tabla 5.20.	Valores medios del peso (g) y de la proporción (g-kg-1 de canal) de las diferentes piezas y categorías comerciales correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	120

Tabla 5.21.	Valores medios del peso y de la proporción (g·kg <sup>-1</sup> ) de músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y desechos (otros) obtenidos en la disección de la espalda y la relación músculo/grasa total y músculo/hueso, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	121
Tabla 5.22.	Composición química de la canal (g/kg) correspondiente a los diferentes tratamientos experimentales.....	122
Tabla 5.23.	Valores medios del pH, del área (T6 y T13), de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de los parámetros colorimétricos y de la fuerza de corte (Fuerza) determinados en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> , correspondientes a los diferentes tratamientos experimental.....	123
Tabla 5.24.	Composición química (g/kg) del músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> para los diferentes tratamientos experimentales.....	124
Tabla 5.25.	Valores medios de ingestión de paja (Ipaja, g MS animal-1 día-1), de concentrado (Iconc, g MS animal-1 día-1) y materia seca total (IMST, g animal-1 día-1), de ganancia diaria de peso (GDP, g animal-1 día-1) e índice de conversión (IC, g IMS/ g GDP) para los diferentes tratamientos experimentales.....	125
Tabla 5.26.	Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de la no canal y de sus componentes [sangre, lana, caídos y despojos blancos (D-blancos) y rojos (D-rojos)], correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	126
Tabla 5.27.	Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-omental), mesentérica (G-mesent) y pélvico-renal (G-renal)] para cada tratamiento experimental.....	128
Tabla 5.28.	Composición química (g/kg) de la no canal para cada uno de los tratamientos experimentales.....	129
Tabla 5.29.	Valores medios del peso de la canal caliente (PCC) y fría (PCF), pérdidas por oreo (PO) y de los rendimientos comercial (RC) y verdadero (RV), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	129

Tabla 5.30.	Valores medios de pH (a las 0 y 24 horas post mortem) en los músculos <i>Longissimus dorsi thoracis</i> (L.Dorsi) y <i>Semimembranosus</i> (Semi)] y parámetros colorimétricos (L*, a*, b*, tono y saturación) de la grasa subcutánea (maslo de la cola,) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	130
Tabla 5.31.	Valores medios del perímetro de la grupa (B), anchura de la grupa (G), anchura del tórax (Wr), longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad del tórax (Th), espesor de la grasa subcutánea, profundidad de la pared torácica e índices de compacidad de la canal (ICC) y de la pierna (ICP), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	132
Tabla 5.32.	Valores medios del peso (g) y de la proporción (g·kg-1 de canal) de las diferentes piezas comerciales correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	133
Tabla 5.33.	Valores medios del peso y de la proporción (g·kg-1) de músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y desechos (otros) obtenidos en la disección de la espalda y la relación músculo/grasa total y músculo/hueso, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.....	134
Tabla 5.34.	Composición química de la canal (g/kg) correspondiente a los diferentes tratamientos.....	135
Tabla 5.35.	Valores medios del pH, del área (T6 y T13), de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de los parámetros colorimétricos y de la fuerza de corte (Fuerza) determinados en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> , correspondientes a los diferentes tratamientos experimental.....	136
Tabla 5.36.	Composición química de la carne (g/kg) para los diferentes tratamientos experimentales.....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.	Patrones fotográficos utilizados para la clasificación de la conformación.....	84
Figura 4.2.	Patrones fotográficos oficiales adoptados por la UE para la clasificación de las canales de corderos ligeros según su estado de engrasamiento.....	86
Figura 4.3.	Representación gráfica de las medidas tomadas sobre la canal intacta.....	88
Figura 4.4.	Representación gráfica de las medidas tomadas sobre la canal seccionada por la línea media.....	89
Figura 4.5.	Representación gráfica de los puntos anatómicos de las incisiones precisas para la determinación del espesor de la grasa subcutánea dorsal.....	90
Figura 4.6.	Composición regional de la canal.....	91
Figura 6.1.	Proporción representada por las diferentes categorías comerciales en la canal de corderos lechales de diferentes razas de ovino.....	152
Figura 6.2.	Proporción de cebada y de suplemento proteico en la dieta consumida por los animales criados en el sistema de Libre elección.....	153
Figura 6.3.	Comparación del peso (g) de los depósitos internos de grasa (omental, mesentérica y pélvico-renal) en corderos de raza Assaf y Merina, sacrificados a los 25 kg de peso.....	169
Figura 6.4.	Porcentaje del peso de la canal correspondiente a las diferentes piezas comerciales en corderos de raza Assaf y Merina.....	180
Figura 6.5.	Composición tisular de la espalda de corderos de raza Assaf y Merina.....	182
Figura 6.6.	Composición química del Longissimus dorsi pars lumborum (g) de raza Assaf y Merina, sacrificados aproximadamente a los 25 kg de peso.....	189

Figura 6.7.	Comparación de los datos de composición química de la no canal de los corderos machos Assaf y Assaf x Merina con datos de corderos de raza Merina recogidos en la bibliografía.....	194
Figura 6.8.	Diferencia en el peso de las piezas de la media canal izquierda entre machos y hembras de la raza Assaf y entre hembras de raza Assaf con hembras del cruce Assaf x Merina.....	195

## 1. Introducción

Como consecuencia de los cambios socioeconómicos a nivel europeo y mundial (ampliación de la Unión Europea, acuerdos para reducir las barreras comerciales, subvenciones a la exportación y otras medidas de apoyo recogidas en el Acuerdo sobre Agricultura de la Ronda Uruguay, incremento demográfico y de la demanda de productos de origen animal en los países en vías de desarrollo, acuerdos para la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, etc) la agricultura, en general, tiene como reto garantizar una producción segura y sostenible de alimentos pero también económicamente rentable, de forma que pueda competir en un mercado cada vez más globalizado (García y Rivera, 1997; García y Valdés, 1997; OECD-FAO, 2011; FAO, 2013; Capper *et al.*, 2013).

Dentro de la actividad ganadera, en Castilla y León ha tenido especial importancia la ganadería ovina, tanto en lo referente a la producción de leche como de carne (Lavín, 1996; Rodríguez *et al.*, 2013). En las últimas tres décadas se ha producido una intensificación de los sistemas de producción, que se ha acompañado de un cambio en la raza explotada y un incremento en el tamaño de los rebaños (Mantecón *et al.*, 2009). Así, con la finalidad de incrementar la producción de leche ha disminuido el censo de las razas autóctonas, fundamentalmente la raza Churra, en beneficio de razas cosmopolitas, entre las que cabe destacar la raza Assaf, cuyo censo de reproductoras en la actualidad supera al de la raza Churra (García-Díaz *et al.*, 2012).

En los sistemas de producción ovina de leche, la producción de corderos contribuye también de forma significativa a la rentabilidad económica de las explotaciones y es, por tanto, un aspecto que no debe olvidarse (Mantecón *et al.*, 2014). Como consecuencia del cambio racial es cada vez mayor la proporción de corderos lechales de raza Assaf que se consumen, cuya producción no ha estado amparada por una indicación geográfica protegida o una denominación específica tal y como sucede, por ejemplo, con el lechazo de raza Churra y Castellana.

Aunque en Castilla y León, como se ha señalado previamente, la mayor producción y consumo es de corderos de tipo lechal, existe también una infraestructura de producción y un mercado nada desdeñable de corderos de mayor peso, producidos en sistemas de cebo intensivo desde el momento en que son destetados. Además, con la caída en el consumo de corderos en los últimos años en España una salida comercial es

hacia países árabes donde el consumo de lechal es inexistente pero si hay demanda de corderos de mayor peso.

El cebo intensivo se ha venido realizando, mayoritariamente, con corderos de raza Merina y en instalaciones independientes de los productores primarios (ganaderos propietarios de las reproductoras). Desde el punto de vista de la alimentación, el cebo intensivo se basa en la administración *ad libitum* de paja de cereal y de pienso compuesto, constituido en su mayor parte por cereales (cebada y maíz, principalmente) y elaborado por empresas ajenas al productor.

Este esquema productivo, sin embargo, ha experimentado ciertos cambios en los últimos años. Por una parte, con la finalidad de aglutinar mayor valor añadido en las explotaciones, es cada vez mayor el número de ganaderos que ceban los corderos producidos. Es importante destacar que este cambio se produce, fundamentalmente, en los rebaños de raza Merina, aunque también puede ser una alternativa válida en las ganaderías de raza Assaf, para diversificar la producción y ampliar el mercado, pudiendo disminuir el efecto estacional en el precio de los corderos al retirar parte de los mismos de la oferta.

Por otra parte, con la finalidad de disminuir los costes de alimentación, reduciendo el incremento en los costes derivados de los intermediarios (almacenistas, fabricantes de piensos, etc.) y, por ende, los de producción, también se está produciendo un cambio en la gestión de la alimentación, de modo que cada vez es más frecuente que los ganaderos compren directamente o cultiven, si disponen de tierras, el cereal que necesitan. Este cambio también repercute en la alimentación *sensu stricto*, ya que, contrariamente a los sistemas convencionales, los ganaderos suelen administrar el cereal entero y no procesado, es decir, molido o aplastado.

La raza animal y la alimentación son factores claves en cualquier esquema de producción animal. En consecuencia, los cambios que se están produciendo pueden influir sobremanera en la calidad de los productos obtenidos, así como en la eficiencia del sistema productivo. Por tanto, se plantean varios interrogantes que es necesario responder para adecuar los sistemas de alimentación a esta nueva situación.

**En primer lugar**, es un hecho constatado el efecto de la raza animal sobre la ingestión y la composición corporal y, por ende, sobre los índices de conversión y la calidad de las canales y de la carne (Hawking *et al.*, 1985; Sañudo *et al.*, 1993; Teixeira *et*

*al.*, 1996; Horcada *et al.*, 1998). Aunque existen múltiples estudios referentes a razas de aptitud cárnica y lechera, en lo referente a la raza Assaf existe en general muy poca información (Goot *et al.*, 1980). Por lo tanto, es preciso llevar a cabo estudios para caracterizar la raza Assaf y posibles cruces con otras razas de aptitud complementaria, en diferentes etapas de crecimiento, y poder realizar recomendaciones basadas en criterios objetivos y científicamente comprobados.

**En segundo lugar**, investigaciones realizadas en rumiantes en crecimiento sobre el efecto del procesado de los cereales, tales como la molienda o el aplastado, han puesto de manifiesto que éste permite incrementar el ritmo de degradación ruminal del almidón; sin embargo, no influye en la ingestión y puede afectar negativamente a la digestibilidad, al índice de conversión y a la composición de la grasa (Fraser y Ørskov, 1974; Castrillo *et al.*, 1989; Ørskov, 1998; Hejazi *et al.*, 1999). Este efecto negativo es debido a que la rápida degradación del almidón causa una caída brusca del pH, provocando una situación de acidosis del medio ruminal que afecta negativamente a la población celulolítica y a la digestión de la fibra (Ørskov y Fraser, 1975; Giráldez *et al.*, 1994; Gaebe *et al.*, 1998).

Para evitar o paliar el efecto negativo asociado con el consumo elevado de cereales molidos, en los piensos se incluyen aditivos para regular el pH del rumen. Esta medida, evidentemente, no elimina la causa y no es totalmente eficaz. Además, la legislación es cada vez más restrictiva respecto a la incorporación en el pienso de sustancias modificadoras de la fermentación ruminal (Anadón y Martínez-Larrañaga, 1999).

Una alternativa, podría ser la administración del cereal entero. Esta alternativa, tal y como ha sido puesta de manifiesto por diferentes autores permitiría, además, suprimir la paja de cereal de la ración y reducir el coste de alimentación (Ørskov *et al.*, 1974a; Castrillo *et al.*, 1989; McClure *et al.*, 2000). Esta estrategia de alimentación, no obstante, tiene el inconveniente de que, si se administra el cereal en grano en mezclas simples, los animales pueden seleccionar los ingredientes de la ración, provocando un desequilibrio en la ingestión de nutrientes que repercutiría de forma negativa en la eficiencia de utilización de los mismos.

Estudios recientes han puesto de manifiesto que los corderos, con la función ruminal plenamente desarrollada, pueden elegir los alimentos, regulando la ingestión de macronutrientes y cubriendo de forma adecuada sus necesidades (Kyriazakis y Oldham,

1993; Villalba y Provenza, 1999), si bien esta capacidad presenta ciertas dudas en la etapa de crecimiento-cebo (Rodríguez, 2005). Desgraciadamente, los estudios realizados en este campo son insuficientes y las conclusiones extraídas podrían no ser de validez general y, por tanto, extrapolables a todas las razas ovinas y edades de los animales. De confirmarse esta capacidad en corderos recién destetados, se abrirían nuevas expectativas para el desarrollo de los sistemas de alimentación en el cebo de corderos, por otra parte más acordes con las nuevas tendencias en bienestar animal.

En consecuencia, un nuevo interrogante es la capacidad de los corderos recién destetados para, en un sistema que permite la selección de alimentos, consumir raciones equilibradas, que permitan obtener ganancias de peso e índices de conversión cuando menos equiparables a las de los sistemas convencionales.

Conocer las respuestas a los interrogantes planteados es importante no sólo para mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes ingeridos y, por ende, el índice de conversión y la rentabilidad económica de las explotaciones en los sistemas convencionales, sino también para sentar las bases científicas de nuevas estrategias de alimentación que permitan mejorar la eficiencia biológica global del sistema productivo.

## 2. Revisión Bibliográfica

### 2.1. Origen de la raza Assaf, características generales y censo

La Assaf es considerada como una raza sintética, procedente del cruzamiento entre ovejas de raza Awassi y moruecos de raza Milchschaf. Esta raza fue creada en el Departamento de Investigación de Rumiantes del Instituto Center Volcani, de Israel, en el año 1955 (Goot, 1986).

El fundamento de su creación fue mejorar las características productivas, en lo que se refiere a la producción de carne, de la raza Awassi, raza especializada en la producción de leche. En este sentido, a través del cruzamiento con machos Milchschaf se intentó mejorar tres características de gran interés productivo: precocidad, prolificidad y conformación. Por otra parte, se utilizaron ovejas Awassi mejoradas para la producción láctea por lo que se entiende que los resultados del cruzamiento fueron con el objeto de crear una raza sintética de doble aptitud carne-leche, siendo la raza Assaf utilizada con gran éxito en Israel (MARM, 2011).

El primer núcleo de ovejas Assaf fue introducido en España por D. José Luis Moncada, ganadero ubicado en Gordoncillo (León), quien importó 320 ovejas y 77 carneros de Israel entre los años 1977 y 1980. Desde la importación de este núcleo, mediante cruzamiento por absorción de machos Assaf con ovejas autóctonas, fundamentalmente de las razas Churra y Castellana, se fue extendiendo la raza Assaf. Paralelamente, se importaron también animales y semen y embriones originarios de Israel a través de Portugal (Ugarte *et al.*, 2001).

La raza Assaf fue reconocida oficialmente e incluida en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado en España el 5 de agosto del año 2003 mediante la ORDEN APA/2420/2003 de 28 de Agosto, por la que se actualizaba dicho Catálogo (regulado por el RD 1682/1997 de 21 de noviembre de 1997). Esta raza fue incorporada en el apartado de razas de terceros países, permaneciendo en tal apartado en el actual Catálogo (regulado por el RD 2129/2008, de 26 de diciembre).

La raza Assaf en España ha estado sometida a un proceso de adaptación-selección que probablemente ha causado una diferenciación genética de la raza Assaf originaria de Israel (Jiménez y Jurado, 2005, 2006, 2009 y 2010; Jurado y Jiménez, 2013).

Según Jiménez y Jurado (2005), los animales de raza Assaf presentan un perfil subconvexo, longilíneo e hipermétrico. Las orejas son largas y colgantes; el tronco es largo y estrecho y sus extremidades son cortas y estrechas, presentando una cola semigrasa, formada por un disco de grasa en la parte superior, del que sale un rabo delgado y sin lana. Generalmente, el manto es uniforme y de color blanco, aunque se pueden encontrar animales con manchas rojas, muy frecuentes y más o menos extendidas fruto de su ascendencia Awassi. El peso vivo adulto oscila entre 65 y 75 kg en hembras y entre 90 y 120 kg en machos. La lana se caracteriza por ser larga y gruesa, cubriendo todo el cuerpo a excepción de la cabeza y las extremidades. El vellón se presenta semiabierto e irregular, con un peso aproximado a 4-5 kg en los machos y de 3-3,5 kg en las hembras.

Por su aptitud productiva, a las ovejas de raza Assaf se las considera de biotipo lechero. La producción de leche es muy variable, dependiendo del manejo y condiciones de cada ganadería, oscilando entre 1,7 y 2 litros diarios en lactaciones de 6-7 meses de duración. En general, se señalan producciones de alrededor de 160 litros en 120 días, existiendo rebaños con producciones de 285 litros en 145 días, de 379 litros en 193 días o de 431,6 litros en 180 días. (Jiménez *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2007; Huertas *et al.*, 2007; Jiménez y Jurado, 2010; MARM, 2011).

La aptitud cárnica se centra casi exclusivamente en la producción de corderos lechales, con un peso de canal medio de alrededor de 6,6 kg. (Boletín mensual de Estadística del MAPA de octubre de 2000). Estos corderos lechales son sacrificados a los 25-30 días de edad, si bien en el caso de corderos de partos simples con un peso al nacimiento elevado el sacrificio puede tener lugar en torno a los 15 días de edad.

Aunque en España no cuenta con un censo oficial por razas, se estima que puede oscilar entre 600.000 y 700.000 ovejas (1.060-1.300 rebaños) con un grado de pureza superior al 80 % y unas 500.000 ovejas cruzadas de Assaf, pero que evolucionan hacia Assaf en pureza, por cruzamiento sucesivo con machos de raza Assaf (De La Fuente, 2009; Rodríguez *et al.*, 2014).

La mayor parte del censo se localiza en Castilla y León, si bien se encuentra también un censo significativo de animales en las Comunidades de Madrid, Navarra, Castilla la Mancha, Extremadura y Comunidad Valenciana.

## 2.2. Calidad de la canal

Dependiendo de la legislación de cada país, existen diversas definiciones de la canal. En España, según la orden de 18 de septiembre de 1975 (Norma de calidad para canales de ovino destinadas al mercado nacional; B.O.E. de 30 de septiembre), la canal es el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza (separada a nivel de la articulación occípito-atloidea) y sin extremidades, que se cortarán a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana. Conservará la cola (separada entre la sexta y la séptima vértebra caudal) y la porción periférica carnosa del diafragma, los testículos, los riñones y la grasa de riñonada y de la cavidad pelviana. Algunos autores han propuesto que el timo debería incluirse en la canal, ya que su grado de desarrollo o de involución sería un buen indicador de la edad del animal (Colomer-Rocher, 1986).

Debido a las diferencias existentes entre las diferentes regiones geográficas y la gran variedad de canales que se comercializaban en España, en 1987, la orden del B.O.E. de 24 de septiembre de ese año, sustituyó la definición del 1975. En esta nueva definición se incluye, además de lo dicho en la anterior, que en los corderos lechales, ternascos o pascuales será opcional la conservación de la cabeza y algunas vísceras comestibles (asadura), permitiéndose incluso la grasa del epiplón en los lechales por ser un sistema tradicional de presentación (García-Díez, 1990). La legislación europea recomienda eliminar la cola y los órganos sexuales de la canal [Reglamento (CEE) 2137/92], aunque admite la presentación recogida en la legislación española.

Respecto al concepto de calidad de la canal, debemos indicar que es un término ambiguo y complejo y como definición de referencia podemos adoptar la descrita por Colomer-Rocher (1973a), según la cual la calidad de la canal es el conjunto de características cuantitativas y cualitativas cuya importancia relativa confiere a la canal una máxima aceptación por los consumidores, un mayor precio o una mayor demanda en el mercado.

Los principales factores que definen la calidad de la canal de ovino, que además constituyen los criterios sobre los que se basan los sistemas oficiales de clasificación de las canales de la UE [Reglamento (CEE) 2137/92], son el peso, la conformación, la composición regional, el grado de engrasamiento y la composición tisular, así como

diversas características de la carne y de la grasa como el color y la consistencia (Sañudo, 1991).

### **2.2.1. Peso y rendimiento de la canal**

El peso de la canal es un factor clave en el sistema de clasificación oficial de la UE [Reglamento (CEE) 2137/92], diferenciándose dos tipos: las canales de más de 13 kg y las de un peso inferior, denominadas canales ligeras.

En las canales ligeras, que no presentan cabeza y asadura, se establecen tres categorías según el peso: A (<7 kg), B (7,1-10 kg) y C (10,1-13 kg), estando por tanto los lechales contemplados en la categoría A.

El peso de las canales de ovino es considerado como factor principal en la comercialización de este producto cárnico y su importancia reside en la influencia que ejerce este parámetro sobre las demás características de la canal, siendo además un parámetro objetivo y fácil de determinar (Sañudo *et al.*, 1992c; Cunhal-Sendim *et al.*, 1999). En el caso de canales ligeras, menores de 13 kg, éste parámetro reviste una importancia primordial dado que presenta una correlación negativa con su valor comercial. Además, guarda una estrecha relación con la composición, de manera que el peso de la canal se correlaciona, de forma directa, con la cantidad de grasa y las proporciones que representan las zonas de madurez tardía y, de manera inversa, con las proporciones representadas por el tejido óseo y las regiones anatómicas de madurez temprana (Hammond, 1932).

La valoración de este parámetro en las canales de lechales ha evolucionado con el tiempo, habiéndose detectado en las últimas décadas una tendencia de preferencia hacia canales de menor peso (García-Díez, 1990; Sañudo *et al.*, 1992c). En cualquier caso, el peso de la canal de lechal en el mercado se caracteriza por presentar variaciones anuales debidas principalmente a las pautas de oferta-demanda: menores pesos en épocas de gran consumo (Navidad) y mayores pesos en primavera y otoño (Sañudo *et al.*, 1992c).

La determinación del peso de la canal de corderos se realiza, de forma general, después del sacrificio (peso canal caliente) y después de 24 horas de oreo (peso canal fría). El valor de la diferencia entre estos dos pesos se denomina pérdidas por oreo, que según Guía y Cañeque (1992) están relacionadas con el engrasamiento de la canal, disminuyendo al aumentar el mismo.

El rendimiento de la canal determina la proporción que representa la parte potencialmente comercializable de mayor valor del animal. Entre las numerosas formas existentes para calcular el rendimiento de la canal, las más utilizadas son el rendimiento verdadero (peso canal caliente/peso vivo vacío) y el rendimiento comercial (peso canal fría/peso vivo al sacrificio).

### **2.2.2. Conformación de la canal**

La conformación de una canal ha sido definida como “el espesor de los planos musculares y adiposos en relación con el tamaño del esqueleto” (De Boer *et al.*, 1974) y viene determinada por la forma general de la misma, su grado de redondez y compacidad (Huidobro *et al.*, 2000).

La forma de una canal es un indicador del desarrollo alcanzado por el animal. La valoración de la conformación de las canales de ovino se utiliza en la mayoría de los sistemas de clasificación, si bien la conformación no es un criterio de clasificación, dentro de la UE, en lo que se refiere a las canales de ovino ligeras [Reglamento (CEE) nº 461/93].

La valoración de la conformación de la canal a partir de los métodos subjetivos tiene un valor limitado. Por ello, se han utilizado diversas medidas morfométricas de la canal y media canal (Boccard *et al.*, 1958; Colomer-Rocher *et al.*, 1988; Huidobro *et al.*, 2000). Éstas se basan en la determinación de las dimensiones de la canal mediante medidas de longitud, anchura, espesor y profundidad.

Las medidas objetivas más representativas son las siguientes: longitud de la pierna (McMeekan, 1939), anchura (Palsson, 1939) y perímetro de la grupa (Robinson *et al.*, 1956), anchura del tórax (Barton *et al.*, 1949), longitud interna de la canal (Palsson, 1939), profundidad del tórax (Palsson, 1939), medida Os1 (Boccard *et al.*, 1958) y medida Os2 (Boccard *et al.*, 1958).

A partir de estas medidas se crearon una serie de índices, que permiten una mejor caracterización de la canal. Los índices más utilizados son:

- Índice de compacidad de la pierna, que es el cociente entre la anchura de la grupa y la longitud de la pierna (G/F) (Palsson, 1939).
- Índice de compacidad de la canal, que es el cociente entre el peso de la canal fría y la longitud interna de la canal (PCF/L). También se denomina índice de

carinosidad y sirve para valorar la distribución de la carne y la grasa en la canal (Thwaites *et al.*, 1964).

- Índice de redondez del pecho o cociente entre la anchura y profundidad del tórax (Wr/Th).

### 2.2.3. Engrasamiento de la canal

El estado de engrasamiento de la canal puede definirse como la proporción de grasa que presenta respecto al peso de la canal. Este parámetro es fundamental a la hora de realizar la clasificación de las canales dada la importancia de la cantidad de grasa de la canal sobre el valor comercial de la misma (Sañudo *et al.*, 2000a). Interesa un estado de engrasamiento mínimo pero suficiente para una buena conservación y para proporcionar a la carne unas propiedades sensoriales óptimas (Díaz, 2001). La grasa ejerce una acción protectora sobre los músculos, regulando por una parte el enfriamiento de los mismos y evitando por otra el oscurecimiento de la carne como consecuencia de la oxidación de la mioglobina (Lawrie, 1966). En este sentido, McCrae *et al.* (1971) proponen la conveniencia de un mínimo de grasa de cobertura para evitar el acortamiento por frío cuando las canales son refrigeradas rápidamente.

La normativa Europea para la clasificación de canales de ovino de peso inferior a 13 kg contempla la existencia de cuatro clases (de la 1 a la 4) en función de la cobertura grasa presente en la superficie externa e interna de la canal [Reglamentos (CEE) nº 1278/94 y (CEE) nº 22/2008]. Anteriormente, Colomer-Rocher *et al.* (1988) habían propuesto un sistema subjetivo de evaluación de la cantidad de grasa depositada en la zona pélvico-renal en canales de ovino y otro del grado de engrasamiento general de la canal con patrones fotográficos.

Estos procedimientos de evaluación de grado de engrasamiento han sido ideados para canales de ovino de mayor peso que las de ovino lechal y, por lo tanto, no son idóneas para clasificar este tipo de canales, generalmente menos engrasadas. Por este motivo, Miguel *et al.* (2003) han propuesto el uso de unos patrones fotográficos específicos para lechales, con 3 categorías. Gutiérrez (2006) estableció 5 categorías de engrasamiento, utilizando también patrones fotográficos.

#### 2.2.4. Composición regional y tisular de la canal

Conocer la composición regional y tisular de la canal se justifica por la preferencia de los consumidores por las piezas con una mayor proporción de tejido magro. Por lo tanto, esta composición influye en la calidad comercial de la canal (Kempster *et al.*, 1982, Alarcón, 2005). Los principales tejidos desde el punto de vista productivo y comercial son el muscular, óseo y graso. Cuantitativamente el componente más importante es el músculo seguido de la grasa y el hueso.

La utilización del análisis químico de la canal permite conocer el contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas y puede ser muy útil en determinados estudios de nutrición. Sin embargo, ha sido considerado poco relevante desde el punto de vista comercial debido a que el valor de la canal está determinado por la composición de su parte comestible (Delfa *et al.*, 1992b).

Un despiece comercial de referencia es aquél que contempla determinadas condiciones, tales como: bases anatómicas concretas, fácilmente identificables y reproducibles, asemejarse al despiece comercial tradicional de cada país e incluir en la misma región anatómica los grupos musculares de igual valor comercial (Boccard y Dumont, 1955). En España se ha venido utilizando el despiece de referencia descrito por Colomer-Rocher *et al.* (1988), que fracciona la canal en las siguientes piezas: cuello, badal, costillar, falda, espalda, pierna y rabo.

Existen numerosas técnicas que se realizan para estimar la proporción de los diferentes tejidos constituyentes de la canal. Entre los métodos *in vivo* los más usados son la ultrasonografía, la tomografía axial computarizada y la resonancia magnética nuclear, si bien los resultados obtenidos son variables (Notter *et al.*, 2004; Teixeira *et al.*, 2006; Lambe *et al.*, 2007, 2008 y 2009; Hopkins *et al.*, 2008).

En general, la técnica más ampliamente utilizada, una vez sacrificado el animal, es la disección de la canal entera o de alguna de sus piezas. Los tejidos mayoritarios obtenidos en la disección son: grasa subcutánea, grasa intermuscular, músculo y hueso. Algunos autores señalan que la composición tisular de algunas piezas comerciales de la canal presenta una correlación altamente significativa con la composición de la canal (Osório *et al.*, 1995). A este respecto, Huidobro y Cañeque (1994b) observaron que la pierna, el costillar y la espalda son las piezas comerciales cuya composición guardó

mayor correlación con la composición de la canal procedente de corderos sacrificados a los 15, 25 y 35 kg de peso vivo.

## **2.2.5. Factores que condicionan las características de la canal**

### **2.2.5.1. Factores relacionados con el animal**

#### **2.2.5.1.a. Efecto sobre el peso y rendimiento de la canal**

El peso vivo es una variable que está relacionada directamente con la canal y la calidad de la carne, ya que influye en la conformación y en la cantidad de músculo (Robelin y Geay, 1976; Kempster *et al.*, 1982).

El peso de la canal de los animales sacrificados está determinado por su peso vivo (Wood *et al.*, 1980; Jones *et al.*, 2004; Beriain *et al.*, 2000; Santos-Silva *et al.*, 2002a), aunque para un mismo peso vivo diferentes factores, como el genotipo o el sexo, pueden modificar esta relación.

Numerosos autores no han observado diferencias significativas debidas al genotipo, cuando compararon el peso de la canal caliente y el rendimiento comercial en corderos no lechales sacrificados a similar peso, como por ejemplo, Falagán y García de Siles (1986b) al comparar corderos del cruce de la raza Manchega con las razas Fleischschaf, Charmoise, Ile de France o Texel; Huidobro y Jurado (1989) comparando corderos de raza Manchega con los procedentes del cruce de machos Ile de France con hembras Milchscharf x Manchega; Medel *et al.* (2002) comparando Rasa Aragonesa y Ojinegra de Teruel; Esenbuga *et al.* (2009) al comparar corderos de las razas Awassi y Morkarman o Kompdra *et al.* (2012), entre corderos de las razas Zwartbles, Sufflok y Oxford Down.

Otros autores, por el contrario, observaron diferencias en el peso de la canal o en el rendimiento comercial atribuibles al genotipo. Entre estos se pueden citar los trabajos de Santos *et al.* (2001) con corderos puros Santa Inés y cruzamientos de ovejas Santa Inés con reproductores Ile de France y Poll Dorset, Macit *et al.* (2002) con corderos Awassi, Morkaraman y Tushin, Burke *et al.* (2003) con los genotipos Dorper x St. Croix, Dorper x Romanov x St. Croix; Katahdin, St. Croix y  $\frac{3}{4}$  St. Croix x  $\frac{1}{4}$  Romanov o Kremer *et al.* (2004) con corderos procedentes de cruces de madre Corriedale y machos Corriedale, Southdown, Hampshire Down, Suffolk, Texel y East Friesian.

En la Tabla 2.1 se recogen valores medios de peso de la canal fría y rendimiento comercial de corderos de distintas razas y pesos al sacrificio, recogidos en la literatura.

**Tabla 2.1. Valores medios del peso vivo (PV), canal fría (PCF) y rendimiento comercial de la canal (RC) de corderos de distintas razas criados en condiciones de cebo intensivo.**

Raza	PV (kg)	PCF (kg)	RC (%)	Referencia
Rasa Aragonesa	26	12,1	48,8	Purroy <i>et al.</i> (1992)
Churra	20	8,4	49,1	Manso <i>et al.</i> (1998a)
	20	8,7	40,8	Brusa (1998)
	25	11,7	44,7	
	25	11,6	46,4	Manso <i>et al.</i> (1998b)
Merina	25	11,8	47,1	Bodas (2004)
	25	11,8	47,6	Rodríguez (2005)
	25	11,7	46,6	López-Campos <i>et al.</i> (2011)
	27	11,7	44,5	Blanco <i>et al.</i> (2014a)
Segureña	22	10,5	53,8	Peña <i>et al.</i> (2001)
Awassi	33	15,7	48,5	Haddad y Husein (2004)
Talaverana	26	12,5	45,0	Velasco <i>et al.</i> (2004)
Churra Lebrijana	18,5	8,01	45,7	Alcalde <i>et al.</i> (2005)
Churra Tensina	22	11,4	51,4	Sanz <i>et al.</i> (2008)
	33	15,8	49,5	

En cuanto a la influencia que ejerce la raza sobre estos parámetros de calidad en corderos lechales, Sañudo *et al.* (1997) compararon tres razas españolas y cruces con Awassi. En este estudio, en general, el peso de la canal (PC) de los cruces Awassi fueron menores que los de las razas autóctonas españolas, sacrificadas a similar peso. Por lo tanto, estas canales fueron significativamente más ligeras (PC= 5,01 kg) que los corderos lechales de las razas Churra, Castellana o Manchega (PC= 5,65; 5,54 y 5,50 kg, respectivamente).

Martínez-Cerezo *et al.* (2002) hallaron diferencias significativas en el peso de la canal caliente, canal fría y en el rendimiento al comparar corderos lechales de las razas Rasa Aragonesa, Churra y Merina. Los corderos de la raza Merina presentaron mayores pesos de la canal caliente y fría, así como un mayor rendimiento de la canal que los

lechales de las razas Churra y Rasa Aragonesa. Vacca *et al.* (2008), evaluando el cruzamiento de corderos lechales Mouflon x Sarda y Sarda x Sarda, con el objetivo de mejorar la aptitud cárnica de esta última, hallaron diferencias atribuibles al genotipo en el peso de la canal caliente.

Por el contrario, Juárez *et al.* (2006) no hallaron diferencias significativas ni en el peso de la canal caliente ni en el rendimiento comercial entre corderos lechales de las razas Churra Lebrijana y Merina de Grazalema, sacrificados a similar peso. Camacho *et al.* (2009) tampoco observaron diferencias significativas en el rendimiento comercial, cuando compararon corderos lechales de las razas Canaria y Canaria de Pelo.

En lo que se refiere a la influencia del sexo, en la Tabla 2.2 se recogen valores medios de peso de la canal y rendimiento comercial en corderos machos y hembras en diferentes razas.

**Tabla 2.2. Valores medios del peso de la canal fría (PCF) y rendimiento comercial a la canal (RC) de corderos machos y hembras criados en condiciones de cebo intensivo.**

Raza	Sexo	PV (kg)	PCF (kg)	RC (%)	Referencia
Rasa Aragonesa	M	26	12,9	48,6	Colomer-Rocher y Espejo (1973b)
	H	26	13,1	50,4	
	M	24	10,6	43,5	Mendizabal y Soret (1997)
	H	23	10,1	44,0	
	M	21	10,7	50,3	Sañudo <i>et al.</i> (1998b)
	H	20	10,4	51,6	
RA x FL, CH, IF, TE <sup>1</sup>	M	30-35	15,1	49,3	Falagán y García de Siles (1986b)
	H	26-30	15,3	51,4	
Manchega	M	22	10,2	47,0	Vergara <i>et al.</i> (1999d)
	H	22	10,7	48,3	
Ma x Ma x (Mi x Ma) <sup>2</sup>	M	25,6	13,9	48,3	Huidobro y Jurado (1989)
	H	24,3	13,1	51,6	
Segureña	M	22	10,6	47,8	Cano-Expósito <i>et al.</i> (2003)
	H	22	10,4	48,2	

Referencias: <sup>1</sup> RA= Rasa Aragonesa; FL= Fleischschaf; CH= Charmoise; IF= Ile de France, TE= Texel.

<sup>2</sup> Ma= Manchega; Mi= Milchschaf.

Diferentes estudios han puesto de manifiesto que, para un mismo peso vivo, las hembras presentan un mayor peso y rendimiento de la canal debido a las diferencias existentes en el grado de engrasamiento (Colomer-Rocher y Espejo, 1973b; Vergara *et al.*, 1999d; Kremer *et al.*, 2004).

Por el contrario, Falagán y García de Siles (1986b) y Huidobro y Jurado (1989) no observaron diferencias entre sexos ni en el peso ni en el rendimiento a la canal en cruces de la raza Rasa Aragonesa y de la raza Manchega. En corderos de raza Manchega, Vergara *et al.* (1999d) tampoco encontraron diferencias significativas debidas al sexo en el peso de la canal. No obstante, el rendimiento comercial observado en corderos de 22 y 27 kg de peso vivo fue superior en un 2,9 y un 4,2 % en las hembras que en los machos, respectivamente. Los mismos resultados fueron hallados por Santos *et al.* (2001) en corderos procedentes de la raza Santa Inés y de los cruzamientos con reproductores Suffolk, Ile de France y Poll Dorset.

Peña *et al.* (2001) tampoco hallaron diferencias significativas en los pesos de la canal caliente y fría al estudiar el efecto del sexo en corderos de raza Segureña, sacrificados a los 22 kg, si bien las hembras presentaron valores de rendimiento comercial numéricamente superiores a los de los machos. Kremer *et al.* (2004) observaron resultados similares al comparar corderos procedentes de los cruzamientos entre madres Corriedale y machos Corriedale, Southdown, Hampshire Down, Suffolk, Texel y East Friesian. Las mismas conclusiones alcanzaron Cano-Expósito *et al.* (2003) y Peña *et al.* (2005) en otras razas.

El efecto del sexo sobre el peso de la canal y el rendimiento comercial no es tan evidente en corderos lechales, tal y como ponen de manifiesto los trabajos de Díaz (2001) en la raza Manchega, Pérez-Meléndez *et al.* (2007) en los genotipos Suffolk Down x Merina Precoz Alemán, Santos *et al.* (2007) en corderos lechales Churra da Terra Quente o Pérez *et al.* (2012) en la raza Merina Precoz. Por el contrario, Panea *et al.* (2010) hallaron diferencias en el peso de la canal caliente y fría en corderos lechales de la raza Ansotana, si bien los machos presentaron mayores valores que las hembras. Resultados similares fueron señalados por Ripoll-Bosch *et al.* (2012) estudiando el efecto del sexo en corderos lechales de la raza Ojinegra.

### 2.2.5.1.b. Efecto sobre la conformación de la canal

De los numerosos estudios realizados sobre la morfología de la canal, la mayoría de los autores concluyen que ésta variable depende en gran medida de la raza del animal y, dentro de ésta, del sexo, del peso al sacrificio y del grado de engrasamiento. Existe, además, una correlación positiva entre conformación y peso y, para la misma raza o genotipo, entre conformación y engrasamiento (Jackson y Mansour, 1974; Wood *et al.*, 1980; Sancha *et al.*, 1996; Díaz *et al.*, 1999; Blázquez *et al.*, 2001; Miguélez *et al.*, 2006). En general, las razas rústicas y de aptitud cárnica presentan mejor conformación de la canal que los animales de aptitud lechera (Vergara *et al.*, 1999a).

En España, las canales procedentes de corderos de razas autóctonas presentan, en general, un peso medio inferior en comparación con otras razas europeas (Sañudo *et al.*, 2000b). En este sentido, Vergara *et al.* (1999a) observaron que los corderos procedentes del cruce Ile de France x Merina presentaron una mejor conformación de la canal que los de raza Merina pura y ésta, a su vez, fue mejor que la de los corderos de la raza Manchega. Falagán y García de Siles (1986b) observaron, asimismo, que los corderos procedentes del cruzamiento de la raza Rasa Aragonesa con la raza Charmoise presentaron canales más cortas, más anchas y con mejor índice de compacidad que los cruzamientos de la raza Rasa Aragonesa con las razas Ile de France y Texel. Por su parte, los corderos del cruce Fleischschaf x Rasa Aragonesa presentaron la peor conformación.

Valls *et al.* (1984) no observaron diferencias significativas en la conformación general de la canal debidas al genotipo, en corderos procedentes del cruzamiento entre la raza Aragonesa con las razas Romanov y Finesa con un peso al sacrificio de 35 kg. Fogarty *et al.* (2000) observaron un incremento de un 11, 22 y 34% en la puntuación obtenida en la clasificación de conformación en las canales de corderos de raza Merina frente a los cruces de esta raza con Border Leicester, Poll Dorset y Texel, respectivamente.

Santos *et al.* (2001) hallaron diferencias significativas en las medidas de la canal al comparar canales de corderos puros Santa Inés (SI) con los cruzamientos de ovejas Santa Inés con reproductores Suffolck (SU), Ile de France (IF) y Poll Dorset (PD). Los resultados mostraron que las canales de los cruces IF x SI y PD x SI presentaron piernas de menor longitud que los corderos SI. El índice de compacidad de la canal de los

corderos SI y de los híbridos SU x SI fue menor que en los corderos del cruce PD x SI o IF x SI.

Cunha *et al.* (2001) también observaron diferencias en las medidas morfológicas de la canal en los corderos de las razas Ile de France, Suffolk y Santa Inés. Las medidas de las canales mostraron que los corderos Santa Inés y Suffolk presentaban canales con mayor longitud interna y profundidad torácica que los Ile de France; la longitud de la pierna fue superior en los corderos Santa Inés y la anchura de la grupa superior en los corderos Ile de France. El índice de compacidad de la canal fue superior en la raza Ile de France.

Macit *et al.* (2002) hallaron diferencias significativas debido al efecto raza en la anchura y profundidad de la pierna entre corderos de las razas Awassi, Morkaraman y Tushin, presentando las canales de los corderos Morkaraman valores superiores.

Martínez-Cerezo *et al.* (2002), estudiando el efecto de la raza sobre la conformación de la canal en corderos de las razas Rasa Aragonesa, Churra y Merina sacrificados a los 20-22 kg y a los 30-32 kg, hallaron diferencias significativas en las dos categorías de peso. Los valores registrados en este estudio revelaron que las canales de los corderos de raza Merina alcanzaron una nota más elevada que las de los corderos de raza Churra, situándose en un punto intermedio las canales de los corderos de Rasa Aragonesa.

Burke *et al.* (2003), en un estudio comparativo de los genotipos Dorper x St. Croix, Dorper x Romanov x St. Croix, Katahdin, St. Croix y  $\frac{3}{4}$  St. Croix x  $\frac{1}{4}$  Romanov, observaron diferencias significativas en la conformación de la canal. Ekiz *et al.* (2009) también observaron diferencias en las medidas de la canal e índices de conformación entre las razas Turkish Merina, Ramlic, Kivircik, Chios y Imroz. De forma similar, Komprda *et al.* (2012) hallaron diferencias significativas al comparar la conformación de la canal de corderos de las razas Zwartbles, Suffolk y Oxford Down, correspondiendo los menores valores de conformación a la raza Zwartbles.

En corderos lechales, la raza es uno de los factores con mayor influencia sobre la conformación de la canal. Sañudo *et al.* (1997) encontraron diferencias significativas entre canales de Churra, Castellana, Manchega y cruces de Awassi, presentando los cruces de Awassi canales más cortas que los registrados para las razas autóctonas. Al mismo

tiempo, las canales de corderos de raza Castellana presentaron mayores valores de profundidad del tórax que los de Manchega y de longitud de la canal que los de Churra.

Martínez-Cerezo *et al.* (2002) observaron una mayor longitud de la canal en los corderos lechales de raza Churra que en los de Rasa Aragonesa. Miguélez *et al.* (2006) compararon las canales de corderos de raza Churra, Castellana y Ojalada y observaron que las canales de corderos de raza Castellana presentaron un mayor índice de compacidad que los de raza Ojalada y ésta a su vez mayor que la Churra.

Juárez *et al.* (2006) hallaron diferencias significativas en la conformación de la canal entre corderos lechales de las razas Churra Lebrijana y Merina de Grazalema, correspondiendo la mayor puntuación a los animales de la primera raza citada.

Vacca *et al.* (2008), evaluando el cruzamiento de corderos lechales Mouflon x Sarda (MxS) y Sarda x Sarda (Sx), no hallaron diferencias entre genotipos en la longitud de la canal, profundidad y anchura de pecho e índices de la canal y de la pierna. Sin embargo, sí observaron diferencias en la longitud interna de la canal y de la pierna, correspondiendo los menores valores a las canales procedentes del cruce MxS. Estas diferencias se asociaron a las características del Mouflon, ya que es un animal que presenta un tronco corto y un fuerte desarrollo en las patas traseras.

Camacho *et al.* (2009) observaron diferencias significativas en algunas de las medidas en la canal al comparar corderos lechales de las razas Canaria y Canaria de Pelo. Las canales de los lechales de la raza Canaria presentaron mayor longitud de la canal y de la pierna y menor anchura de grupa y tórax e índice de compacidad de la pierna que las canales de la raza Canaria de Pelo. Sin embargo, no se observaron diferencias en la longitud interna de la canal, perímetro de la grupa e índice de compacidad de la canal.

En cuanto al efecto del sexo sobre la conformación de la canal, algunos autores señalan que los machos presentan un mayor formato y compacidad que las hembras (Domenech, 1988 y Miguélez *et al.*, 2001).

Cano-Expósito *et al.* (2003) no hallaron diferencias significativas atribuibles al sexo en los valores subjetivos de puntuación de conformación de las canales de corderos de raza Segureña. Sin embargo, las canales de los machos presentaron mayores valores de anchura de grupa y anchura y profundidad del tórax, que el de las hembras estudiadas.

Peña *et al.* (2001 y 2005), en experimentos diseñados para estudiar el efecto del sexo sobre la conformación de la canal en la raza Segureña, hallaron diferencias significativas debidas al efecto del sexo y concluyeron que, para canales de menos de 10 kg de peso, los machos mostraron una puntuación en la valoración subjetiva de la conformación ligeramente mejor que la de las hembras.

Otros autores, sin embargo, no hallaron diferencias atribuibles al sexo en la valoración subjetiva de la conformación de la canal o en las medidas morfológicas. Al respecto, Alcalde *et al.* (2001) no observaron diferencias debidas al sexo en la conformación de las canales de corderos de raza Segureña. Resultados similares fueron obtenidos por Santos *et al.* (2001) en corderos de la raza Santa Inés y de los cruces de ovejas Santa Inés con reproductores Suffolk, Ile de France y Poll Dorset.

Medel *et al.* (2002) tampoco hallaron diferencias debidas al sexo en la conformación de canal, cuando compararon corderos de las razas Rasa Aragonesa (ecotipo valle y turolense) y Ojinegra de Teruel (ecotipo estándar y mejorado), teniendo en cuenta tres pesos diferentes de canal (ligera: 8-9 kg; media: 10-11 kg y pesada: 12-13 kg).

En corderos lechales, algunos estudios revelaron una mayor compacidad en las canales de machos que de hembras. En este mismo sentido, Horcada *et al.* (1998) encontraron que la conformación de canales de lechazo de raza Lacha fue superior en las procedentes de machos que en las de hembras. Del mismo modo, el índice de compacidad de canales de lechales machos de la IGP “Lechazo de Castilla y León” fue significativamente superior que el de las hembras (Miguélez *et al.*, 2006). Resultados similares fueron hallados en los estudios realizados por Panea *et al.* (2010), en corderos de raza Ansotana, y en los de Ripoll-Bosch *et al.* (2012), en corderos de raza Ojinegra.

Sin embargo, Camacho *et al.* (2009) no hallaron diferencias significativas en la valoración subjetiva de la conformación de la canal en corderos lechales de las razas Canaria y Canaria de Pelo sacrificados entre los 9 y 11kg de peso vivo. Díaz *et al.* (1999) no observaron diferencias en raza Manchega, Sancha *et al.* (1996) en la raza Talaverana y Santos *et al.* (2007) en la raza Churra da Terra Quente.

#### **2.2.5.1.c. Efecto sobre el grado de engrasamiento**

Es perfectamente conocido que la cantidad de grasa de la canal ovina está estrechamente ligada al peso vivo (Vergara *et al.*, 1997; Cañeque *et al.*, 1997; Blázquez *et*

*al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2003b) y la edad del animal (Pollott *et al.*, 1994), incrementando su cantidad a medida que ambos parámetros son más elevados.

Con un similar peso de sacrificio, el genotipo también puede influir en el grado de engrasamiento de la canal, aunque las diferencias entre genotipos pueden variar dependiendo del depósito de grasa considerado.

Cunha *et al.* (2001) observaron diferencias debidas al efecto de la raza en la valoración subjetiva de la cobertura y espesor de la grasa en las canales de corderos de diferentes razas y aptitudes productivas. Los resultados indicaron que los corderos de la raza Ile de France presentaron mayores valores medios en ambas variables comparados con los valores registrados en corderos de las razas Suffolk y Santa Inés.

Vergara *et al.* (1999a) observaron que el engrasamiento general de la canal y de la zona pélvico-renal fue superior en la raza Merina y su cruce con el genotipo Ile de France, que en la raza Manchega. De igual manera, Valls *et al.* (1984) observaron un mayor grado de engrasamiento en la raza Rasa Aragonesa que en los genotipos Romanov y Finesa.

Esenbuga *et al.* (2001) no hallaron diferencias significativas en la cantidad de grasa pélvica cuando compararon la canal de corderos procedentes de las razas Awassi, Red Karaman, Tushin y Awassi x Tushin con un peso al sacrificio aproximadamente de 30 kg. Sin embargo, detectaron diferencias significativas en la valoración de la grasa de cobertura renal, con una puntuación mayor en las canales de los corderos de la raza Red Karaman, seguida, en orden decreciente, de las razas Awassi, AwassixTushin y Tushin. Macit *et al.* (2002) no hallaron diferencias significativas debido al efecto raza ni en el peso de la grasa pélvica ni de la cola al comparar las razas Awassi, Morkaraman y Tushin. Sin embargo, sí observaron diferencias en el peso del depósito de grasa de la zona renal.

Martínez-Cerezo *et al.* (2002), utilizando los patrones fotográficos descritos por Colomer-Rocher (1984), no observaron diferencias en el grado de engrasamiento de la canal al comparar corderos de las razas Rasa Aragonesa, Churra y Merina, sacrificados a los 20-22 kg y a los 30-32 kg. Sin embargo, cuando utilizaron el método de clasificación europea [Reglamento (CEE) nº 2137/92], las canales de raza Churra presentaron un mayor estado de engrasamiento en el menor peso de sacrificio y las de raza Rasa Aragonesa en el peso más elevado.

El efecto del peso sobre el grado de engrasamiento de la canal también se ha observado en canales de corderos lechales (Castrillo y Sanz Arias, 1979b; Sancha *et al.*, 1996; Cañeque *et al.*, 1997; Velasco, 1998a; Díaz *et al.*, 1999 y 2003b; Huidobro *et al.*, 1999; Blázquez *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2002; Miguélez *et al.*, 2006).

Diferentes estudios también han reflejado un efecto del genotipo en el engrasamiento de este tipo de canales. Así, por ejemplo, Camacho *et al.* (2009) observaron diferencias en la valoración subjetiva del estado de engrasamiento de la canal de corderos lechales de las razas Canaria y Canaria de Pelo, sacrificados entre los 9 y 11 kg de peso vivo. Estos autores, sin embargo, no encontraron diferencias en el espesor de la grasa subcutánea atribuibles al genotipo.

Desde un punto de vista general, el efecto de la raza en relación con la valoración del grado de engrasamiento de las canales de ovino se podría resumir en que las canales pesadas de razas de aptitud lechera tienden a acumular más grasa que las de carne; las razas con cola grasa depositan más grasa subcutánea en la región lumbar que otras razas; las razas más prolíficas tienden a depositar más grasa interna y menos de cobertura que las menos prolíficas teniendo un contenido en grasa intramuscular no significativamente distinto. Y las razas rústicas depositan más grasa interna (Miguélez *et al.*, 2007).

El sexo es otro factor que está estrechamente relacionado con el contenido en grasa de las canales de ovino. En general, la mayor precocidad de las hembras determina un mayor estado de engrasamiento de la canal respecto a los machos (Horcada *et al.*, 1998) y, siguiendo el razonamiento indicado por Jackson y Mansour (1974), presentarían, a su vez, una mejor conformación.

A este respecto, Vergara *et al.* (1999d) observaron que las canales de las hembras de la raza Manchega, sacrificadas a dos pesos distintos (22 y 28 kg), superaron en un 29 y un 33%, respectivamente, la puntuación de conformación de los machos. De igual manera, el estado de engrasamiento de las hembras fue superior en un 5 y en un 3%, respectivamente, para los pesos indicados. Del mismo modo, Sañudo *et al.* (1998b) señalaron que en corderos de raza Rasa Aragonesa, en el rango de peso desde el destete hasta los 22 kg de peso vivo, las canales de las hembras presentaron un mayor estado de engrasamiento general y una mayor cantidad de grasa pélvico-renal que las de los machos.

Algunos autores, sin embargo, no encontraron una relación tan clara entre conformación y grado de engrasamiento de la canal. Así, por ejemplo, Mendizábal y Soret (1997) indicaron que las hembras de la raza Rasa Aragonesa, para el rango de peso de 16 a 24 kg, presentaron un nivel de engrasamiento subcutáneo mayor que los machos. Sin embargo, a pesar de esta diferencia, la conformación de la canal obtuvo una calificación superior en los machos.

Medel *et al.* (2001) observaron que las canales ligeras (8,0-8,5 kg) de las hembras de raza Ojinegra de Teruel (ecotipo estándar) obtuvieron una mayor puntuación en el estado de engrasamiento y en el peso de la grasa renal que las de los machos. Diferencias atribuibles al sexo también fueron observadas por Alcalde *et al.* (2001) en la valoración subjetiva de la canal y en el espesor de la grasa, en corderos de raza Santa Inés y sus cruzamientos con razas especializadas en la producción de carne, y por Cano-Expósito *et al.* (2003) en la valoración subjetiva del grado de engrasamiento de la canal en corderos de raza Segureña sacrificados entre los 19 y 26 kg.

Se puede concluir que, en corderos en la etapa de cebo, el desarrollo del tejido adiposo de los machos es inferior al de las hembras (Teixeira *et al.*, 1992). Esta conclusión se puede extender a las canales de corderos lechales, aunque el efecto es menos acusado y depende del genotipo (Huidobro *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 1999; Cañeque *et al.*, 1999; Vergara y Gallego, 1999c; Alzón *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2003b; Miguélez *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008a; Camacho *et al.*, 2009; Paena *et al.*, 2010; Ripoll-Bosch *et al.*, 2012).

#### **2.2.5.1.d. Efecto sobre la composición regional y tisular**

Por lo que se refiere a la composición regional de la canal, es bien sabido que al aumentar el peso vivo del animal se incrementa también el peso de las piezas comerciales (Colomer-Rocher y Espejo, 1973b). Sin embargo, en términos porcentuales la variación depende de la pieza.

En este sentido, Valls *et al.* (1984), en corderos producto del cruce Finesa y Romanov con la Rasa Aragonesa, observaron que al aumentar el peso al sacrificio de 15 a 40 kg de peso vivo, las proporciones correspondientes a la pierna y espalda disminuyeron mientras que aumentaron las proporciones del costillar y la falda. Por otra parte, Colomer-Rocher y Espejo (1971) observaron, en corderos de genotipo Manchega x Rasa Aragonesa y en el rango de peso de 22 a 30 kg, que el peso de sacrificio no influyó

sobre el porcentaje de piezas de 1ª categoría. Estudios realizados en corderos lechales reflejaron resultados similares, posiblemente como consecuencia del reducido rango de pesos dentro del que se sacrificaron los animales (Castrillo, 1979a; Blázquez *et al.*, 2001 y 2002; Pérez *et al.*, 2002; Miguélez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007).

En cuanto al efecto de la raza, algunos autores proponen que, en general, el genotipo del animal guarda una estrecha relación con la composición regional de la canal. Así, por ejemplo, Vergara *et al.* (1999a) observaron que en las canales de corderos de raza Manchega las proporciones de espalda y pierna fueron un 4 y un 6% superiores, respectivamente, a las registrados en corderos de raza Merina o del cruce Ile de France x Merina. Osório *et al.* (1995) no observaron diferencias significativas en el porcentaje de piezas comerciales entre las razas Rasa Aragonesa, Merina, Manchega y Lacaune, a excepción del badal y el cuello.

Santos *et al.* (2001) hallaron diferencias significativas en el porcentaje de diferentes piezas de la canal al comparar corderos puros Santa Inés y cruzamientos de ovejas Santa Inés con reproductores Suffolk, Ile de France y Poll Dorset. Por el contrario, Esenbuga *et al.* (2001) no hallaron diferencias en el despiece comercial, expresado en proporción al peso de la canal con y sin cola, en corderos procedentes de razas Awassi, Red Karaman, Tushin y Awassi x Tushin con un peso al sacrificio aproximadamente de 30 kg.

En cuanto a los corderos lechales, se ha observado que la raza presenta una moderada influencia sobre la composición regional. Sañudo *et al.* (1997) observaron que las canales de las razas españolas presentaron mayores proporciones de lomo y menores de cola que los cruces con Awassi, raza de cola grasa. Miguélez *et al.* (2006), estudiando las diferentes razas integradas dentro de la IGP "Lechazo de Castilla y León", observaron que raza Churra tuvo el mayor porcentaje de espalda, mientras que la Castellana mostró la mayor proporción de pierna.

Juárez *et al.* (2006) solamente hallaron diferencias significativas en la primera categoría del despiece comercial debidas al efecto de la raza entre corderos lechales Churra Lebrijana y Merina de Grazalema, con porcentajes de 62,2 y 57,3%, respectivamente. Camacho *et al.* (2009) no observaron diferencias en el peso de las piezas comerciales de primera y tercera categoría entre las razas Canaria y Canaria de pelo.

Durante el crecimiento y desarrollo existe un crecimiento diferencial de las distintas piezas y tejidos de la canal (Boccard *et al.*, 1976; Lawrence y Fowler, 1997; Butterfield *et al.*, 1983; Jeremiah, 2000), siendo la espalda y el badal piezas de desarrollo precoz y el costillar y la falda de madurez tardía. En general, las hembras presentan un mayor porcentaje de aquellas piezas cuyo contenido adiposo es importante, aunque el efecto del sexo puede variar con el genotipo.

Así, por ejemplo, Cano-Expósito *et al.* (2003) observaron, en corderos de raza Segureña de 22 kg de peso vivo, que los machos presentaron un 4 y un 3% más proporción de cuello y espalda, respectivamente, que las hembras. Las hembras, por su parte, presentaron un porcentaje de costillar superior en un 5% al observado en los machos. En relación con las categorías comerciales, las hembras presentaron un 2% más de piezas de 1ª categoría que los machos. Sin embargo, Kremer *et al.* (2004) no hallaron diferencias la composición regional de la canal debido al efecto sexo en corderos procedentes de los cruzamientos entre madres Corriedale y machos Corriedale, Southdown, Hampshire Down, Suffolk, Texel o East Friesian.

El efecto del sexo es, en términos generales, menos evidente en las canales de corderos lechales, como consecuencia del menor desarrollo de los animales (Castrillo, 1979a; Pérez *et al.*, 2002; Miguélez *et al.*, 2006, Santos *et al.*, 2007), aunque en algún trabajo se hayan detectado diferencias significativas entre sexos (Sancha *et al.*, 1996; Cañequé *et al.*, 1999).

Por lo que se refiere a la composición tisular de la canal, el peso de la canal o el peso vivo al sacrificio ha ejercido en la mayoría de los estudios realizados un efecto significativo sobre los porcentajes de los tejidos de la canal (Castrillo, 1975; Cantero *et al.*, 1996; Cañequé *et al.*, 1997 y 1999; Velasco, 1998a; Pérez *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2003a; Miguélez *et al.*, 2006). En líneas generales, se ha observado que la proporción de hueso disminuye cuando aumenta el peso, debido a que es el tejido de desarrollo más precoz (Santos *et al.*, 2007). En relación al porcentaje de músculo y de grasa, generalmente, se ha observado una moderada disminución del primero y un aumento del segundo al aumentar el peso de las canales (Cantero *et al.*, 1996; Velasco *et al.*, 1996; Cañequé *et al.*, 1997; Pérez *et al.*, 2002; Miguélez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007).

El genotipo desempeña un papel fundamental sobre la composición tisular de la canal. En general, las razas de aptitud cárnica presentan un mayor porcentaje de grasa

que los genotipos de aptitud lechera (Wood *et al.*, 1980; Osório *et al.*, 1995). Martínez-Cerezo *et al.* (2002) observaron, a partir de la disección de la espalda, que estas mismas diferencias se presentaron en corderos procedentes de tres razas españolas de diferente aptitud. Los valores hallados mostraron que las canales de 30-32 kg de corderos de Rasa Aragonesa y Merina presentaron mayores porcentajes de grasa que las de raza Churra.

Si bien, es importante aclarar que la misma evaluación se realizó en canales de 10-12 y 20-22 kg y no se encontraron diferencias entre razas.

Kremer *et al.* (2004), estudiando la composición tisular de la pieza comercial denominada "corte pistola doble" (zona del costillar), en corderos procedentes de los cruzamientos entre madres Corriedale y machos con diferentes aptitudes productivas (Corriedale, Southdown, Hampshire Down, Suffolk, Texel y East Friesian), observaron que los corderos procedentes de cruces con East Friesian presentaron una menor proporción de tejido graso que las demás razas de aptitud cárnica evaluadas.

Por el contrario, Vergara *et al.* (1999a) observaron que la relación músculo/grasa de la espalda de corderos de raza Manchega fue superior en un 33% respecto a los genotipos Merina e Ile de France x Merina. La relación músculo/hueso presentó, además, el mayor valor en la raza Merina (2,7), seguido del cruce Ile de France x Merina (2,5) y la raza Manchega (2,3).

Sañudo *et al.* (1997) detectaron diferencias significativas comparando las canales de corderos lechales de cuatro razas ovinas. Las canales de corderos de raza Churra tuvieron menos músculo (54,23%) y más grasa (17,18%) que las de las razas Manchega (57,8% y 12,7%, respectivamente), Castellana (56,23% y 14,15%, respectivamente) y los cruces con Awassi (55,89% y 13,61%, respectivamente). Por su parte, De La Fuente *et al.* (1998) hallaron menor cantidad de músculo en la espalda de la raza Churra que en las razas Rasa Aragonesa y Merina, mientras que las canales de Churra presentaron mayor porcentaje de hueso. Miguélez *et al.* (2006) también encontraron que las canales de raza Churra y Ojalada tuvieron menos músculo y más hueso que las de raza Castellana.

Juárez *et al.* (2006) no hallaron diferencias significativas en los porcentajes de músculo y grasa de la espalda entre corderos lechales de las razas Churra Lebrijana y Merina de Grazalema. Sin embargo, el porcentaje de hueso fue mayor en los corderos de raza Churra Lebrijana.

Camacho *et al.* (2009) observaron algunas diferencias en la composición tisular debidas al efecto de la raza, cuando compararon corderos lechales de las razas Canaria y Canaria de Pelo. Las canales de los lechales de la raza Canaria presentaron un mayor porcentaje de grasa total (11%) y menor de tejido muscular (2,4%). Si bien, es importante mencionar que no se observaron diferencias ni en los porcentajes de grasa subcutánea e intermuscular ni de hueso.

Anteriormente se mencionó cómo el factor sexo influye en el grado de engrasamiento y esto, consecuentemente, influye sobre el porcentaje del resto de los tejidos, aunque el efecto puede variar con el genotipo y el peso al sacrificio.

Así, por ejemplo, Ellis *et al.* (1997) no observaron efecto del sexo sobre la relación músculo/hueso y músculo/grasa de la canal de corderos de 41 kg de peso vivo del cruzamiento entre hembras de las razas Charollais, Suffolk y Texel con machos procedentes del entrecruzamiento entre machos de raza Bluefaced Leicester con hembras de razas Scottish Blackface o Swaledale. Sin embargo, Falagán y García de Siles (1986b) observaron que la tendencia general de las hembras es hacia un mayor engrasamiento que en los machos. En la composición tisular de la espalda, las hembras presentaron una menor cantidad de hueso y mayor de grasa que los machos. La relación músculo/hueso fue un 13% superior en las hembras.

De igual manera, Cano-Expósito *et al.* (2003) observaron una relación músculo/hueso y músculo/grasa subcutánea un 8% superior y un 21% inferior, respectivamente, en las hembras que en los machos. Los mismos resultados fueron hallados por Camacho *et al.* (2009) en corderos lechales en dos razas de ovino Canarias.

El efecto del sexo sobre los porcentajes de los tejidos de canales de lechazo ha sido puesto de manifiesto en diversos estudios, presentando las canales procedentes de hembras, en general, menores porcentajes de hueso y más de grasa (Cantero *et al.*, 1996; Velasco *et al.*, 1996; Cañequé *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2003a; Miguélez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007).

## **2.2.5.2. Factores relacionados con la alimentación**

### **2.2.5.2.a. Efecto sobre el peso y rendimiento de la canal**

La bibliografía consultada señala, para pesos de sacrificio similares, un cierto grado de relación del rendimiento de la canal con el sistema de alimentación. En este

sentido, se ha observado que, en términos generales, el rendimiento comercial es mayor cuando los animales se ceban con dietas con elevadas proporciones de concentrado que cuando se finalizan en pasto, como consecuencia de un mayor peso de las canales y un menor peso del tracto digestivo (menor tamaño y desarrollo) (Olleta *et al.*, 1992; Fluharty y McClure, 1997; Fluharty *et al.*, 1999; Mahgoub *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2002; Priolo *et al.*, 2002; Santos-Silva *et al.*, 2002a; Borton *et al.*, 2005; Joy *et al.*, 2007 y 2008b; Karim *et al.*, 2007; Archimède *et al.*, 2008; Carrasco *et al.*, 2008 y 2009; Perlo *et al.*, 2008; Ekiz *et al.*, 2012a).

Otros estudios, sin embargo, han demostrado que sistemas basados en el pastoreo permiten obtener rendimientos de canal similares a los conseguidos en sistemas intensivos, empleando raciones con altas proporciones de concentrado, siempre y cuando los animales se sacrifiquen al mismo peso de sacrificio y el pasto sea de buena calidad (Mc Clure *et al.*, 1994; Pérez-Lanzac *et al.*, 1988; Joy *et al.*, 2007 y 2008a). Así, por ejemplo, Costa *et al.* (2008), estudiando el efecto de la alimentación en la terminación de corderos Corriedale, observaron que los corderos que consumieron pasto mejorado (pradera de *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*) lograron un mayor peso de la canal caliente y un mejor rendimiento comercial que aquellos otros criados en una pradera natural (*Passpalum notatum* y *Trifolium ploymorphum*).

Entre los diferentes nutrientes, el contenido de proteína desempeña un papel clave. Bonanno *et al.* (2011) compararon los efectos de la alimentación sobre la calidad de la canal en corderos de la raza Comisana utilizando dos forrajes con diferente porcentaje de proteína bruta [sulla (*L. Hedysarum coronarium*) vs. raigrás (*Lolium spp.*)]. Los resultados señalaron que los animales alimentados con raigrás (12% PB) presentaron un menor peso y rendimiento de la canal que los corderos alimentados con sulla (18% PB). De forma similar, Bessa *et al.* (2008) y Kasapidou *et al.* (2012) hallaron diferencias en corderos alimentados con dos raciones con diferente contenido de proteína bruta, de manera que el peso de la canal fuer mayor en los corderos criados con la dieta con mayor contenido de proteína.

Otros estudios, sin embargo, no reflejaron variaciones en el peso de la canal atribuibles al contenido de proteína. Así, por ejemplo, Purroy *et al.* (1989 y 1992), Fluharty y McClure (1997) y Manso *et al.* (1998b) no observaron efecto sobre el peso o el

rendimiento a la canal cuando incrementaron de un 14 a un 16%, de un 17 a un 21% y de un 17 a un 24% el contenido de proteína bruta del concentrado, respectivamente.

No obstante, el efecto del contenido de proteína no es independiente del aporte de energía. En este sentido, Mahgoub *et al.* (2000) observaron un incremento del peso del sacrificio, así como de la canal y del rendimiento comercial, cuando para un mismo contenido de proteína (16%), incrementó la relación energía/proteína (de 8,7 a 11,2 MJ de energía metabolizable/kg MS). Landa *et al.* (2001) en corderos de raza Merina, sacrificados entre los 25 y 26 kg, compararon dos piensos isoproteicos con diferente tipo de cereal (cebada o maíz) y observaron que los corderos alimentados con maíz producían canales de mayor peso y rendimiento.

La fuente de energía también puede influir en el peso y rendimiento de la canal. En este sentido, Mandebvu y Galbraith (1999) observaron, en machos de cruce Suffolk x Mule, que el peso de la canal es mayor en los animales que consumen dietas con elevado contenido en almidón respecto a aquellos otros que recibieron una dieta con menor proporción de almidón y mayor de fibra soluble. Bodas (2004), sin embargo, utilizando dietas isoenergéticas, no observó diferencias en el peso de la canal ni en el rendimiento al sustituir un 12% de la cebada por pulpa de remolacha en la ración de corderos en cebo intensivo. Resultados similares fueron descritos por Rodrigues *et al.* (2008), en corderos de raza Santa Inés, cuando sustituyeron en forma total o parcial el contenido de maíz del concentrado por pulpa cítrica.

Manso *et al.* (2008), comparando el efecto de la inclusión de diferentes fuentes vegetales de grasa (aceite de girasol vs. grasa hidrogenada de palma), en sustitución parcial de otras fuentes energética en la ración, no encontraron diferencias ni en el peso ni en el rendimiento de la canal de corderos de razas Merina, sacrificados a los 25 kg de peso. Blanco *et al.* (2014b), sin embargo, observaron una reducción en el peso de la canal fría y en el rendimiento comercial al incluir oleínas de girasol en la dieta de corderos, en proporciones comprendidas entre el 3 y el 6%.

En lo que se refiere al efecto de diferentes sistemas de cría en corderos lechales (lactancia natural vs. artificial) sobre el peso y el rendimiento a la canal, los resultados son contradictorios. Así, por ejemplo, Vergara *et al.* (2001) no encontraron diferencias en corderos de raza Manchega criados mediante lactancia natural o lactancia artificial, con sustitutivo lácteo suministrado a voluntad mediante nodriza. Sin embargo, en un estudio

realizado por Napolitano *et al.* (2002b), en la raza Comisana, se describen diferencias en el rendimiento comercial, correspondiendo el mayor valor a los corderos alimentados artificialmente mediante un sustitutivo lácteo (25% de proteína bruta, 23% de grasa bruta, 0,5% de fibra bruta y 7% de cenizas). Por el contrario, Lanza *et al.* (2006) observaron que los corderos criados con sus madres presentaron un mayor peso de la canal caliente que los corderos criados con lactancia artificial, utilizando un sustitutivo lácteo ofrecido a voluntad en 3 tomas al día.

#### **2.2.5.2.b. Efecto sobre la conformación**

Algunos trabajos indican que los animales criados en sistemas intensivos presentan canales mejor conformadas que aquellas de animales criados en sistemas de pastoreo. Así, Eguinoa *et al.* (2004), al comparar un sistema de producción semiextensivo (pastoreo hasta el destete a los 70 días y posterior acabado con concentrado y paja) con otro intensivo en corderos de la raza Navarra, observaron que las canales de los animales criados en el sistema semiextensivo presentaban mayor longitud de pierna y de canal y menor anchura de pierna, registrándose canales más compactas en el sistema intensivo. Costa *et al.* (2008) observaron que los corderos de raza Corriedale, sacrificados entre los 25 y 30 kg, alimentados con pastos mejorados presentaban valores superiores de profundidad y anchura de pierna que aquellos otros criados en pastos naturales. Campo *et al.* (2009) comparando los sistemas de manejo extensivo vs. intensivo en corderos Cartera, sacrificados a los 23 kg, hallaron en los primeros mayor longitud externa, profundidad del tórax, perímetro y anchura de la grupa. Si bien, no encontraron diferencias en la anchura del tórax y en los índices de compacidad de la canal y la pierna.

La composición y la forma de administración del concentrado en las dietas de cebo también pueden ejercer efecto sobre la conformación. Petit (2000) observó que la conformación de la pierna de las canales de corderos criados con cereal entero mejoró un 9% respecto a los animales alimentados con cereal aplastado. Este autor también observó un incremento de un 7% en la valoración de la conformación de la espalda en los corderos alimentados con maíz respecto a los alimentados con cebada. En concordancia con estos resultados, Landa *et al.* (2001) hallaron un incremento de un 4% en el índice de compacidad de la canal de los corderos alimentados con maíz respecto a los animales alimentados con cebada. Sin embargo, Hejazi *et al.* (1999) no observaron diferencias en la conformación de la canal en corderos alimentados con maíz molido o maíz en grano.

### 2.2.5.2.c. Efecto sobre el engrasamiento

Los sistemas intensivos suelen producir canales con mayores espesores de grasa que los sistemas de pastoreo (Notter *et al.*, 1991; Moron-Fuenmayor y Clavero, 1999), incluso aunque el cordero en pastoreo haya recibido concentrado como suplemento (Cañeque *et al.*, 2003), lo cual podría estar relacionado con la mayor disponibilidad de energía, el mayor gasto energético de los corderos en pastoreo y las modificaciones metabólicas y tisulares causadas por el ejercicio (Aurousseau y Vigneron, 1985; Field, 1990; Sainz, 1990; Chestnutt, 1994; Priolo *et al.*, 2002).

Numerosos autores coinciden en señalar que la relación forraje/concentrado de la ración produce efectos sobre el estado de engrasamiento de la canal. Dolezal *et al.* (1982), Arnold y Meyer (1988), Chestnutt (1992), Murphy *et al.* (1994), Zervas *et al.* (1999), Carson *et al.* (2001) y Santo-Silva *et al.* (2002a) observaron que al aumentar la proporción de forraje en la dieta de cebo de corderos se redujo el engrasamiento de las canales. En general, las canales de los corderos alimentados con dietas ricas en concentrado, altamente energético, presentan un mayor grado de engrasamiento, tanto a nivel subcutáneo o de cobertura de la canal como a nivel de la región pélvico-renal (Díaz *et al.*, 2002; Santos Silva *et al.*, 2002a).

No obstante, otros autores no encontraron diferencias en el estado de engrasamiento de la canal entre dietas con diferentes proporciones de forraje y concentrado (Ferrell *et al.*, 1979; Black y Chestnutt, 1992; Santos-Silva *et al.*, 2002b).

Estos resultados aparentemente contradictorios pueden guardar relación con otros factores dependientes de la dieta, tales como la calidad del forraje empleado o la composición y características del concentrado.

En relación al tipo de forraje empleado en las raciones de cebo de corderos, Mc Clure *et al.* (1994), por ejemplo, observaron en corderos de raza Targhee, en el rango de peso de 22,7 a 41 kg de peso, que las canales de los corderos alimentados con alfalfa presentaron más cantidad de grasa pélvico-renal que cuando se empleó como forraje ballico o dactilo. Perlo *et al.* (2008) observaron que los corderos alimentados con pasto natural (*Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum*, *Phalaris angusta*, *Panicum milioides* y *Medicago polymorpha*) presentaron un valor de 1,6 mm de espesor de la grasa, mientras que los corderos alimentados, en aprisco, con heno de alfalfa obtuvieron un espesor de 4,1 mm. En cambio, Cañeque *et al.* (1987) no observaron diferencias en el estado de

engrasamiento de la canal cuando se sustituyó paja de cereal por heno de alfalfa en la dieta de corderos de la raza Talaverana. Bonanno *et al.* (2011) tampoco hallaron diferencias en el porcentaje de grasa perirrenal en corderos de la raza Comisana, alimentados con sulla o raigrás, suplementados con un concentrado comercial.

Por otra parte, las características del concentrado pueden modificar las características de la canal, en particular el estado de engrasamiento (Hatfield *et al.*, 1997).

Un mayor contenido de proteína bruta en la ración está relacionado con una mayor retención de proteína y menor de grasa en la canal. Asimismo, las raciones que presentan una elevada relación energía/proteína, contribuyen a una mayor deposición de grasa en la canal (Black, 1974; Landa *et al.*, 2001; Ponnampalam *et al.*, 2003). No obstante, algunos estudios han puesto de manifiesto que un incremento del contenido proteico en la ración, dentro de ciertos límites, no parece modificar el engrasamiento de la canal. Purroy *et al.* (1992), en corderos de la raza Rasa Aragonesa y en el rango de 15 a 25 kg de peso, no observaron diferencias en el engrasamiento de la canal cuando se incluyó en el pienso un 11, un 14 o un 17% de proteína bruta. Manso *et al.* (1998b) tampoco hallaron diferencias en el peso de la grasa perirrenal en corderos de raza Churra alimentados con heno de hierba y dos concentrados que diferían en su contenido de proteína (29,4 y 18%).

El efecto del procesado del cereal sobre el engrasamiento no es claro. Así, Hejazi *et al.* (1999) no observaron diferencias en el espesor de la grasa dorsal y de la grasa pélvico-renal de las canales de corderos alimentados con maíz molido o maíz en grano. Petit (2000) tampoco observó diferencias en el espesor de la grasa dorsal entre animales que consumieron, en la ración de cebo, cereal entero o procesado. Por el contrario, Velasco *et al.* (2004) observaron una mayor puntuación de engrasamiento en la valoración subjetiva general y pélvico-renal de las canales en los animales alimentados con cereal procesado. Estos autores, sin embargo, no encontraron diferencias ni en el espesor de la grasa dorsal ni en el porcentaje de grasa subcutánea, por lo que se deduce que el efecto podría depender del depósito de grasa considerado y, por tanto, podría variar con el genotipo, el sexo y el peso al sacrificio.

La consistencia de la grasa de la canal es otro de los aspectos que determina el valor comercial. Es sabido que altos niveles de ingestión de cereales sometidos a un excesivo procesado conducen a la deposición de grasa blanda, como consecuencia de la acumulación de cantidades importantes de triglicéridos con anormales proporciones de

ácidos grasos de número impar de átomos de carbono y cadenas ramificadas. Esta circunstancia es consecuencia de la incapacidad que tiene el hígado para metabolizar todo el propionato ruminal, que se incorpora en la ruta de síntesis de ácidos grasos (cadenas impares) y la incorporación de metilmalonato en los mismos (cadenas ramificadas) (Duncan *et al.*, 1974; Berthelot *et al.*, 2001a y b). Está claramente demostrado que estos ácidos grasos ramificados e insaturados, debido a sus propiedades físico-químicas, presentan un punto de fusión bajo y por tanto una producción de grasa particularmente más blanda o aceitosa (Kemp *et al.*, 1981; Enser *et al.*, 1998), y por ello, más sensible a la oxidación durante la conservación de la canal (Wood *et al.*, 2008).

A este respecto, Ørskov *et al.* (1974a) observaron que los animales alimentados con una ración elaborada con cebada entera presentaron canales con grasa subcutánea (estimada mediante valoración subjetiva) más firme que en el caso de los animales alimentados con esa misma ración pero administrada en forma de gránulo, elaborado empleando cebada aplastada.

Priolo *et al.* (2002) encontraron que la grasa de los corderos procedentes de un sistema intensivo fue menos consistente que la de aquellos otros criados en un sistema de pastoreo. Sin embargo, Macedo *et al.* (2000), Joy *et al.* (2007) y Carrasco *et al.* (2008 y 2009) no encontraron estas diferencias.

En lo que respecta al efecto del tipo de lactancia sobre el engrasamiento cabe señalar que los resultados no son concluyentes. Así por ejemplo, Vergara *et al.* (2001) no hallaron diferencias en el porcentaje de grasa subcutánea en corderos lechales de raza Manchega criados mediante lactancia natural o artificial. Lanza *et al.* (2006) tampoco observaron diferencias en la valoración subjetiva del grado de engrasamiento de la canal en corderos de raza Barbaresca criados mediante lactancia natural o artificial. Por el contrario, Toteda *et al.* (2004) observaron diferencias en los contenidos de grasa omental y perirrenal al comparar corderos lechales criados con leche materna o con sustitutivo lácteo.

#### **2.2.5.2.d. Efecto sobre la composición regional y tisular**

La alimentación también puede afectar la composición regional de la canal, presentando los animales que están en pastoreo con respecto a los de estabulación mayor proporción de pierna (Pérez *et al.*, 1999), ya que el ejercicio produce un menor engrasamiento y mayor desarrollo muscular principalmente en las extremidades (Barnard

*et al.*, 1970; Borton *et al.*, 2005). Otros investigadores, sin embargo, sólo han encontrado una mayor proporción de costillar en los corderos de sistemas intensivos respecto de los de sistemas extensivos o semi-intensivos, lo que atribuyeron a una mayor cantidad de grasa presente en esta región (Díaz *et al.*, 2002; Karim *et al.*, 2007).

Algunos autores sugieren que las variaciones en la relación forraje/concentrado de la dieta no ejercen ningún efecto sobre la proporción de piezas comerciales de la canal (Stanford *et al.*, 1998). Osório *et al.* (1999) observaron, en corderos de raza Polwarth de 25 kg de peso al sacrificio, que no existían diferencias en el porcentaje de piezas comerciales de la canal entre los animales criados en cebo intensivo y aquéllos alimentados únicamente con leguminosas de distintas especies.

Carrasco *et al.* (2009) no hallaron diferencias debidas a las diferentes estrategias de alimentación (forraje, forraje más concentrado, concentrado) en el peso de las piezas comerciales en corderos de raza Churra Tensina, sacrificados entre los 22 y 24 kg.

Sin embargo, Archimède *et al.* (2008), en un estudio realizado en corderos Martinik sacrificados entre los 30 y 35 kg, observaron que a medida que aumentaba el aporte de concentrado en la ración también lo hacía el peso del cuello respecto a los corderos que recibieron sólo forraje.

En lo que se refiere al efecto del contenido de proteína bruta de la dieta, Manso *et al.* (1998c) hallaron que los corderos alimentados *ad libitum* con un pienso con un 18% de PB presentaron valores superiores en el peso de la espalda que los corderos que recibieron un pienso con mayor contenido de proteína (29,4% PB). Sin embargo, Brusa (1998) y Rodríguez (2005) no hallaron diferencias ni en el peso, ni en la proporción de la mayoría de las piezas y categorías comerciales de la canal en corderos de raza Merina, alimentados en cebo intensivo con proporciones diferentes de proteína bruta en la ración.

Algunos autores indican que los animales alimentados con forraje acumulan menos energía en forma de grasa en las diferentes piezas comerciales que los animales criados con dietas concentradas (McClure *et al.*, 1994). Normalmente, el pastoreo genera una menor deposición de grasa respecto a los sistemas intensivos, generando canales magras (McClure *et al.*, 1994; Murphy *et al.*, 1994; Macedo *et al.*, 2000; Velasco *et al.*, 2001; Santos-Silva *et al.*, 2002; Priolo *et al.*, 2002).

Este efecto, no obstante, depende de la pieza comercial considerada y de la raza. En este sentido, Joy *et al.* (2008b), en corderos Churra Tensina sacrificados entre los 22 y 24 kg, observaron que los animales alimentados con concentrado convencional presentaban una mayor deposición de grasa subcutánea e intermuscular, en la pierna, costillar, espalda y falda, que los corderos criados en pastoreo. Por el contrario, Osório *et al.* (1998), en corderos de razas Polwarth, sacrificados a los 23 y 30 kg de peso, observaron que los animales alimentados con una dieta convencional de cebo presentaron un menor porcentaje de grasa en la espalda y en la pierna que aquellos otros criados con leguminosas forrajeras.

Respecto al tipo de forraje utilizado en la alimentación de corderos, McClure *et al.* (1995) no observaron diferencias en la proporción de los distintos tejidos de la canal, cuando los animales fueron criados con alfalfa o ballico. Sin embargo, Osório *et al.* (1999) observaron que los corderos criados en praderas cultivadas presentaron mayores porcentajes de grasa en la espalda y en la pierna que los corderos alimentados con pastos naturales. De igual modo, Bonanno *et al.* (2011) observaron que los corderos alimentados con raigrás presentaron porcentajes superiores de tejido graso en la pierna que aquellos alimentados con sulla (8,4 vs. 5,9%, respectivamente).

Es conocido que el contenido de proteína bruta en la dieta guarda relación con la composición de la canal (Kempster, 1981), si bien el efecto depende del rango de proteína evaluado y de otros parámetros dependientes de la dieta y del animal.

En este sentido, Lanza *et al.* (2003) observaron que el incremento de un 14 a un 17% en el contenido de proteína bruta en la ración de cebo de corderos no produjo diferencias en la proporción de los distintos tejidos disecados en la pierna. Los porcentajes medios hallados de músculo, grasa y hueso fueron de un 64, 12 y 24%, respectivamente. De igual modo, Rodríguez (2005) tampoco halló diferencias en el peso y proporción de los tejidos de la espalda en corderos de raza Merina, sacrificados a los 25 kg, criados en un sistema de cebo intensivo con diferentes porcentajes de proteína bruta en la ración.

La incorporación de aceites vegetales en las raciones de cebo intensivo también ha sido objeto de estudio. En este sentido, Manso *et al.* (2008), utilizando corderos de raza Merina, sacrificados a los 25 kg, observaron que no hubo diferencias significativas en

los componentes tisulares de la espalda al comparar dietas elaboradas con aceite hidrogenado de palma (4%) o con aceite de girasol (4%).

Como se señaló anteriormente, el empleo de cereal entero como alternativa al empleo de concentrados comerciales en el cebo de corderos también ha sido objeto de estudio. En lo que se refiere a su efecto sobre la composición tisular, no parece que ejerza un efecto relevante sobre la composición tisular de la canal. Así, por ejemplo, Cañeque *et al.* (2001), en un ensayo realizado con corderos de raza Talaverana, sacrificados a los 28 kg, no observaron diferencias significativas en la proporciones de músculo, grasa y hueso de la pierna cuando compararon dos dietas cuya diferencia estribaba en el empleo de cebada entera o molida.

Al igual que lo señalado para los parámetros anteriores, los estudios realizados sobre el efecto que produce el tipo de lactancia (natural vs. artificial) en la composición tisular en los corderos lechales muestran resultados contradictorios. A este respecto, Vergara *et al.* (2001) no encontraron diferencias en la composición tisular al comparar canales de corderos lechales criados mediante lactancia natural o artificial. Por el contrario, Napolitano *et al.* (2002b) observaron que los corderos criados con sus madres presentaron un mayor porcentaje de tejido graso en la pierna que los corderos alimentados mediante un sustitutivo lácteo (9,91 vs. 7,46%, respectivamente). Las diferencias debidas al tipo de lactancia, no obstante, son consecuencia, del nivel de ingestión y de la composición de la leche o del sustitutivo, de manera que si se anulan estos factores las diferencias en las características de la canal pudieran desaparecer.

### **2.3. Calidad de la carne**

Para el Código Alimentario Español, la carne es la parte comestible de los músculos de los bóvidos, óvidos, súidos, cápridos, équidos y camélidos sanos, que han sido sacrificados en condiciones higiénicas. Por extensión, se aplica también a la de los animales de corral, caza de pelo y pluma y mamíferos marinos. Además, deberá ser limpia, sana, debidamente preparada e incluirá los músculos del esqueleto y los de la lengua, diafragma y esófago, con o sin grasa, porciones de hueso, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de éste en el proceso de preparación de la carne. La misma, presentará olor característico, y su color debe oscilar del blanco rosáceo al rojo oscuro,

dependiendo de la especie animal, raza, edad, alimentación, forma de sacrificio y período de tiempo transcurrido desde que aquél fue realizado (BOE, 1967).

La carne puede ser considerada como aquella parte muscular de la canal que, incluyendo la posible grasa y, a veces, algo de hueso es utilizado por el hombre como alimento. Sin embargo, puede surgir una confusión entre los términos músculo y carne. Esta última es el producto resultante de las transformaciones sufridas por el músculo después del sacrificio del animal (Keane, 1981). El Institut Technique Du Porc (1988) introduce la definición de carne como “el resultado de la evolución física y química de los músculos esqueléticos, iniciada con la muerte del animal”.

Naumann (1965) define calidad como un término *subjetivo* ya que varía con los individuos que la juzgan. Es, por tanto, un concepto *relativo*, puesto que depende de la situación de la persona en el momento del juicio, y *dinámico*, porque varía en el espacio y en el tiempo en función de lo que le gusta al público. En cambio, Colomer-Rocher, *et al.* (1988) la definen como el conjunto de características cuya importancia relativa le confiere al producto un mayor grado de aceptación y un mayor precio frente a los consumidores o frente a la demanda del mercado.

Desde un punto de vista técnico, la calidad es un concepto muy preciso, ya que supone fijar una serie de parámetros a los que debe ajustarse un producto normalmente elaborado de forma masiva. Sin embargo, cuando trasladamos esta definición al caso particular de la carne nos encontramos con una mayor ambigüedad de este concepto pues las necesidades varían mucho según el nivel de comercialización que lo utilice.

En este sentido, el concepto de calidad se define en función del objetivo, dependiendo del eslabón de la cadena de producción y comercialización de la carne. La calidad se considera de manera diferente para el ganadero que vende animales, para el industrial que distribuye canales o para el carnicero que vende cortes comerciales directamente al consumidor. Como se puede apreciar, existen una serie de intereses diferentes que dificultan la existencia de una definición única de la calidad que sea válida para todos los niveles de la producción cárnica. No siempre es posible satisfacer todos los objetivos: sensoriales, dietéticos o tecnológicos.

El ganadero debe orientar su objetivo hacia la cría de un animal en el periodo de tiempo más corto posible y con el menor coste de producción y que reúna, además, los caracteres de peso, conformación y estado de engrasamiento valorados por el industrial.

Para ello, debe lograr animales con el máximo contenido de músculo sin descuidar las características de calidad de la carne a fin de satisfacer al consumidor. Por lo tanto, le interesarán además una alta velocidad de crecimiento y un elevado rendimiento a la canal. Los factores más importantes, que dependen del ganadero y que afectan a la calidad de la canal y de la carne, son el peso, el sexo y la edad del animal, el grado de engrasamiento, el ritmo y la forma de la curva de crecimiento, la alimentación recibida y la raza (Prescott, 1966).

El industrial requerirá canales con proporción máxima de músculo, mínima de hueso y una cantidad de grasa acorde a los requerimientos del mercado. Su prioridad es adquirir animales que den buen rendimiento en su transformación en canal, que ésta tenga buenos perfiles y que presente un cierto grado de engrasamiento, sobre todo de cobertura. La grasa y su distribución constituyen un aspecto de máximo interés en la comercialización de la canal (Berg y Butterfield, 1976).

El carnicero, por su parte, busca satisfacer las exigencias de sus clientes pero al mismo tiempo está supeditado a proveerse de aquellas canales que el matadero disponga o comercialice en cada momento. Obviamente, el carnicero centra su mayor interés en las canales que poseen una elevada proporción de cortes de primera calidad, los cuales son muy demandados, fácilmente vendibles y a un precio superior.

Sin embargo, las exigencias de los consumidores son múltiples y variadas y contribuyen, en cada caso, a definir los gustos y características del mercado. Los caracteres organolépticos en su más amplia acepción (color, palatabilidad, terneza, jugosidad, sabor, aroma, etc.) son hoy de extrema importancia, no sólo porque el consumidor se ha hecho más refinado sino también porque la competencia, cada vez más fuerte, se basa propiamente en estos caracteres que, por otra parte, son también los más fácilmente apreciables por el consumidor.

Sañudo (1991) realizó una aproximación a la calidad desde el punto de vista del consumidor, donde considera a la misma bajo diferentes ópticas. La calidad higiénico-sanitaria, como cualidad primera, ya que ningún alimento debe suponer un riesgo para la salud del consumidor. La calidad nutricional, que está determinada por su contenido en elementos que responden a las distintas necesidades nutritivas del consumidor. La calidad de servicio, que está relacionada con la facilidad de empleo por el consumidor y, consecuentemente, con su presentación, aptitud culinaria, disponibilidad y precio. La

calidad subjetiva o imaginaria, relacionada con características difícilmente mensurables ligadas a la imagen preestablecida sobre un producto (lugar de origen, prohibiciones religiosas, cuestiones éticas de bienestar animal, respeto al medio ambiente, conservación de recursos naturales), hábitos adquiridos o a la influencia de la publicidad. La calidad de presentación, que incluye la modificación de los cortes tradicionales o el desarrollo de nuevos productos con mejores presentaciones y que pueden variar la intención de compra en un momento dado. La calidad funcional o tecnológica, determinada por la aptitud de la carne para la transformación y conservación. Y por último, la calidad sensorial, formada por las características que percibimos por los sentidos en el momento de la compra o del consumo y que influyen en nuestra satisfacción personal (color, textura, ternura, jugosidad, sabor y aroma).

En última instancia, la calidad de la carne la fija el consumidor y está determinada por una serie de factores, siendo quizá el color el más importante de todos (Pearson, 1966). La ternura y el sabor, en dicho orden, son los parámetros que más influyen en la aceptabilidad de la carne, después del color (Brayshaw *et al.*, 1965).

Existen múltiples revisiones bibliográficas sobre los parámetros que definen la calidad de la carne, evaluando el efecto que los diferentes factores implicados en el proceso de obtención de la carne pueden ejercer sobre los mismos. En la presente revisión nos concentraremos en aquellas medidas físico-químicas que se han utilizado para nuestro estudio experimental, es decir: el pH, el color, la capacidad de retención de agua, la ternura y la composición química de la carne.

### **2.3.1. Parámetros físico-químicos que definen la calidad de la carne**

#### **2.3.1.1. pH**

Dada la relación que existe entre el descenso del pH y la transformación del músculo en carne, la determinación de este parámetro constituye una buena medida para conocer el proceso de maduración y valorar la calidad de la carne como producto final del mismo (Purchas, 1990; Díaz, 2001; Bond *et al.*, 2004).

Cuando el animal es sacrificado, la pérdida abrupta del riego sanguíneo produce una serie de cambios sistémicos caracterizados principalmente por la caída de la presión parcial de oxígeno y el aporte de nutrientes. La privación del oxígeno en los tejidos aún vivos hace que se bloquee la síntesis del adenosín tri-fosfato (ATP), que es la fuente

común de obtención de la energía celular por la vía aeróbica u oxidativa. Como consecuencia el músculo, con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural, se ve obligado a obtener energía por la vía anaeróbica, a partir del glucógeno de reserva, dando lugar a la producción de ácido láctico (Monin, 1988).

Mientras que en la célula existan reservas de glucógeno se seguirá formando ácido láctico y consecuentemente el pH irá descendiendo hasta que se interrumpen los fenómenos glucolíticos o bien hasta que se inactivan las enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998a). La acidificación del medio intracelular conlleva al punto de no retorno o muerte de la célula y esto en gran medida obedece a la acumulación de ácido láctico (Warris, 2003).

Tanto el valor final del pH, también denominado pH último, que es medido aproximadamente a las 24 h después del sacrificio, como la velocidad del descenso del mismo, durante la transformación del músculo en carne, afectan a las características organolépticas (color, jugosidad, flavor...) y tecnológicas de la misma (capacidad de retención de agua, capacidad de conservación) (Sañudo, 1980, 1991 y 2006; Sañudo *et al.*, 1992b; Garrido y Bañon, 2000; Bond *et al.*, 2004; Bianchi *et al.*, 2006).

Muchos autores coinciden en que la velocidad de descenso del pH está directamente relacionada con dos factores principales, que son: el tipo de fibra muscular que predomina y la actividad muscular realizada antes del sacrificio. En este sentido, los músculos que presentan un mayor porcentaje de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5,5, mientras que si existe una mayor cantidad de fibras de contracción lenta (rojas) el pH experimenta un menor descenso (Ordóñez *et al.*, 1998).

El estado de las reservas de glucógeno en el momento del sacrificio es también un factor clave y es conocido que todos aquellos factores que causan estrés a los animales influyen sobre las mismas (Devine *et al.*, 1993; Sanz *et al.*, 1996; Sañudo *et al.*, 1998a y 2001; Terlow, 2005; Jacob *et al.*, 2005; Daly *et al.*, 2005; Ferguson y Warner, 2008a; Ferguson *et al.*, 2008b; Díaz *et al.*, 2014). Warris *et al.* (1990a) destaca al período de ayuno previo al sacrificio en el ganado ovino como un factor determinante en la evolución *post mortem* del pH, considerando menos relevante otros factores, incluido el transporte. Una forma de atenuar la incidencia de estos factores, responsables de la desaparición de glucógeno, es proveer a los animales de dietas con elevado contenido energético, potencialmente glucogénico (Immonen *et al.*, 2000).

La temperatura también modula la velocidad de la glicólisis anaeróbica, de modo que temperaturas elevadas (alrededor de 40°C) aceleran el descenso del pH (Pearson y Young, 1989).

Los cambios que se producen en las fibras musculares, como consecuencia de los procesos metabólicos *post-mortem* que se desarrollan durante la transformación del músculo en carne, en algunas ocasiones, pueden ser susceptibles a trastornos fisiológicos o a diversos factores exógenos, dando como consecuencia la aparición de alteraciones en la carne.

En este sentido, numerosos trabajos de investigación describen la presencia de dos tipos alteraciones que se presentan a la hora de evaluar la calidad de la carne. Estas alteraciones son, por un lado, las denominadas carnes DFD (oscuras, firmes y secas), originadas a partir de músculos con escasas reservas de glucógeno y un elevado valor de pH, como consecuencia de una glicólisis *post mortem* poco intensa. Y por el otro, las carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas) consecuencia de una intensa y acelerada glicólisis, dando como consecuencia un descenso abrupto del pH (Warris, 2001).

Muchos investigadores, que relacionan valores altos de pH con los sistemas extensivos de producción (Priolo *et al.*, 2002), indican que la carne de los corderos en pastoreo presenta un pH final más alto que los corderos alimentados con concentrado. Young *et al.* (1997) atribuyen este efecto a un bajo potencial glicolítico. Sin embargo, otros investigadores no hallaron efecto de los sistemas de producción sobre el pH final de la carne (Díaz *et al.*, 2002; Santos-Silva *et al.*, 2002a), lo que concuerda con la premisa de que la naturaleza del alimento recibido durante el cebo no tiene excesiva relevancia sobre el valor del pH final alcanzado (Alberti *et al.*, 1988; Sierra, 1988).

Otro de los factores que pueden alterar los valores de pH estarían relacionados con situaciones estresantes durante el pre-sacrificio, como lo demuestran los trabajos realizados por Bray *et al.* (1989), Apple *et al.* (1995), Sañudo, *et al.* (1998a), María *et al.* (2003), Vergara *et al.* (2005), Gregory (2005), Linares *et al.* (2007), Ferguson y Warner (2008a), Liste *et al.* (2011), Miranda de la Lama *et al.* (2012), Ekiz *et al.* (2012b), entre otros. Bello Dronda *et al.* (2009) analizaron diferentes factores que estarían involucrados en el desarrollo del pH, como la gestión de los sacrificios (tiempo de carga en granja, tiempo de transporte, tiempo de espera en matadero), determinados parámetros ambientales (año, época del año, día de semana), junto al sexo y grado de engrasamiento

de los corderos. Estos autores concluyeron que las diferencias evidentes de pH entre algunos parámetros estudiados como sexo, estado de engrasamiento y época del año no parecerían ser suficientemente importantes como para que la calidad del producto resultase comprometida.

Es importante indicar, no obstante, que la especie ovina es menos susceptible a la aparición de estos tipos de alteraciones comparada con otras especies animales (Sañudo *et al.*, 1997). A diferencia del ganado porcino y vacuno, el ovino resulta ser poco susceptible a los efectos del estrés (Charpentier y Goutefongea, 1966). Según Cornforth (1999), el pH de la carne ovina inmediatamente después del sacrificio se sitúa, en general, entre 6,5 y 6,8, mientras que a las 24 horas de oreo el valor de pH deseable para proporcionar a la carne sus propiedades organolépticas características debe ser inferior a 6,0.

#### **2.3.1.2. Color**

El color es uno de los parámetros que más se tiene en cuenta por parte del consumidor en el momento de realizar la compra, junto al contenido de grasa de cobertura e infiltrada (Krammer, 1994; Risvik, 1994).

El consumidor, en general, prefiere una carne de color rojo brillante mientras que rechaza la de color apagado o pardo (Beriain y Lizaso, 1997). No obstante, la preferencia por un determinado color está íntimamente relacionado con factores geográficos, sociales y culturales, por lo que la generalización en este parámetro es compleja (Osório *et al.*, 2006). En este sentido, en España el color claro se asocia al consumo de carnes pertenecientes a animales jóvenes lo que conlleva a un mayor grado de aceptación, incidiendo de este modo y de forma notable en los precios (Colomer-Rocher, 1978). Contrariamente, en otros países europeos se acepta con mayor facilidad carnes más oscuras. Así, por ejemplo, la carne de los corderos de procedencia anglosajona (crianza basada en pastoreo) presenta una mayor pigmentación que los de razas españolas (Sierra, 1988).

El color de la carne está determinado por numerosas variables, entre las que se encuentran la concentración de pigmentos hemínicos, el estado químico de la mioglobina en la superficie, la estructura y estado físico de las proteínas musculares y la proporción de grasa infiltrada (Swatland, 1991; Warris *et al.*, 1990b).

Los pigmentos que contiene la carne son numerosos (mioglobina, hemoglobina, cianocobalamina, citocromos, etc.) y cada uno de ellos cumple distintas funciones metabólicas dentro de la fibra muscular. Entre ellos, la mioglobina es el más importante en relación al color, debido a que los otros pigmentos se encuentran en concentraciones muy bajas, excepto en los animales mal sangrados, durante el sacrificio, donde las concentraciones de la hemoglobina y de los citocromos son mayores (Cepero y Sañudo, 1996).

La mioglobina está presente en el tejido muscular y es la responsable del color rojo en la carne fresca. Bioquímicamente, presenta una cadena proteica de estructura globular y un núcleo de hematina que contiene un átomo de hierro. Su principal función está relacionada con el transporte y depósito del oxígeno en el músculo vivo. En un principio se pensaba que la función de la mioglobina era principalmente el depósito de oxígeno en los tejidos. Hoy parece claro que la función de la mioglobina es facilitar la difusión del oxígeno desde los capilares hasta el interior de las células (mitocondrias), que está limitada por la baja solubilidad del oxígeno en soluciones acuosas. La función de almacenamiento del oxígeno en los tejidos sólo parece ser relevante en los mamíferos acuáticos donde la concentración de mioglobina es aproximadamente diez veces mayor que la que presenta los mamíferos terrestres.

No sólo es importante la concentración en mioglobina sino también el estado químico en que se encuentre, produciéndose una interconversión constante entre las tres formas básicas diferentes del pigmento. Esta interconversión hace variar el color según la proporción relativa y la distribución de cada una de ellas, siendo: la *Mioglobina reducida o Desoximioglobina* (Mb, Fe<sup>2+</sup>) de color rojo púrpura (es la molécula “pura” de mioglobina, a la cual todavía no se ha unido a oxígeno y su centro de hierro no se ha oxidado), la *Mioglobina oxigenada o Oximioglobina* (MbO, Fe<sup>2+</sup>) de color rojo brillante y la *Mioglobina oxidada o Metamioglobina* (MetMb, Fe<sup>3+</sup>), de color marrón-pardo.

La concentración de mioglobina presente en el músculo depende de la especie y edad del animal, de la localización anatómica del músculo, del tipo de alimentación, del ejercicio desarrollado por el animal o del tipo de fibra muscular, entre otros factores (Horcada, 1996). Asimismo, el grado de oxidación de la mioglobina, a su vez, depende del grado de protección de la misma frente a los agentes pro-oxidantes (Monahan *et al.*, 1994; Liu *et al.*, 1995; McDowell *et al.*, 1996; López-Bote *et al.*, 2001).

Numerosos autores sugieren que el color de la carne está íntimamente relacionado con el pH y, más aún, con su velocidad de descenso durante el período del oreo (Seideman *et al.*, 1984; Vestergaard *et al.*, 2000; Lanza *et al.*, 2003). Así encontramos que un descenso gradual del pH con valores finales cercanos a 5,6, da como resultado una carne de color rojo normal. Sin embargo, cuando el pH desciende a mayor velocidad, con valores finales por debajo de los característicos de cada especie, se presenta una desestabilización de las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares, otorgándole un aspecto pálido y húmedo a la carne (Warris, 2001). Por el contrario, valores elevados de pH contribuyen a que las proteínas mencionadas produzcan un alejamiento de su punto isoeléctrico, induciendo a una mayor unión con el agua presente en el citosol, confiriéndole un aspecto de sequedad y empardecimiento al color de la carne (Hopskins *et al.*, 1998a; Dunne *et al.*, 2004).

Otro parámetro a tener en cuenta es el color de la grasa de la canal que depende, fundamentalmente, de su contenido en pigmentos carotenos ( $\beta$ -carotenos, luteína, etc.) y xantófilas, los cuales proceden de los alimentos ingeridos por el animal. Estos pigmentos son absorbidos, en proporciones variables dependiendo de diferentes factores, y depositados en los diferentes tejidos, entre los que se encuentra el tejido adiposo.

El grado de infiltración grasa en la carne ejerce también un efecto sobre la apreciación del color por el consumidor. Valores de contenido de grasa superiores al 2,5 % producen un aumento en la reflectancia de la luz y en consecuencia proporcionan un aspecto más claro de la carne (Barton-Gade, 1980).

En la actualidad existen numerosos métodos que se utilizan para valorar el color de la carne, pudiéndose agrupar en métodos subjetivos o de evaluación visual y métodos objetivos, de evaluación instrumental o evaluación físico-químicos.

En general, dentro de las pruebas sensoriales se pueden distinguir 2 grupos principales: pruebas afectivas y analíticas. Las pruebas afectivas se dividen, a su vez, en test de aceptación (o preferencia) y test hedónico, de escalas relativas. Dentro de las pruebas analíticas se diferencia entre pruebas discriminatorias y descriptivas (Sánchez y Albarracín, 2010).

Los métodos instrumentales que cuantifican el color de la carne emplean normalmente colorímetros y espectrofotómetros; estos últimos elaboran la información sobre el color a partir de medidas de reflectancia (Aporta *et al.*, 1994). El sistema obtiene

los valores triestímulo CIE en relación con el espectro visible, definiendo tres colores primarios: rojo (x), verde (y) y azul (z), que convierte en otros espacios de color. En este sentido, el sistema CIELAB, definido por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, 1986), considera las coordenadas de color  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (índice de rojo),  $b^*$  (índice de amarillo). El parámetro  $L^*$  varía de 0 (negro) a 100 (blanco), el valor de  $a^*$  puede ser positivo ( $a^* > 0$ , rojo) o negativo ( $a^* < 0$ , verde) y el valor de  $b^*$  puede ser positivo ( $b^* > 0$ , amarillo) o negativo ( $b^* < 0$ , azul). A partir de estos parámetros se pueden obtener otros, tales como:

*Tonalidad o matriz (Hue)*: es el atributo de una sensación visual según la cual el estímulo aparece similar a uno de los colores percibidos: rojo, verde, amarillo y azul o a ciertas proporciones de dos de ellos. Para el caso del color del músculo, es el estado químico del pigmento quien determina la tonalidad y se relaciona con factores *post mortem*.

*Saturación o croma (Chroma)*: se define como el nivel de coloración del objeto observado, juzgado en proporción a su luminosidad. Se ha relacionado con factores *ante mortem* y está influido por la cantidad de pigmentos presentes en el músculo o la grasa.

Algunos autores coinciden en señalar que existe una correlación significativa entre la concentración de pigmentos hemínicos y el índice de rojo ( $a^*$ ) (Dunne *et al.*, 2004; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005). Asimismo, el índice de amarillo ( $b^*$ ) suele estar correlacionado con la concentración de carotenos en la grasa (Zhou *et al.*, 1993).

Así mismo, la coordenada  $L^*$  es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (Murray, 1989). Depende de numerosos factores como el pH, la capacidad de retención de agua, la humedad, la integridad de la estructura muscular y, en menor medida, del grado de oxidación de los hemopigmentos (Palombo y Wijngaards, 1990).

Hopkins *et al.* (1998b) determinan que si el parámetro luminosidad ( $L^*$ ) presenta un valor inferior a 34 se califica como carne oscura. En este sentido, White *et al.* (2002) consideran que la luminosidad debe presentar un valor superior a 32 para que sea considerada aceptable por el consumidor.

La coordenada  $a^*$  (rojo-verde) se relaciona con la concentración de mioglobina, siendo mayores los valores de  $a^*$  en carnes con mayor contenido en mioglobina (Pérez-Álvarez *et al.*, 1998). La coordenada  $b^*$  (amarillo-azul) ha sido relacionada con los

distintos estados de la mioglobina (Pérez-Álvarez, 1996; Pérez-Álvarez *et al.*, 1998), mientras que la concentración de mioglobina no es un factor determinante sobre esta coordenada. Sin embargo, estos mismo autores señalaron que las carnes con elevado contenido de grasa presentaban valores del parámetro  $b^*$  superiores a los obtenidos para carnes magras. Ponnampalam *et al.* (2004) consideran que el valor del parámetro  $b^*$  en la grasa debe ser inferior a 11,9 para que se sitúe dentro del rango de color de la grasa demandado por los consumidores (blanco a blanco-cremoso).

La evaluación química del color de la carne es otro de los métodos que se utiliza para cuantificar este atributo y se basa, principalmente, en la determinación del contenido en pigmentos responsables del color de la misma. Habitualmente, estos métodos determinan los pigmentos que se encuentran en una solución acuosa obtenida a partir de un extracto de carne (Warris, 1989). Otro método de evaluación es el que describe Horsney (1956), que consiste en la determinación del contenido de hierro incluido en la forma ácida del grupo hemo de la hematina. Actualmente se ha dejado de usar puesto que es un método destructivo y no aporta información del estado químico de la mioglobina.

En definitiva, las medidas objetivas instrumentales presentan mayores ventajas que los métodos químicos cuando se trata de evaluar el color de la carne, ya que aportan información sobre el estado químico de la mioglobina, no son destructivos, son fácilmente repetibles y describen el color de la carne en superficie, como lo percibe el consumidor.

En cualquier caso, nuestra apreciación del color de un objeto depende no solo del propio objeto (tamaño y forma) sino también de la luz utilizada para iluminarlo, los ángulos de iluminación/visión, la estructura y los estímulos que le rodean, aparte del estado del sistema visual del observador y de su experiencia en situaciones de observación semejantes o relacionadas.

### **2.3.1.3. Capacidad de retención de agua**

Hamm (1960) define a la capacidad de retención de agua (CRA) como la propiedad que tiene la carne para retener su agua constitutiva, tanto durante la aplicación de fuerzas externas como por otros tratamientos. Del mismo modo, Sañudo *et al.* (1992a) la considera como la capacidad que tiene este producto para retener el agua que ella misma contiene cuando se aplican fuerzas externas como cortes, calentamiento, trituración y prensado. Según Honikel (1998), la CRA significa la capacidad que tiene la

carne para retener el agua propia o eventualmente el agua añadida durante el procesado que se realiza en la obtención de los productos cárnicos. En otras palabras, es la medida de capacidad de la carne para retener su contenido acuoso cuando se está aplicando sobre ella fuerzas externas o bien a lo largo de un determinado proceso industrial.

La carne cruda de los mamíferos, inmediatamente tras el sacrificio, contiene, por término medio, un 75 % de agua (Lawrie, 1998a). Este porcentaje, no obstante, es variable, dependiendo de múltiples factores (Bouton *et al.*, 1971; Anon y Calvelo, 1980; Forcada, 1985; Offer y Knight, 1988; Sañudo y Sierra, 1982; López, 1987; Wismer-Pedersen, 1994; Warner *et al.*, 2000; Rosenvold y Andersen, 2003; Honikel, 2004; Bond *et al.*, 2004; Savell *et al.*, 2005; Bond y Warner, 2007; Bórnez *et al.*, 2009).

Tras el sacrificio, parte del agua se pierde durante el enfriamiento de las canales. Sin embargo, las mayores pérdidas se producen durante el cocinado de la carne debido a la desnaturalización de proteínas y la alteración de enlaces y estructuras que participan en la retención de agua a nivel intramuscular (Trout, 1988), pudiendo superar el 40 % (Offer y Knight, 1988).

Según Hamm (1963), el 70 % del agua constitutiva de la carne fresca se encuentra localizada en las miofibrillas, el 20 % en el sarcoplasma y el resto en el tejido conjuntivo. Del total de agua del músculo, un 4 % está asociada a los grupos polares de la proteína y se la denomina “agua comprometida” o “agua ligada”, siempre y cuando acompañen ciertos factores, como el estado de las proteínas miofibrilares o el pH, dando como resultado una unión tan estable que permanece incluso cuando se aplican fuerzas externas e intensas al músculo. Sin embargo, también existen uniones con el agua con una fuerza de menor intensidad, en las cuales las moléculas de agua se alejan de los grupos reactivos de las proteínas. Para este tipo de agua, la cantidad que se desprende dependerá de la intensidad de la fuerza externa aplicada sobre el músculo, denominándola “agua inmovilizada”. Por último, el agua que se mantiene unida a la estructura del músculo únicamente por fuerzas superficiales se denomina “agua libre” y es fácilmente expulsada del músculo al aplicar una fuerza externa (Forrest *et al.*, 1979).

La capacidad de las células musculares para retener agua está directamente relacionada con la disponibilidad del espacio que brinda la estructura miofibrilar. En consecuencia, todos aquellos factores que disminuyan la cohesión de la estructura y aumenten los espacios intersticiales causarán un aumento en la capacidad de imbibición;

por el contrario, aquellos factores que incrementen la atracción entre las cadenas proteicas inducirán un cambio estructural de las mismas, provocando una disminución de la cantidad de agua capaz de alojar.

Las miofibrillas tienen forma de red tridimensional, es decir, junto con el agua forman un gel donde queda retenida ésta. La capacidad de retención de agua dependerá de la expansión del gel, de manera que cuanto mayor sea el número de interacciones entre las moléculas de proteínas miofibrilares menor será la retención de agua. A menor número de interacciones, más expandido estará el gel y mayor será la capacidad de retención de agua.

La capacidad de retención de agua puede verse afectada por diversas características que presenta la carne como son el pH, la temperatura, el contenido de grasa o la estructura física del músculo, entre otros.

El valor del pH del músculo una vez realizado el sacrificio se sitúa en torno a 7. Este valor y la concentración fisiológica de sales permite al músculo retener cerca de un 90% del agua intracelular. Después de la muerte del animal, la tasa de acumulación de ácido láctico, debido a la glicólisis post mortem, determina una caída del pH, que reduce la capacidad de las proteínas del músculo para retener agua. En este sentido, el pH y la temperatura alcanzados influyen sobre el número y la naturaleza de las interacciones electroestáticas. Cuanto más se aproxime el pH al punto isoeléctrico de las proteínas de la carne, menor capacidad de retención de agua tendrá la carne. En condiciones fisiológicas el pH siempre es superior al punto isoeléctrico de las proteínas. Sin embargo, cuando se produce un descenso brusco del pH por debajo del punto isoeléctrico, se logra una gran disminución de cargas negativas, provocando una excesiva desnaturalización proteica y una mayor pérdida de agua (carnes PSE).

En cambio, cuando hay poco ácido láctico, el pH es mayor que el punto isoeléctrico por lo que las proteínas estarán cargadas negativamente y será mayor la repulsión y por tanto el gel estará más expandido, aumentando así su capacidad de retención de agua. Por ello, los animales con escasas reservas de glucógeno en el momento del sacrificio presentarán un pH más alto, dando lugar a una carne más seca, con un color más oscuro, menos tierna y con menor aptitud para la conservación (Forrest *et al.*, 1979).

Respecto al efecto que puede ejercer el contenido de grasa que presenta la carne, se sabe que la misma produce un efecto de estímulo para la secreción salival por lo que,

según algunos autores (Jennings *et al.*, 1978; Sañudo *et al.*, 1992b), la carne de los animales con mayor estado de engrasamiento es más jugosa. Esto podría explicarse por el efecto que la grasa intramuscular ejerce sobre la microestructura de la carne, permitiendo la retención de una mayor cantidad de agua (Hamm, 1960).

En cuanto al tipo de músculo, en las canales ovinas se ha observado que los músculos localizados en el tren posterior presentan una menor capacidad para retener agua (Forcada, 1985). Estas diferencias pueden ser explicadas por la diferente actividad del músculo, el porcentaje de fibras rojas, el pH y la relación agua/proteína que existe en los diferentes músculos de la canal.

Existen en la actualidad numerosos métodos que determinan la CRA en la carne y se los podría clasificar en tres categorías diferentes: a) los que se fundamentan en la utilización de fuerzas externas provocando la liberación del agua débilmente ligada a la estructura miofibrilar y sarcoplasmática (jugo exprimible, Grau y Hamm, 1953; centrifugación, Brendl y Klein, 1971; volumen capilar, Hoffman, 1975), b) los basados en la aplicación de calor (pérdidas por cocción, Hamm, 1975; Offer, 1984) y c) los métodos en los que no se aplica ninguna fuerza externa ni calor (pérdidas por goteo, Honikel, 1998).

#### **2.3.1.4. Textura**

La textura de la carne es uno de los atributos más apreciados por los consumidores. A diferencia de lo que ocurre con la valoración visual (color, contenido de grasa), este parámetro se evalúa cuando se ingiere este alimento y no en el acto de la compra. Algunos autores sostienen que la satisfacción del consumidor con el producto, y su impulso a comprarlo nuevamente, queda definida en el momento de consumir la carne (Russell *et al.*, 2005).

Es importante aclarar que la textura es una propiedad sensorial mientras que la terneza (o dureza) es un atributo de la textura, que puede definirse como la resistencia al corte de la carne. Cuando se habla de la carne, frecuentemente se utilizan indistintamente los términos textura y terneza, aunque debemos recordar que no son sinónimos (Chrystall, 1994).

Definir lo que hoy entendemos por textura de los alimentos no ha sido una tarea sencilla debido, principalmente, a que este atributo es el resultado de la percepción de

estímulos de distinta naturaleza y a que su evaluación por el consumidor no es instantánea, sino que comprende diferentes aspectos de un proceso dinámico (percepción visual de la superficie del producto, comportamiento de éste durante su manipulación previa a la ingestión e integración de las sensaciones bucales experimentadas durante la masticación y deglución), que se integran en el cerebro para dar una sensación única.

Por ello, desde la década de los 60 se empezó a considerar la importancia de la textura en la calidad de los alimentos. Se han propuesto numerosas definiciones de la misma que, de alguna manera, se sintetizan en la que aparece en la Norma Española (UNE 87001, 1994): "*Conjunto de propiedades reológicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y en ciertos casos, por los visuales y los auditivos*".

Para el caso particular de la carne, Beltrán y Roncalés (2005) propone que la misma está determinada por las propiedades de las estructuras miofibrilares, conjuntivas y citoesqueleto, las cuales son muy variables dependiendo de la especie, raza, sexo, edad y está influida por numerosas variables biológicas y tecnológicas.

En este sentido, la fracción proteica del tejido conjuntivo, que envuelve al músculo, constituye un elemento negativo que limita la terniza. Básicamente está representada por el colágeno que rodea a cada fibra muscular (endomisio), a cada haz de fibras (perimisio) y al conjunto del músculo (epimisio).

La cantidad de colágeno, principal componente del tejido conjuntivo, determina la llamada dureza de base. El colágeno posee una alta fuerza de tensión y propiedades físicas que hacen que a una edad dada sea determinante su influencia, de forma que cuanto más importante es esta fracción más dura es la carne (Shimokomaki *et al.*, 1972). Pero el problema no es sólo cuantitativo sino también cualitativo. Así sus características morfo-anatómicas, la naturaleza y grado de polimerización, entre otros, determinan que a igual cantidad de colágeno total la terniza sea variable (McCormick, 1994; Purslow, 2005; Lepetit, 2007). Por ello, a la luz de los conocimientos actuales, no resulta extraño que en algunos estudios se haya concluido que el colágeno total tiene escasa relación con la terniza (Light *et al.*, 1985; Young *et al.*, 1993b; Lepetit *et al.*, 2000 y 2008; Ngapoa *et al.*, 2002; Hopkins *et al.*, 2013).

A este respecto, Hill (1966) señala que la solubilidad del colágeno podría ser el factor a considerar al hablar de terniza, como así lo afirma Cross *et al.* (1973) al

corroborarlo con la valoración de un panel sensorial. Para Young y Braggins (1993a), la concentración de colágeno es más determinante en la valoración de la ternura de carne ovina por un panel sensorial, mientras que la solubilidad está más relacionada con la fuerza de corte.

La segunda fracción proteica está relacionada con las proteínas miofibrilares, cuyas transformaciones *post mortem* son responsables de las principales variaciones de ternura registradas, existiendo una relación entre la ternura y el grado de contracción de las miofibrillas (músculos relajados son más tiernos que los contraídos).

Cuando el animal es sacrificado se produce el proceso de transformación del músculo en carne, durante el cual se presentan dos fases concomitantes: el *rigor mortis*, que conduce a la acidificación y pérdida de la elasticidad del tejido muscular, y la *maduración*, que origina un aumento gradual de la ternura. Los procesos que se llevan a cabo durante el desarrollo del *rigor mortis* provocan un acortamiento del sarcómero, cuya intensidad depende de múltiples factores, siendo la temperatura el factor más importante que interviene en el proceso (Davis *et al.*, 1979).

En este sentido, se ha comprobado que con temperaturas que oscilan en un rango de 10 a 15°C se reduce el acortamiento muscular, si bien este efecto puede variar dependiendo de la pieza muscular que se esté evaluando (Tornberg, 1996). En cambio, un rápido enfriamiento (temperaturas inferiores a 10°C) en estado *pre-rigor* es un efectivo promotor del llamado *acortamiento por frío* ("cold-shortening") (Locker y Hagyard, 1963). La amplitud de este fenómeno crece cuando se sitúa en temperaturas próximas al punto de congelación; decrece cuanto más tarde se produce el choque frío, tras el sacrificio, y, finalmente, se anula si se realiza tras el *rigor*. Así, la ternura se incrementa si el intervalo entre sacrificio y enfriamiento se alarga. Por el contrario, si la refrigeración es seguida de congelación, previa al comienzo del *rigor*, el grado de endurecimiento llega a ser mayor debido a un adicional cambio de la longitud a la hora de la descongelación, *acortamiento por descongelación* ("thaw-rigor"), sobre todo si es rápida (Marsh y Thompson, 1958).

En la actualidad, existen diferentes métodos que permiten valorar la textura, los cuales se pueden agrupar, básicamente, en subjetivos y objetivos.

Los métodos subjetivos se realizan mediante el test de consumidores o paneles de catadores. Wood *et al.* (2004) consideran que el aspecto más importante de la calidad de

carne es la “calidad comestible” (“eating quality”), definida habitualmente como la puntuación dada por una panel de catadores en los aspectos terneza, jugosidad y sabor.

Los métodos objetivos pueden clasificarse en físicos y químicos. El objetivo que presentan los métodos físicos es obtener parámetros que permitan evaluar el comportamiento de la carne ante un esfuerzo mecánico que emule el proceso de masticación, determinando la resistencia que se produce a la penetración o a la extensibilidad de la carne (Test de Warner-Bratzler, perfil de análisis de textura (TPA), test de Kramer, test de compresión, etc.). Los métodos químicos se basan en la determinación de la cantidad de tejido conectivo, en particular de colágeno, la solubilidad del mismo y el índice de fragmentación miofibrillar (Vestergaad *et al.*, 2000b).

### **2.3.1.5. Composición química de la carne y de la grasa**

La composición química de la carne es variable en función de un gran número de factores, tanto extrínsecos como intrínsecos.

El agua es el componente mayoritario de la carne (65-80%) seguido de la proteína (16-22%) y de la grasa (3-13%). El contenido de cenizas es, en general, inferior al 4% y el contenido de glúcidos es mínimo porque se transforman durante el metabolismo *post mortem* en ácido láctico. En la carne hay también otros compuestos como aminoácidos, péptidos, vitaminas y nucleótidos, entre otros, que se hallan en bajas concentraciones.

El agua en la carne se localiza fundamentalmente en el tejido muscular, existiendo una relación relativamente consistente y positiva entre el contenido de humedad de la carne y su contenido proteico. Por el contrario, a medida que el contenido de grasa aumenta o disminuye, los contenidos de humedad y proteína se desplazan, en general, en dirección opuesta (Nürnberg *et al.*, 1998; Hoffman *et al.*, 2003; Volpelli *et al.*, 2003).

La proteína es el componente más importante de los productos cárnicos. Según Knipe (2011) existen tres tipos de proteínas en la carne: proteínas contráctiles, proteínas del tejido conjuntivo y las proteínas sarcoplasmáticas. La carne de cordero es una excelente fuente de proteínas de alta calidad porque contiene todos los aminoácidos esenciales.

El término grasa engloba todos los lípidos, incluyendo triglicéridos, fosfolípidos, esteroides, etc. Una vez incorporados al organismo, los lípidos se distribuyen básicamente en el espacio intermuscular e intramuscular, en el tejido adiposo, en el tejido nervioso y en

la sangre. El tejido adiposo desempeña un importante papel metabólico en el mantenimiento del balance energético. Así mismo, los depósitos de grasa cumplen otras funciones, tales como la protección térmica y física de los diferentes órganos corporales.

Los componentes mayoritarios de la grasa son los ácidos grasos, que pueden representar hasta el 90% del total de grasa corporal. Los *ácidos grasos* difieren entre sí en el número de átomos de carbono constituyentes de la cadena y en el número y posición de sus dobles enlaces (L'Estrange y Mulvihill, 1975). Los ácidos grasos más abundantes en la grasa de origen animal presentan un número par de átomos de carbono y de longitud comprendida entre 14 y 22 átomos de carbono, siendo los más abundantes los de 16 y 18 átomos de carbono. Normalmente, los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados se presentan en la configuración "cis", siendo menos frecuente la configuración "trans".

Los ácidos grasos saturados mayoritarios en la grasa de origen animal son los ácidos laúrico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y araquídico (C20:0). Los ácidos grasos monoinsaturados más importantes cuantitativamente son los ácidos palmitoleico (C16:1) y oleico (C18:1) y de entre los poliinsaturados destacan los ácidos linoléico (C18:2), linolénico (C18:3) y araquidónico (C20:4). Los ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono mayoritarios en la grasa animal son el pentadecanoico (C15:0) y el margárico (C17:0) (Body, 1988).

En general, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son los mayoritarios en la carne de los animales domésticos, siendo el ácido oleico el mayoritario en la carne de cordero (aproximadamente el 40% del total) (Lough *et al.*, 1992). En la carne de cordero, por orden de importancia, destacan los siguientes ácidos grasos: oleico, palmítico, esteárico, linoléico, mirístico y palmitoleico (Sañudo *et al.*, 2000b; Velasco *et al.*, 2004; Wood *et al.*, 2008).

## **2.3.2. Factores que condicionan la calidad de la carne**

### **2.3.2.1. Factores relacionados con el animal**

En relación con el pH, numerosos autores coinciden en señalar que la raza del animal no ejerce un efecto importante sobre el pH de la carne (Dransfield *et al.*, 1979; Sañudo *et al.*, 1992a y 1997; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2005; Esenbuga *et al.*, 2009; Ekiz *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2009; Komprda *et al.*, 2012).

Sin embargo, Sañudo *et al.* (1986) hallaron diferencias, aunque de escasa magnitud, en el valor final del pH del músculo *Longissimus dorsi* en las razas Roya Bilbilitana (5,95), Lacha (5,89), Rasa Aragonesa (5,85), Ojinegra (5,75) y en cruces de Romanov x Rasa Aragonesa (5,71). De forma similar, Hopkins y Fogarty (1998a) observaron diferencias en los valores de pH hallados en distintos genotipos ovinos. Los valores de pH más bajos (5,51) se encontraron en el genotipo Poll Dorset x (Border Leicester x Merina), seguidos de los genotipos Texel x (Border Leicester x Merina) (5,53) y Poll Dorset x Merina (5,56); los mayores valores de pH alcanzados fueron observados en los cruces Texel x Merina y Border Leicester x Merina (5,57).

Hoffman *et al.* (2003) hallaron diferencias en los valores de pH, a las 48 horas *post mortem*, en seis genotipos distintos de la raza ovina. Los valores en forma decreciente fueron los siguientes: Suffolk x Merina (5,79), Dormer x Merina (5,71), Suffolk x SA Mutton Merina (5,64), Dormer x Dohne Merina (5,61), Dormer x SA Mutton Merina (5,56) y Suffolk x Dohne Merina (5,54).

Es posible que los animales de distinto genotipo puedan reaccionar de distinta forma al estrés asociado al sacrificio (Young *et al.*, 1993b), aunque no existen muchos trabajos que hagan referencia a diferencias en el pH asociadas a un determinado comportamiento o a diferencias en el potencial glucolítico en función de la raza.

Respecto al efecto del sexo sobre el pH de la carne, los estudios realizados no son concluyentes, si bien en la mayoría de ellos el sexo no ejerció un efecto significativo (Sierra, 1973; Dransfiel *et al.*, 1990; Horcada *et al.*, 1998; Vergara y Gallego, 1999c; Vergara *et al.*, 1999d; McGeehin *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2008a y b, Tejeda *et al.*, 2008).

Al aumentar el peso vivo del animal, el tejido muscular incrementa su concentración en glucógeno. Este evento podría determinar un mayor descenso de los valores de pH. Sin embargo, es importante aclarar que existen otros numerosos factores determinantes del descenso del pH, entre los que se puede señalar, el nivel de alimentación o el contenido de grasa de la canal, por lo que la relación con el peso al sacrificio no siempre se manifiesta.

En este sentido, Beriain *et al.* (2000) observaron diferencias en los valores de pH del músculo *Longissimus dorsi* de corderos de la raza Rasa Aragonesa sacrificados a 12, 24 y 36 kg de peso vivo. Los valores de pH a las 24 horas de sacrificio registrados para

los pesos citados fueron 5,76, 5,93 y 5,66, respectivamente. Los bajos valores de pH encontrados a los 12 y 36 kg de peso al sacrificio, según los autores, podrían ser debidos a que los animales sacrificados a los 12 kg fueron alimentados con leche materna rica en grasa y lactosa y aquellos sacrificados a los 36 kg recibieron pienso a voluntad, tipos de alimentación que contribuyen a incrementar las reservas de glucógeno respecto a los animales sacrificados a 24 kg, que también fueron alimentados con pienso compuesto, pero de forma restringida.

Muchos trabajos indican que las características anatómicas del músculo también influyen en el pH final alcanzado, destacando entre estas características la concentración de glucógeno y la actividad física desarrollada por el mismo (Tarrant y Sherington, 1980; Pinkas *et al.*, 1982; Aalhus y Price, 1991; Devine *et al.*, 1993).

En este sentido, de acuerdo con la actividad metabólica y tipo de fibra se clasifica a los músculos en músculos "rojos" y "blancos". Los músculos rojos se caracterizan por la presencia de abundantes fibras rojas, de contracción lenta, con concentraciones elevadas de mioglobina y metabolismo preferentemente de tipo oxidativo (la glucosa se metaboliza de forma aerobia). Los músculos blancos, por el contrario, son de contracción rápida, poseen un elevado contenido en glucógeno y un metabolismo preferentemente anaerobio, con formación de ácido láctico a partir de glucosa (Lawrie, 1998a). Entre los primeros encontramos los músculos *Biceps brachii*, *Brachialis*, *Complexus*, *infraspinatus* y *Trapezius*. Entre los músculos de contracción rápida se encuentran los músculos *Longissimus dorsi*, *Deltoideus*, *Biceps femoris*, *Rectus femoris*, *Semitendinosus* y *Semimembranosus* (Kirchofer *et al.*, 2002).

Es importante destacar que en un mismo músculo se pueden encontrar mayor o menor proporción de fibras blancas y rojas, por lo que resulta importante determinar la medición del pH en diferentes puntos del mismo músculo. Así se observa que los valores del pH medidos en la porción media-torácica del músculo *Longissimus dorsi* en ganado ovino son más bajos que los medidos en el extremo caudal (Dutson, 1983, citado por Díaz, 2001).

*A priori* cabría esperar que los músculos con un porcentaje superior de fibras con metabolismo glucolítico tuvieran un mayor descenso del pH *post mortem* debido a la existencia de enzimas con actividad glucolítica y lactato deshidrogenasa. Sin embargo, Aalhus y Price (1991) sugieren que, además de la actividad glicolítica, estos músculos

también presentan una mayor capacidad tampón, que reduce un descenso excesivo del pH.

Hopkins y Fogarty (1998a) no encontraron diferencias en el pH alcanzado en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* en corderos de distintos cruces de los genotipos Poll Dorset, Border Leicester, Merina y Texel. Cano-Expósito *et al.* (2003) tampoco observaron diferencias en el pH medido a las 24 horas (5,78) en los músculos *Tríceps brachii* y *Longissimus dorsi* en corderos de raza Segureña. Estos autores, sin embargo, sí observaron diferencias entre músculos en los valores de pH medidos inmediatamente tras el sacrificio y a los 45 minutos, siendo los valores medios, para los diferentes tiempos de medida, de 6,34 y 6,19 para el primer músculo y de 6,61 y 6,45 para el segundo. Esenbuga *et al.* (2009) hallaron diferencias en el pH de la carne, a las 24 horas *post mortem*, al comparar los músculos *Longissimus dorsi* (5,76), *Semitendinosus* (6,56) y *Tríceps brachii* (5,26) de corderos de las razas Awassi y Morkaraman.

En cuanto al color de la carne, numerosos autores indican que la aptitud productiva del animal (leche vs. carne) y su patrón de madurez (temprana vs. tardía) contribuyen a las diferencias entre genotipos (Boccard y Bordes, 1986; Renerre, 1986). La razón de esta diferencia reside, fundamentalmente, en la relación existente entre la deposición de grasa de forma temprana y un aumento en la concentración de mioglobina, ligada a una mayor demanda de oxígeno (Renerre, 1982).

En este sentido, Martínez-Cerezo *et al.* (2005) compararon tres razas españolas con diferentes aptitudes productivas: Rasa Aragonesa, Merina y Churra. Los corderos fueron criados conservando sus tradicionales sistemas de producción y los mismos fueron sacrificados a los 10-12; 20-22 y 30-32 kg. En este estudio, los mayores valores de luminosidad (L\*) correspondieron a los corderos de la raza Churra en los tres pesos al sacrificio, disminuyendo la luminosidad al incrementar el peso al sacrificio. En cuanto al índice de rojo, los corderos de la raza Merina fueron los que presentaron los valores medios más altos en los pesos al sacrificio 10-12 y 20-22 kg, respectivamente. Sin embargo, a los 30-32kg de peso al sacrificio, los mayores valores se encontraron en los corderos de la raza Rasa Aragonesa. No obstante, estas diferencias, según los autores, podrían estar más relacionadas con el sistema de crianza que con el genotipo.

Burke *et al.* (2003) no observaron diferencias en la luminosidad del músculo *Longissimus dorsi thoracis* al comparar los genotipos Dorper x St. Croix, Dorper x

Romanov x St. Croix, Katahdin, St. Croix y St. Croix x Romanov. El valor medio hallado para todos ellos fue 34,9. En lo que se refiere al índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ), los genotipos St. Croix y Dorper x St. Croix presentaron valores similares pero inferiores a los observados para los otros genotipos.

Ekiz *et al.* (2009) no hallaron diferencias en la luminosidad del músculo *Longissimus dorsi* en corderos Turkish Merina, Ramlic, Kivircik, Chios y Imroz. En cambio, encontraron diferencias significativas en el índice de rojo y en el índice de amarillo, si bien estas diferencias dependieron del tiempo transcurrido desde el sacrificio.

Komprda *et al.* (2012) no hallaron diferencias debidas al efecto de la raza en ninguno de los parámetros lumínicos estudiados ( $L^*$ ,  $b^*$  y  $a^*$ ) sobre el músculo *Cuadriceps femoris* de corderos pertenecientes a las razas Zwartbles, Suffolk y Oxford Down, sacrificados con un peso vivo de 38 kg.

No obstante, es importante señalar que debido a la temprana edad a la que son sacrificados los corderos, bajo el sistema de alimentación denominado cebo intensivo desarrollado en los países Mediterráneos, las diferencias interraciales en el color de la carne, debidas a un aumento en la concentración de mioglobina, pudieran ser inexistentes. A este respecto, Beriain *et al.* (2000) no observaron diferencias significativas debidas al genotipo en el color del músculo *Rectus abdominis* de corderos de las razas Rasa Aragonesa y Lacha, tanto en la determinación subjetiva o mediante espectrofotometría. De igual manera, Santos-Silva *et al.* (2002b) no hallaron diferencias significativas entre los genotipos Merina Branco e Ile de France x Merina Branco en ninguno de los parámetros que definen el color de la carne.

En relación al efecto que ejerce el sexo sobre el color de la carne, numerosos autores coinciden en señalar que no existen diferencias entre machos y hembras en ninguno de los parámetros que definen el color (Sañudo *et al.*, 1998b, en la raza Rasa Aragonesa; Horcada *et al.*, 1998, en las razas Lacha y Rasa Aragonesa; Vergara y Gallego, 1999c y Vergara *et al.*, 1999d, en la raza Manchega; Alcalde *et al.*, 2001, en la raza Segureña; Santos *et al.*, 2007, en la raza Churra da Terra Quente; Tejeda *et al.*, 2008, en la raza Merina). En corderos de raza Segureña, Cano-Expósito *et al.* (2003) no observaron diferencias debidas al sexo en ninguno de los parámetros que definen el color tanto en el músculo *Longissimus dorsi* como en el músculo *Rectus abdominis*, los valores

medios observados para estos dos músculos fueron 39,9; 12,7 y 2,9 vs. 50,0; 13,5 y 2,7, para los parámetros L\*, a\* y b\*, respectivamente.

Diferentes autores hacen referencia a que un aumento en el peso vivo del animal es acompañado de un incremento en el tamaño de las fibras musculares y en la concentración de mioglobina (Jacobs *et al.*, 1972; Horcada, 1996). Sañudo *et al.* (1996) utilizando corderos de la raza Rasa Aragonesa llevados a tres pesos diferentes de canal (8, 10 y 13 kg), observaron que, en general, el color del músculo *Longissimus dorsi* en las canales con menor peso fue más luminoso (L\*) y más pálido (a\*) que en las canales cuyo peso fue más elevado. No obstante, en las canales de 8 y 10 kg no encontraron diferencias en la luminosidad de la carne (48,2 vs. 47,2). Asimismo, el parámetro b\* fue de igual magnitud en las canales de 8 y 13 kg (5,9 vs. 6,02). Beriain *et al.* (2000) observaron en corderos de la raza Rasa Aragonesa, que al aumentar el peso del animal de 12 a 36 kg, aumentó el índice de rojo y disminuyeron la luminosidad y el índice de amarillo del músculo *Rectus abdominis*. Es importante señalar que la disminución en el índice de amarillo, al aumentar el peso de la canal, pudiera ser debida a un efecto de dilución de los pigmentos existentes (Santos-Silva *et al.*, 2002b).

En un estudio realizado por Abdullah y Qudsieh (2009), en corderos machos Awassi, sacrificados a diferentes pesos vivos (20, 30 y 40 kg), se puso de manifiesto que la luminosidad decrecía a medida que aumentaba el peso vivo del animal en todos los músculos seleccionados (*Semitendinosus*, *Semimembranosus*, *Bíceps femoris* y *Longissimus dorsi*). El valor del índice de rojo aumentó con el incremento del peso al sacrificio en todos los músculos analizados, a excepción del músculo *Semitendinosus* que no presentó diferencias. En cuanto al índice de amarillo, no se observaron diferencias atribuibles al peso al sacrificio en ninguno de los músculos estudiados.

Es de suponer que la diferencia de peso entre los animales debe ser marcada, ya que en otro caso el efecto del peso del animal sobre el color de la carne no sería demasiado evidente. A este respecto, Russo *et al.* (2003) no hallaron diferencias en ninguno de los parámetros lumínicos (L\*, a\* y b\*) registrados a las 0 y 48 horas, sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de corderos de raza Apenínica con diferentes pesos al sacrificio. Vergara *et al.* (1999d) únicamente observaron diferencias en la luminosidad de la carne cuando los animales fueron sacrificados a 22 y 28 kg de peso vivo, siendo los valores medios para este parámetro de 49,5 y 47,7, respectivamente.

En lo referente al efecto del tipo de músculo sobre el color, es importante señalar que el color del mismo estaría definido por el ejercicio que desarrolla y el tipo de fibras musculares que contiene, si bien los resultados son muy variables. En este sentido, Cano-Expósito *et al.* (2003), en corderos de raza Segureña, no observaron diferencias en el índice de amarillo entre los músculos *Longissimus dorsi* y *Rectus abdominis*, aunque sí las encontraron en la luminosidad (49,9 y 39,9, respectivamente) y en el índice de rojo (13,5 y 12,7, respectivamente). Sin embargo, es necesario destacar que el color del músculo *Semimembranosus* fue medido a las 12 horas del sacrificio, mientras que las medidas del *Longissimus dorsi* se realizaron a las 24 horas. Por el contrario, Hopkins y Fogarty (1998a) no hallaron diferencias en el color de los músculos *Longissimus dorsi thoracis* y *lumborum* y *Semimembranosus*. Bond *et al.* (2004) tampoco observaron diferencias en el color debidas al ejercicio desempeñado previo al sacrificio.

La mayoría de los autores coincide en destacar que la raza no ejerce un efecto importante sobre la capacidad de retención de agua (Dransfield *et al.*, 1990; Hopkins y Fogarty, 1998a; Sañudo *et al.*, 1997). No obstante, Fahmy *et al.* (1992) indican que las diferencias halladas en la capacidad de retención de agua entre razas podrían estar relacionadas con el grado de precocidad que presentan los distintos genotipos estudiados. En este sentido, Sañudo *et al.* (1998a) sugieren que las razas con mejor morfología y un mayor nivel de engrasamiento presentan menores pérdidas de agua que las razas de peor conformación y más magras.

Hopkins y Fogarty (1998a) no observaron diferencias significativas en las pérdidas de agua por cocinado de los músculos *Longissimus dorsi thoracis* y *lumborum* y *Semimembranosus* en corderos de los genotipos Poll Dorset x (Border Leicester x Merina), Texel x (Border Leicester x Merina), Poll Dorset x Merina, Texel x Merina y Border Leicester x Merina. Santos-Silva *et al.* (2002b) tampoco observaron diferencias en la capacidad de retención de agua determinada por presión entre los genotipos Merina Branco e Ile de France x Merina. Asimismo, Hoffman *et al.* (2003), comparando corderos procedentes de seis genotipos diferentes, no observaron diferencias en las pérdidas por cocción y por goteo en el músculo *Longissimus dorsi*. Conclusiones similares se derivan del trabajo de Esenbuga *et al.* (2009), comparando las pérdidas por goteo en carne de corderos de las razas Awassi y Morkaraman.

Resultados opuestos fueron encontrados por Beriain *et al.* (2000), quienes observaron que el músculo *Longissimus dorsi thoracis* de corderos de la raza Lacha presentó menores pérdidas de agua por presión (23,6%) que el de los animales de la raza Rasa Aragonesa (24,9%). Burke *et al.* (2003) hallaron diferencias en las pérdidas de agua por cocinado entre los genotipos Dorper x St. Croix (DS), Dorper x Romanov x St. Croix (DX), Katahdin (KA), St. Croix (SC),  $\frac{3}{4}$  St. Croix  $\frac{1}{4}$  Romanov.

Ekiz *et al.* (2009), en corderos de las razas Turkish Merina, Ramlic, Kivircik, Chios y Imroz, no hallaron diferencias significativas en las pérdidas por cocción en el músculo *Longissimus dorsi lumborum*. En cambio, si observaron diferencias significativas en las pérdidas por goteo sobre el mismo músculo.

En lo que se refiere al sexo los resultados publicados son contradictorios. Así, por ejemplo, Vergara y Gallego (1999c) no hallaron diferencias significativas en la capacidad de retención de agua por efecto del sexo en la raza Manchega, siendo los valores promedios de pérdida de agua por presión del 26,5% para los machos y del 27,0% para las hembras. Sin embargo, Vergara *et al.* (1999d), en otro estudio realizado también en la raza Manchega, observaron que las hembras presentaron unas pérdidas de agua por presión superiores en un 22 y un 12%, respecto a los machos, para pesos de sacrificio de 22 y 28 kg, respectivamente. Algunos autores sugieren que la menor capacidad de retención de agua observada en las hembras es debida a su mayor grado de engrasamiento (Huidobro *et al.*, 1999). No obstante, según Sañudo *et al.* (2000a) las diferencias entre sexos en el grado de engrasamiento deben ser cuantitativamente importantes para que influyan en la capacidad de retención de agua.

En cuanto al efecto que ejerce el peso del animal sobre la capacidad de retención de agua de la carne, la bibliografía consultada también sugiere que es un factor controvertido. En este sentido, diferentes estudios apuntan que un incremento del peso del animal contribuye a un incremento de la capacidad de retención de agua. Así, por ejemplo, Vergara *et al.* (1999d) observaron unos porcentajes de pérdidas de agua por presión de un 23,5 y un 26% para pesos al sacrificio de 22 y 28 kg, respectivamente. De igual manera, Beriain *et al.* (2000) observaron, en corderos de raza Lacha, que al incrementar el peso vivo de sacrificio de 12 a 36 kg, se incrementaban también las pérdidas de agua por presión.

Russo *et al.* (2003) no hallaron diferencias debidas al efecto del peso al sacrificio en el porcentaje de pérdidas por cocción, sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de corderos de raza Apenninica con diferentes pesos al sacrificio. Sin embargo, cuando se determinaron las pérdidas por cocción en el mismo músculo, presentaron diferencias sustanciales. Por el contrario, Abdullah y Qudsieh (2009) observaron que, en los corderos machos Awassi, las pérdidas por cocción del músculo *Semitendinosus* decrecían a medida que se incrementaba el peso al sacrificio (20, 30 y 40 kg, respectivamente). Sin embargo, no encontraron diferencias cuando se analizaron las pérdidas por cocción de los músculos *Semimembranosus*, *Bíceps femoris* y *Longissimus dorsi*.

Por otra parte, otros autores sugieren que las diferencias en la capacidad de retención de agua debidas al peso del animal son inexistentes o de escasa magnitud (Sañudo *et al.*, 1996; Santos-Silva *et al.*, 2002b; Huidobro *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2007).

En lo que se refiere a la textura de la carne diferentes estudios señalan que el genotipo es un factor condicionante. Así, por ejemplo, Santos-Silva *et al.* (2002b) observaron que la fuerza máxima utilizada para cortar la carne procedente de corderos Ile de France x Merina fue un 12% superior a la procedente de corderos de raza Merina. Burke *et al.* (2003) también hallaron diferencias en la fuerza de corte, medida en el músculo *Longissimus dorsi thoracis*, al comparar corderos de los genotipos Dorper x St. Croix, Dorper x Romanov x St. Croix, Katahdin, St. Croix,  $\frac{3}{4}$  St. Croix  $\frac{1}{4}$  Romanov. De forma similar, Martínez-Cerezo *et al.* (2005), comparando corderos de las razas Raza Aragonesa, Churra y Merina sacrificados a diferentes pesos vivos (10-12; 20-22 y 30-32 kg), Teixeira *et al.* (2005), comparando corderos de las razas Bragançana y Mirandesa, y Ekiz *et al.* (2009), evaluando corderos de las razas Turkish Merina, Ramlic, Kivircik, Chios y Imroz, encontraron diferencias en la dureza de la carne atribuible a la raza.

Por el contrario, Hopkins y Fogarty (1998a) no observaron diferencias significativas entre genotipos en la dureza de la carne procedente de los músculos *Longissimus dorsi thoracis* y *lumborum* y *Semimembranosus* de corderos de las razas Poll Dorset x (Border Leicester x Merina), Texel x (Border Leicester x Merina), Poll Dorset x Merina, Texel x Merina y Border Leicester x Merina. Beriain *et al.* (2000) no observaron diferencias en la dureza del lomo de corderos de las razas Rasa Aragonesa y Lacha; los valores de fuerza máxima fueron, por término medio, de 3 kg/cm<sup>2</sup>.

Las posibles variaciones entre razas parecen ser debidas al patrón de crecimiento, grado de precocidad de las mismas y estado de engrasamiento (Sañudo *et al.*, 1998a; Fahmy *et al.*, 1992). Por tanto, el efecto de la raza sobre determinados parámetros podría ser eliminado cuando se sacrifican los animales en un mismo grado de desarrollo (Oberbauer *et al.*, 1994).

Al igual que ocurre con la raza, las diferencias en la textura de la carne debidas al sexo podrían estar relacionadas, en parte, con diferencias en el estado de engrasamiento del animal. En general, la cobertura grasa de la canal proporciona cierta protección a la canal después del sacrificio y durante el período de oreo (Marsh *et al.*, 1981). En las hembras, como se mencionó anteriormente, la cobertura grasa presenta un mayor espesor que en los machos. Un aumento del recubrimiento graso de las canales podría contribuir a una reducción del riesgo de alteraciones tales como el acortamiento por frío (White *et al.*, 2002).

En corderos de raza Segureña, Cano-Expósito *et al.* (2003) observaron que la dureza del músculo *Longissimus dorsi* fue mayor en los machos (4,1 kg/cm<sup>2</sup>) que en las hembras (3,6 kg/cm<sup>2</sup>). Este efecto, sin embargo, no se observó en el músculo *Triceps brachii*.

No obstante, otros autores no hallaron diferencias atribuibles al sexo en la fuerza máxima requerida para cortar la carne, a pesar de encontrar diferencias en el engrasamiento (Sañudo *et al.*, 1998b; Vergara *et al.*, 1999b; Vergara y Gallego, 1999c; Teixeira *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2007).

Diferentes autores coinciden que, en general, el peso del animal es uno de los factores que más repercusión tiene sobre la textura de la carne (Kirton, 1976; Keane y Allen, 1999). La disminución de la terneza de la carne asociada al aumento de peso vivo está determinada por una reorganización de los haces de colágeno, con un incremento de las interconexiones entre los mismos, más que debido al contenido total. No obstante, otros autores, indican que una menor terneza de la carne asociada a un mayor peso al sacrificio podría ser debida a una mayor infiltración del tejido graso en el músculo (Hawkins *et al.*, 1985). En este sentido, Vergara *et al.* (1999d) observaron una correlación significativa entre la dureza de la carne y el estado de engrasamiento de la canal ( $r=0,47$ ) en corderos sacrificados a los 28 kg de peso vivo.

El efecto del peso al sacrificio sobre la textura, no obstante, parece variar según el músculo considerado y el rango de peso evaluado.

Sañudo *et al.* (1996) observaron en corderos de la raza Rasa Aragonesa que al aumentar el peso de la canal de 8 a 10 kg, se incrementó la fuerza de corte en la carne de 3,42 a 4,77 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. No obstante, cuando las canales presentaron 13 kg de peso, la fuerza requerida, se situó alrededor de 3,44 kg/cm<sup>2</sup>.

Martínez-Cerezo *et al.* (2005) hallaron diferencias significativas debidas al efecto del peso vivo al sacrificio, comparando la textura de la carne en corderos de tres razas españolas (Rasa Aragonesa, Churra y Merina) sacrificadas a diferentes pesos vivos (10-12; 20-22 y 30-32 kg). Texeira *et al.* (2005) también observaron diferencias en la dureza de la carne en diferentes pesos al sacrificio (P1: 9 < 14; P2: 14 < 19 y P3: 19 < 24 kg) de corderos de las razas Bragançana y Mirandesa. Los resultados hallados manifiestan que a medida que aumenta el peso del animal, se requiere de una mayor fuerza de corte (6,1; 7,2; y 8, 7 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente).

Abdullah y Qudsieh (2009), en corderos machos Awassi, sacrificados a diferentes pesos vivos al sacrificio (20, 30 y 40 kg), observaron diferencias en la terneza de la carne en los músculos *Semimembranosus* y *Bíceps femoris*. Sin embargo, no hallaron esas diferencias en los músculos *Semitendinosus* y *Longissimus dorsi*.

Otros autores no observaron diferencias en la dureza de la carne entre distintos pesos de sacrificio (Vergara *et al.*, 1999d, en corderos de raza Manchega; Beriain *et al.*, 2000, en corderos de raza Rasa Aragonesa; Horcada, 1996, en corderos de las razas Lacha y Rasa Aragonesa; Santos *et al.*, 2007, en corderos de raza Churra da Terra Quente).

El efecto del genotipo sobre la composición química de la carne es variable y parece depender de los genotipos comparados, del músculo evaluado y de los parámetros químicos determinados.

Así por ejemplo, Wilches *et al.* (2011) no encontraron diferencias debidas al efecto de la raza en ninguno de los parámetros químicos determinados (agua, proteína, grasa y cenizas) en el músculo *Longissimus dorsi lumborun* de corderos lechales de las razas Castellana y Churra, amamantados por sus madres bajo distintos sistemas de alimentación (extensivo vs. intensivo). De forma similar, Martínez-Cerezo *et al.* (2005) no

hallaron diferencias significativas en el contenido de agua y grasa del músculo *Longissimus dorsi thoracis* entre corderos de raza Rasa Aragonesa, Churra y Merina, sacrificados a diferentes pesos vivos.

Esenbuga *et al.* (2001) tampoco observaron diferencias significativas debidas al efecto del genotipo en el contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas de los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* de corderos de las razas Awassi, Red Karaman, Tushin y la craza Awassi x Tushin. Esenbuga *et al.* (2009) no encontraron diferencias significativas debidas al efecto del genotipo al determinar los contenidos de grasa y cenizas de los músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* y *Tríceps brachii* de corderos de las razas Awassi y Morkaraman. Sin embargo, sí encontraron diferencias tanto en el contenido de agua como de proteína.

Hoffman *et al.* (2003), en un estudio comparativo de varios genotipos (Dorner x SA Mutton Merina, Suffolk x Merina, Dorner x Merina, Suffolk x SA Mutton Merina, Dorner x Dohne Merina y Suffolk x Dohne Merina), no observaron diferencias en el contenido de humedad, grasa y cenizas pero sí en el contenido de proteína de la carne. Beriain *et al.* (2000) observaron que en la raza Lacha el músculo *Longissimus dorsi* presentó menores valores de grasa y proteína, y mayores de agua que los corderos de la raza Rasa Aragonesa sacrificados al mismo peso.

Vacca *et al.* (2008) observaron diferencias significativas sólomente en el contenido de cenizas, debidas al efecto del genotipo, sobre los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* en corderos craza Mouflon x Sarda y Sarda x Sarda. También, Komprda *et al.* (2012) encontraron diferencias al comparar la composición química del músculo *Quadríceps femoris* de corderos de las razas Zwartbles, Suffolk y Oxford Down.

El efecto del sexo sobre la composición química de la carne también es variable, dependiendo de las razas comparadas, así como del peso al sacrificio y el componente químico analizado.

En este sentido, Horcada *et al.* (1998) no observaron diferencias entre sexos en el contenido de agua, proteína y cenizas del músculo *Longissimus dorsi* en animales de la raza Rasa Aragonesa. Sin embargo, observaron que las hembras presentaban un mayor contenido de grasa intramuscular que los machos (3,5 y 3,2%, respectivamente). Cabe señalar que el peso al sacrificio en este experimento fue ligeramente superior en los machos (24,5 kg de peso en machos y 23,1 kg en hembras). Similares resultados fueron

observados por Santos *et al.* (2007) al comparar la composición química del músculo *Longissimus thoracis y lumborum* de hembras y machos de la raza Churra da Terra Quente. Por el contrario, Pérez *et al.* (2002) no encontraron diferencias atribuibles al sexo en la composición química del músculo y de la grasa de corderos de raza Suffolk.

En general, el peso al sacrificio sí suele influir en la composición de la carne. En este sentido, Beriain *et al.* (2000) observaron, en corderos de las razas Lacha y Rasa Aragonesa, que al aumentar el peso vivo del animal, de 12 a 36 kg, se incrementó en un 74% el contenido de grasa y disminuyó el contenido de agua y de proteína en un 1,4 y un 3,1%, respectivamente. Resultados similares fueron observados por Martínez-Cerezo *et al.* (2005) al evaluar el efecto del peso al sacrificio en corderos pertenecientes a tres razas españolas (Rasa Aragonesa, Churra y Merina).

El efecto del peso al sacrificio sobre la composición química de la carne puede variar con el músculo analizado. A este respecto, Abdullah y Qudsieh (2009), en un experimento en el que se evaluó el efecto del peso al sacrificio (20, 30 y 40 kg) en corderos machos Awassi, observaron que el aumento del peso al sacrificio iba acompañado de una disminución del contenido de agua y de un aumento del contenido de grasa en los músculos *Semitendinosus*, *Semimembranosus*, *Bíceps femoris* y *Longissimus dorsi*. Sin embargo, únicamente en el músculo *Bíceps femoris* se observó un efecto sobre el contenido de proteína.

El genotipo, el sexo y el peso al sacrificio no solo afectan a la cantidad de grasa intramuscular sino también a su perfil lipídico, si bien, al igual que se comentó al revisar el efecto sobre el contenido total de grasa, estos efectos son muy variables.

Beriain *et al.* (2000) no observaron diferencias en la proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos razas Lacha y Rasa Aragonesa. En este mismo sentido, Santos-Silva *et al.* (2002b) tampoco hallaron diferencias debido al efecto del genotipo sobre el total de ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) determinados en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* de corderos de las razas Merina Branco y Ile de France x Merina Branco.

Vacca *et al.* (2008) no hallaron diferencias significativas debidas al efecto del genotipo en el contenido de la mayoría de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados determinados en los músculos *Semitendinosus* y *Longissimus dorsi*. Sin

embargo, sí observaron diferencias en los contenidos de ácido pentadecanoico, eicosapentaenoico y docosatrienoico.

Hoffman *et al.* (2003) hallaron diferencias en la proporción de diferentes ácidos saturados (ácidos palmítico y esteárico), monoinsaturados (ácidos oleico, eicosanoico y tetracosanoico) y poliinsaturados (eicosadienoico, eicosatrienoico, docosapentaenoico y docosahexaenoico) al comparar seis genotipos diferentes, producto del entrecruzamiento de machos Dormer y Suffolk con hembras de raza Merina, Dohne Merina y SA Mutton Merina.

En cuanto a la influencia que ejerce el sexo sobre la composición de la grasa intramuscular, Horcada *et al.* (1998), en un experimento realizado con corderos de la raza Rasa Aragonesa, observaron que el contenido en ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi* fue similar en ambos sexos, a excepción del ácido graso esteárico (C18:0), que fue un 13% superior en los machos.

En corderos de la raza Rasa Aragonesa, Sañudo *et al.* (1998b) no observaron diferencias entre sexos en las proporciones de ácidos grasos saturados (48,3%), monoinsaturados (51,7%) y poliinsaturados (6,9%) en la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi*, a excepción del ácido láurico, cuya proporción, en cualquier caso, fue inferior al 1%. En la grasa subcutánea, no obstante, se observó que las hembras presentaron un porcentaje de ácidos grasos saturados inferior respecto a los machos (50,2 vs. 52,3%). En el caso de los ácidos grasos insaturados se observó el fenómeno opuesto (49,8 vs. 47,7%). La proporción de ácidos grasos poliinsaturados fue de similar magnitud en los dos sexos, siendo el valor medio de 3,3%.

Díaz *et al.* (2003a y b) también reportaron diferencias debidas al sexo en la composición química de la grasa intramuscular del *Longissimus dorsi thoracis* en corderos lechales de la raza Manchega. Tejeda *et al.* (2008) hallaron diferencias mínimas en la composición de la grasa intramuscular por efecto del sexo en los músculos *Longissimus dorsi lumborum* y *Semimembranosus* de corderos pertenecientes a la raza Merina. Estas diferencias se observaron en el contenido de algunos ácidos grasos minoritarios, concretamente los ácidos margárico, heptadecenoico, tetracosanoico, linoléico y araquidónico.

Algunos autores indican que al aumentar el peso del animal se produce un incremento en la concentración de ácidos grasos insaturados, fundamentalmente de

ácidos monoinsaturados (Díaz *et al.*, 2002). A este respecto, en el trabajo de Beriain *et al.* (2000) se observó un incremento de un 18% en el contenido de ácidos grasos monoinsaturados y un descenso de un 11,4 y un 15,6% en el contenido de ácidos grasos saturados y poliinsaturados, respectivamente, en la grasa intramuscular, cuando aumentó el peso vivo de los animales de 12 a 36 kg.

Santos-Silva *et al.* (2002b) observaron un incremento en la proporción de diferentes ácidos saturados (en especial del ácido palmítico) y monoinsaturados (ácidos palmitoleico y oleico) al aumentar el peso al sacrificio de 24 a 30 kg en corderos Merina Branco y Ile de France x Merina Branco. La proporción de ácidos grasos poliinsaturados (linoléico y sus isómeros, araquidónico, eicosapentenoico, docosapentenoico y docosahexaenoico) disminuyó, a excepción del ácido linolénico, cuya proporción no varió.

Díaz *et al.* (2003a y b) no hallaron diferencias debidas al efecto del peso al sacrificio en el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular del *Longissimus dorsi thoracis* en corderos lechales de la raza Manchega. La ausencia de efecto podría estar relacionada con el estrecho rango de pesos que se utilizaron en este experimento (10 a 14kg). En el mismo sentido, Cañeque *et al.* (2005), al comparar el perfil de ácidos grasos de carne procedente de canales (menores a 5,5; entre 5,5 y 6,5 y mayores de 6,5 kg de PCC) de corderos de raza Manchega sacrificados a diferentes pesos, no observaron diferencias en la proporción total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y total de ácidos insaturados. Sin embargo, sí detectaron diferencias en la proporción de algunos ácidos grasos, de manera que las canales más ligeras presentaron menores proporciones de los ácidos mirístico, palmitoleico y heptadecenoico y mayores valores de ácido esteárico.

### **2.3.2.2. Factores relacionados con la alimentación**

En líneas generales, es aceptado que un mayor nivel de ingestión va acompañado de un descenso progresivo de los valores finales de pH de la carne, debido al incremento de las reservas de glucógeno muscular (Speck *et al.*, 1995).

En este sentido, diferentes autores indican que los animales alimentados con forraje acumulan menos reservas de glucógeno que aquellos alimentados con concentrado. Así, por ejemplo, Hopkins *et al.* (2001) observaron que el pH muscular a las 24 horas descendió progresivamente al incrementar el contenido energético de la dieta, observándose valores de 5,7; 5,65 y 5,63 para los animales alimentados con pasto, pasto

y avena, y pasto, avena y semilla de girasol, respectivamente. Perlo *et al.* (2008) registraron diferencias significativas de pH a las 24 horas en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de la raza Corriedale por efecto de la alimentación. Los resultados mostraron que la carne procedente de corderos criados en pastoreo presentaba valores de pH superiores que aquella otra obtenida de corderos alimentados *ad libitum* con heno de alfalfa molida o con un granulado de heno de alfalfa (70%) y semilla de lino (30%). De forma similar, Luciano *et al.* (2012) hallaron diferencias significativas de pH en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos Merinizzata que recibieron distintas dietas experimentales con diferente concentración energética.

Por el contrario, Díaz *et al.* (2002) no observaron diferencias en el pH del músculo *Longissimus dorsi* entre corderos de raza Talaverana criados con acceso al pasto o aquéllos alimentados únicamente en condiciones de cebo intensivo. De forma similar, Priolo *et al.* (2002) no observaron diferencias en el pH de los músculos *Longissimus dorsi thoracis* y *lumborum* en corderos, de la raza Ile de France, alimentados con pasto natural o en cebo intensivo. En el mismo sentido, Nuernberg *et al.* (2008) no hallaron diferencias en el pH de los músculos *Semimembranosus* y *Longissimus dorsi* de corderos Skudde alimentados con dos raciones de diferente concentración energética (pasto vs. paja y concentrado). Archimède *et al.* (2008) tampoco observaron diferencias en los valores de pH del músculo *Longissimus dorsi* en corderos Ovin Martinik, sacrificados entre los 33-35 kg de peso vivo, al comparar cuatro dietas elaboradas con forraje tropical (*Digitaria decumbens* y *Bracharia decumbens*) y 4 niveles de un concentrado comercial (0, 150, 300, 600 g/día/animal).

En cuanto al efecto del contenido de proteína bruta de la dieta, la mayoría de los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de pH como resultado de la administración de dietas con distinta concentración proteica (Kesava Rao *et al.*, 1998; White *et al.*, 2002; Lanza *et al.*, 2003).

La escasa información existente referida a la influencia de la forma de administración de los alimentos en cebo de corderos sobre el pH de la carne hace difícil determinar si los sistemas de alimentación alternativos al convencional ejercen un efecto beneficioso sobre los parámetros de calidad de la carne.

En corderos de raza Talaverana, Velasco *et al.* (2004) no observaron diferencias en el pH de los músculos *Longissimus dorsi thoracis* y *Semitendinosus* de animales

criados mediante el sistema convencional de cebo intensivo, basado en la administración de paja de cereal y pienso compuesto a voluntad, o mediante un sistema alternativo, basado en la administración de cebada en grano y un suplemento proteico. Comparando estos dos sistemas de alimentación, Cañeque *et al.* (2003) tampoco observaron diferencias en el pH del músculo *Longissimus dorsi*. Resultados similares fueron también obtenidos por Rodríguez (2005) comparando diferentes sistemas de libre elección de alimentos.

En lo que se refiere a los diferentes sistemas de alimentación que se utilizan en la actualidad en la producción de corderos lechales, numerosos autores coinciden en describir que no hallaron diferencias significativas en el pH muscular, al comparar diferentes sistemas de crianza (natural vs. artificial) y planos de alimentación (Vergara *et al.*, 2001; Napolitano *et al.*, 2002a; Lanza *et al.*, 2006; Wilches *et al.*, 2011).

En cuanto al estudio del efecto que produce la alimentación sobre el color de la carne, numerosos autores concuerdan que el aporte de hierro en la ración es, en general, mayor en las dietas ricas en forraje que en las dietas basadas en alimentos concentrados (Renerre, 1986; McDowell, 1992; Underwood, 2003). Esta circunstancia podría determinar una mayor concentración de pigmentos hemínicos, proporcionando a la carne un color más oscuro, que, por otra parte, originaría una menor aceptación por parte de los consumidores (Zembayashi *et al.*, 1999).

En este sentido, Díaz *et al.* (2002) observaron, en corderos de raza Talaverana, que el músculo *Longissimus dorsi* procedente de animales criados con acceso a pasto presentó una coloración más oscura que los animales confinados en aprisco. Sin embargo, esta diferencia no se observó en el músculo *Rectus abdominis*. Además, la grasa subcutánea de los animales con acceso a pasto presentó una mayor luminosidad e índice de rojo que los animales criados en aprisco (sin acceso al pasto). A este respecto, algunos autores han sugerido que las diferencias en el color del músculo podrían estar relacionadas con la actividad física que realizan los animales con acceso a pasto (Vestergaard *et al.*, 2000) o que, debido a un menor ritmo de crecimiento, los corderos alimentados con una dieta con alta proporción forraje tienen una mayor edad al sacrificio (Hopkins y Fogarty, 1998a).

Hopkins *et al.* (1998b) no observaron diferencias en ninguno de los parámetros colorimétricos del músculo *Semimembranosus*, ni tampoco en la luminosidad o el índice

de rojo del músculo *Longissimus dorsi thoracis y lumborum* en corderos de diferentes genotipos, criados en pasto o con pasto y silo. Sin embargo, el índice de amarillo del músculo *Longissimus dorsi thoracis y lumborum* de los animales que recibieron el suplemento de silo fue un 19% superior que en los animales alimentados únicamente con pasto.

Santos-Silva *et al.* (2002a), en un ensayo realizado con corderos de raza Merina Branco e Ile de France x Merina Branco, criados en pasto o en un sistema de cebo intensivo con o sin acceso a pasto, observaron que la carne de los animales criados en un sistema de cebo intensivo (con concentrado) presentaron valores de los índices de rojo (a\*) y amarillo (b\*) superiores a los de la carne procedente de los animales criados en pastoreo. Ripoll *et al.* (2008) no hallaron diferencias por efecto de la alimentación (pastoreo vs. cebo intensivo) en los parámetros L\* y b\* del músculo *Rectus abdominis* en corderos de la raza Rasa Aragonesa. La carne de los corderos criados en pastoreo presentó, sin embargo, valores de índice de rojo (a\*) mayores. En cuanto, al color de la grasa, ésta presentó un color más amarillento (b\*) en los corderos alimentados en pastoreo.

Carrasco *et al.* (2009) no observaron diferencias ni en la luminosidad ni en el índice de amarillo en el músculo *Rectus abdominis* de corderos de raza Churra Tensina criados de acuerdo con los siguientes sistemas: corderos criados con sus madres exclusivamente en pastoreo (GR), criados con sus madres en pastoreo y con un suplemento de concentrado comercial (GR+S), criados en aprisco con concentrado comercial y madres con acceso a pasto en tiempo estipulado (8 hs) y suplementadas con pienso convencional y paja de cebada (DRL-GRE), y ambos en aprisco criados con concentrado comercial y madres con pienso convencional y paja de cebada (DRL). Sin embargo, sí observaron diferencias en el índice de rojo (a\*), con mayores valores en los corderos de los grupos GR y GR+S. En cuanto al color de la grasa subcutánea, únicamente encontraron diferencias entre sistemas de alimentación en el índice de amarillo (b\*), correspondiendo también los mayores valores a los animales criados con acceso a pasto (grupos GR y GR+S).

Nuernberg *et al.* (2008), por el contrario, sí observaron diferencias en la luminosidad de la carne entre corderos Skudde criados en pastoreo o con heno y concentrado, presentando los corderos alimentados con pasto valores mayores para el

parámetro L\*. Resultados opuestos fueron obtenidos por Perlo *et al.* (2008) en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de la raza Corriedale, criados en pastoreo o con sistemas intensivos basados en la administración a voluntad de heno de alfalfa molido o gránulo de heno de alfalfa (70%) y semilla de lino (30%). Con respecto al color de la grasa subcutánea, no se observaron diferencias entre los tres tratamientos experimentales en la luminosidad.

Algunos autores sugieren que la relación forraje/concentrado de la dieta no afecta al color de la carne o de la grasa subcutánea. Así, Hopkins y Nicholson (1999) no observaron diferencias en el color del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los animales alimentados únicamente con alfalfa, grano de avena y acceso a pasto o los animales criados sólo en pasto. De forma similar, Ponnampalam *et al.* (2004) no observaron diferencias en la luminosidad (L\*), ni en el índice de rojo de la carne (a\*), ni en el índice de amarillo de la grasa subcutánea (b\*) de corderos alimentados con una dieta basal formada por heno de avena y alfalfa y de aquellos otros alimentados con la dieta basal y suplementados con grano de cebada o de avena. De igual manera, Luciano *et al.* (2012) no hallaron diferencias por efecto de la alimentación (concentrado vs. pastoreo) en los parámetros de luminosidad e índice de rojo determinados en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos Merinizzata.

En cuanto al efecto que produce el contenido de proteína y la relación energía/proteína de la ración sobre la calidad de la carne los resultados no son concluyentes, en parte porque es difícil separar esta relación de otros factores productivos como son el nivel de engrasamiento, la edad o la velocidad de crecimiento, entre otros (Sañudo *et al.*, 1998a).

Para la mayoría de los autores, el contenido de proteína bruta de la dieta no ejerce ningún efecto sobre el color de la carne o de la grasa. En este sentido, White *et al.* (2002) no observaron diferencias en los valores de los parámetros L\*, a\* y b\* del músculo *Longissimus dorsi thoracis* de corderos alimentados con diferentes dietas, cuyo contenido de proteína bruta osciló entre el 12,4 y el 30% MS. Lanza *et al.* (2003) tampoco observaron diferencias en los parámetros colorimétricos del músculo *Longissimus dorsi*, ni de la grasa subcutánea en corderos alimentados con tres dietas diferentes, cuyo contenido en proteína bruta fue de un 14, 15 y 17% MS. Resultados similares han sido

obtenidos por otros autores en diferentes razas y etapas de crecimiento (Ponnampalam *et al.*, 2004; Bessa *et al.*, 2008).

En lo que respecta a la suplementación lipídica, Manso *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la incorporación de aceites vegetales (4% de aceite hidrogenado de palma o 4% aceite de girasol) en la ración de corderos de raza Merina y no observaron diferencias en los parámetros colorimétricos determinados ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b$ ) ni en el músculo *Rectus abdominis* ni en la grasa subcutánea. Los mismos resultados fueron publicados por Jerónimo *et al.* (2012) cuando estudiaron, en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de raza Branco Merina, sacrificados a los 25 kg de peso vivo, el efecto de la incorporación en la dieta de extracto de semilla de uva y de *Cistus ladanifer* en combinación con suplementos de aceites vegetales. Andrés *et al.* (2015) tampoco observaron diferencias en el color del músculo *Longissimus dorsi* procedente de corderos sacrificados a los 27 kg y alimentados con dietas con contenidos variables de oleínas de girasol. Sin embargo, la evolución del color durante el almacenamiento (hasta el día 14) sí varió con la dieta recibida por los animales.

En relación al efecto que producen los sistemas de cebo alternativos, según la bibliografía consultada, la forma de administrar el alimento sí puede influir en el color de la carne. Así, por ejemplo, Velasco *et al.* (2004) no observaron diferencias en el índice de rojo del músculo *Longissimus dorsi thoracis* de corderos de raza Talaverana de 28 kg de peso al sacrificio, criados mediante un sistema tradicional de cebo intensivo y un sistema alternativo, basado en la administración de un suplemento proteico y cebada en grano. Sin embargo, estos autores sí observaron diferencias en la luminosidad (39,1 vs. 38,6) y en el índice de amarillo (4,15 y 3,72) de la carne, de manera que los valores de estos parámetros fueron superiores en los animales alimentados con el sistema tradicional respecto al sistema alternativo. El tono de color (Hue\*) fue, a su vez, un 9% superior en los animales alimentados mediante el sistema de cebo tradicional. En cambio, Rodríguez (2005) no halló diferencias en ninguno de los parámetros colorimétricos registrados sobre la grasa subcutánea y los músculos *Rectus abdominis* y *Longissimus dorsi thoracis*, en corderos Merinas sacrificados a los 25 kg, alimentados bajo un sistema convencional y de libre elección.

En lo que respecta, al efecto que ejerce la alimentación en corderos lechales, Vergara *et al.* (2001) no hallaron diferencias en ninguno de los parámetros colorimétricos

(L\*, a\* y b\*) debido al efecto del tipo de lactancia (natural vs. artificial) en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de raza Manchega. Resultados similares fueron obtenidos por Lanza *et al.* (2006), al comparar el efecto que produce el sistema de crianza natural vs. artificial sobre los parámetros colorimétricos determinados en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de raza Barbaresca.

En lo que respecta a la composición química de la carne, muchos autores sostienen en sus trabajos que los cambios que se producen en los parámetros químicos de la carne estarían íntimamente relacionados con la alimentación recibida.

En este sentido, Karim *et al.* (2007) no hallaron diferencias en el contenido de proteína bruta y cenizas en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos, de la raza Kheri, criados en pastoreo con y sin suplemento concentrado y únicamente con concentrado. Sin embargo, los animales que consumieron solamente concentrado presentaron mayor contenido de humedad y, conjuntamente con los animales alimentados con pasto y concentrado, también un mayor contenido de grasa.

Perlo *et al.* (2008) encontraron diferencias en el contenido de agua y de grasa en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de la raza Corriedale criados en pastoreo, con alfalfa molida o con un gránulo elaborado con alfalfa (70%) y semilla de lino (30%). Así, los corderos que recibieron la última dieta presentaron menores contenidos de humedad y mayores de grasa; efecto que se asoció la mayor concentración de energía que aporta la inclusión de lino en la ración.

Archimède *et al.* (2008) estudiaron la composición química del músculo *Longissimus dorsi* de corderos Martinik criados con forraje tropical (*Digitaria decumbens* y *Bracharia decumbens*) solamente o con aportes adicionales de concentrado (150, 300, 600 g/día/animal). Estos autores observaron que el contenido de grasa en la carne fue mayor en los animales que recibieron el suplemento de concentrado. Sin embargo, no se detectaron diferencias ni en el contenido de agua ni de proteína bruta.

Algunos autores han observado que al aumentar el porcentaje de proteína en la dieta aumenta el contenido de agua y de proteína bruta y desciende el contenido de grasa en la carne (Fahmy *et al.*, 1992; Ponnampalam *et al.*, 2003). Otros autores, sin embargo, no observan esta relación. En este sentido, en corderos de raza Barbaresca sacrificados a los 29 kg de peso, Lanza *et al.* (2003) no observaron diferencias en ningún parámetro de composición química del músculo *Longissimus dorsi* como resultado de la inclusión de un

14, un 15 o un 17% de proteína bruta en la dieta. Asimismo, en corderos de genotipo Merina Branco, Santos-Silva *et al.* (2004) tampoco observaron diferencias en el contenido de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi thoracis*, entre dos grupos de animales alimentados con dos dietas cuyo porcentaje de inclusión de proteína bruta fue de un 16,7 y un 19%.

En relación al efecto que produce la forma de administrar los alimentos, Velasco *et al.* (2004) no observaron diferencias en la composición química de la carne entre corderos de raza Talaverana, sacrificados a los 28 kg de peso, criados mediante cebo tradicional o un sistema de libre elección basado en la administración a voluntad de cebada en grano y un suplemento proteico. Rodríguez *et al.* (2005) tampoco encontraron diferencias en ninguno de estos parámetros bioquímicos, al evaluar un sistema de libre elección similar en corderos Merinos sacrificados a los 25 kg, a pesar de las diferencias en la ingestión de proteína.

En cuanto, al efecto que produce la alimentación en la composición química de la carne de corderos lechales, Lanza *et al.* (2006) hallaron diferencias en los porcentajes de la humedad, grasa y cenizas del músculo *Longissimus dorsi* en corderos lechales de la raza Barbaresca, sometidos a dos sistemas de crianza, natural vs. artificial. Los resultados señalan que los corderos de lactancia natural presentaron un porcentaje menor de agua y ceniza (76,5 y 1,4%) y un mayor contenido de grasa (1,9%).

La alimentación no solo influye en la cantidad de agua, proteína y grasa, como se ha mencionado en los párrafos anteriores, sino también en la composición de la grasa depositada, aspecto sobre el cual se ha acumulado una extensa información científica.

Algunos autores ponen de manifiesto que los animales alimentados con forraje presentan un menor porcentaje de ácidos grasos saturados y un menor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados que aquellos alimentados con dietas concentradas (Solomon *et al.*, 1996) Este efecto, no obstante, puede variar, entre otros factores, con el tipo de forraje y de concentrado y la proporción en que ambos se incluyen en la dieta. En este sentido, Rhee (1992) sostiene que, en general, los pastos y forrajes contienen altos niveles de linolénico (C18:3), ácido graso precursor de algunos ácidos grasos *n*3, mientras que las dietas concentradas son ricas en linoléico (C18:2) (Sañudo *et al.*, 2000b) precursor de ácidos grasos *n*6. Bas y Morand-Fehr (2000) ponen de manifiesto

también que al incrementarse el contenido de alfalfa en la dieta disminuye el contenido de ácido oleico (C18:1) en los depósitos grasos.

Asimismo, en corderos de genotipo Suffolk, Fisher *et al.* (2000) observaron que los corderos criados en pastoreo presentaron un porcentaje inferior de ácidos palmítico (C16:0), oleico (C18:1) y linoléico (C18:2) y mayor de esteárico (C18:0) que los animales alimentados con concentrado. De forma similar, Santos-Silva *et al.* (2002b), en un experimento realizado con corderos de raza la Merina Branco e Ile de France x Merina Branco criados en pastoreo o en cebo intensivo con o sin acceso a pasto, observaron que la carne de los corderos criados en pastoreo presentaba porcentajes inferiores de palmítico (C16:0) y de oleico (C18:1) que los animales alimentados con concentrado. En concordancia con estos resultados, Aurousseau *et al.* (2004) observaron que la carne de corderos alimentados con pasto muestran una composición potencialmente más beneficiosa para la salud de los consumidores, acumulando menos ácido palmítico (C16:0) y ácido graso omega 6 (AGPI, *n*-6) y más ácido graso omega 3 (AGPI, *n*-3) y ácido linoleico conjugado (CLA) *cis*-9 y *trans* 11, que la carne procedente de animales criados con forraje y concentrado.

Diferentes trabajos señalan que son múltiples los factores que pueden influir en el perfil de ácidos grasos en la carne de los rumiantes, si bien los resultados son en ocasiones contradictorios (Nute *et al.*, 2007; Bessa *et al.*, 2008; Jerónimo *et al.*, 2012; Joy *et al.*, 2012a; Kasapidou *et al.*, 2012; Luciano *et al.*, 2012; Turner *et al.*, 2012; Vasta *et al.*, 2012).

En relación con el efecto que produce la alimentación en el perfil de los ácidos grasos de la carne de corderos lechales, cabe indicar que perfil de ácidos grasos de los depósitos grasos en animales prerrumiantes es un fiel reflejo de la composición en ácidos grasos de la dieta láctea recibida, por lo que todos los factores que influyen en la composición de la grasa de la leche afectarán por extensión el perfil de ácidos grasos de la carne (Velasco *et al.*, 2001; Napolitano *et al.*, 2002b; Lanza *et al.*, 2006; Osório *et al.*, 2007; Scerra *et al.*, 2007; Wilches *et al.*, 2011; Joy *et al.*, 2012a).

En cualquier caso, el efecto de la alimentación sobre el perfil de ácidos graso no es objeto del presente trabajo de investigación y por ello no se profundiza más sobre este aspecto y se remite al lector a las múltiples revisiones que se han publicado sobre este tema (Aurousseau *et al.*, 2004; Rodríguez, 2005; Moharrery *et al.*, 2007; Webb y O'Neill,

2008; Aldai *et al.*, 2009; Luciano *et al.*, 2012; McNeill y Van Elswyk, 2012; Moloney *et al.*, 2012; Vasta *et al.*, 2012; Yousefi *et al.*, 2012; Alizadeh *et al.*, 2013).

### 3. Objetivos y planteamiento experimental

#### 3.1. Objetivos

Los objetivos concretos que se persiguieron con este trabajo fueron los siguientes:

- Estudiar el efecto del sistema de alimentación (lactancia natural vs. lactancia artificial) y del sexo sobre la ganancia diaria de peso, la composición corporal y las características de la canal y de la carne de corderos lechales de raza Assaf.
- Comparar el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso, la composición corporal y las características de la canal y de la carne de corderos criados, hasta los 25 kg de peso, con un sistema de cebo intensivo convencional y con un sistema de cebo alternativo, basado en la administración separada de cereal entero y de un suplemento proteico.
- Estudiar el efecto del genotipo (Assaf vs. cruce Assaf x Merina) y del sexo sobre la ingestión, la ganancia diaria de peso, la composición corporal y las características de la canal y de la carne de corderos criados, hasta los 20 kg de peso, de acuerdo con un sistema de cebo intensivo convencional.

#### 3.2. Planteamiento experimental

##### 3.2.1. Prueba 1

Para conseguir el primer objetivo se planteó una prueba experimental (Prueba 1) de acuerdo con un diseño factorial 2 x 3, definido por dos sexos y 3 sistemas de crianza [lactancia natural (LN), lactancia artificial con ingestión *ad libitum* en dos tomas diarias (LA-ad) y lactancia artificial con ingestión restringida en dos tomas diarias (LA-rest)].

El sistema de lactancia natural se incluyó en la prueba porque, en la actualidad, la mayoría de los corderos lechales de raza Assaf se producen de acuerdo con este sistema.

Respecto a la lactancia artificial fueron dos las razones que se consideraron para incluir este sistema de alimentación en el presente estudio. Por una parte, porque existe muy poca información sobre el comportamiento de los corderos de raza Assaf criados mediante lactancia artificial y este método podría, dependiendo de las circunstancias, mejorar la rentabilidad económica de las explotaciones. Por otra parte, a la hora de

comparar las características de los corderos lechales de raza Assaf con las de las razas autóctonas, en especial la raza Churra, hay que considerar que el propio sistema de alimentación puede afectar a las mismas, independientemente de la genética del animal. En este sentido, es obligado subrayar que las ovejas de raza Assaf producen más leche que las ovejas de raza autóctonas (Labussière, 1983; López *et al.*, 1995; Lavín *et al.*, 1997). Esta leche, además, también es de diferente composición química (Lavín *et al.*, 1997). La lactancia artificial, evidentemente, podría ser una herramienta útil para separar los efectos debidos a la raza y al propio sistema de alimentación, ya que permite elegir las características de la leche con que se va a alimentar a los corderos, así como controlar el nivel de ingestión. Teniendo en cuenta la evolución en producción de leche en la raza Assaf en los últimos años, con producciones que superan los 500 l/oveja y lactación, la utilización de la técnica de lactancia artificial ha de ser una práctica a incorporar en las explotaciones de una manera generalizada para no perjudicar la productividad de los animales.

Teniendo en consideración todo lo expuesto y con el objetivo de obtener datos que pudieran ser comparados con los datos publicados para razas autóctonas, se alimentó a los corderos con leche entera de vaca, reconstituida para aportar un 18% de sólidos totales. Asimismo, considerando que los corderos de raza Assaf podrían presentar una mayor capacidad de ingestión, incluso criados mediante lactancia artificial y, por ende, un mayor ritmo de crecimiento, se establecieron dos niveles de ingestión [*ad libitum* y restringido (0,8 de *ad libitum*)] para lograr dos ritmos de crecimiento diferentes.

Por último, se estableció un peso al sacrificio de 10 kg, que es un peso intermedio dentro del rango de pesos establecido (9 a 12) para incluir a los corderos lechales de las razas Churra, Castellana y Ojalada como lechazo de Castilla y León.

### **3.2.2. Prueba 2**

Para lograr el segundo objetivo se llevó a cabo una prueba experimental (Prueba 2) de acuerdo con un diseño factorial 2 x 2, definido por dos sexos y dos sistemas de cebo intensivo [alimentación a voluntad con paja de cebada y pienso (sistema Convencional) o alimentación con cereal en grano entero, como suplemento energético, y un pienso constituido básicamente por torta de soja, como suplemento proteico, administrados ambos suplementos a voluntad pero en comederos separados, de manera que los animales pudieron seleccionar fácilmente su dieta (sistema de Libre elección)].

Los corderos se criaron con el sistema correspondiente desde el destete, aproximadamente a los 15 kg, hasta que alcanzaron los 25 kg de peso, momento en el que fueron sacrificados. Se estableció este peso de sacrificio porque es un peso habitual en condiciones prácticas de producción y es un peso estándar en los trabajos científicos, lo que permitiría la comparación con resultados obtenidos en otras razas.

La inclusión de machos y hembras en el diseño experimental se hizo porque, al igual que sucede en otras razas de ovino, cabe esperar diferencias entre sexos en el patrón de desarrollo. Diferencias que se reflejarán en sus necesidades nutritivas y, por ende, si los animales pueden ser capaces de seleccionar los alimentos en las proporciones adecuadas para cubrir sus necesidades, en las cantidades de cereal y suplemento proteico consumidos.

En el cebo de los corderos se emplean diferentes tipos de cereal. En el presente ensayo se empleó únicamente cebada por las siguientes razones: 1) porque, conjuntamente con el maíz y el trigo, es uno de los cereales más empleados en la práctica; 2) porque es menos perjudicial para la función ruminal que el trigo y aporta menos coloración a la grasa y a la carne que el maíz (McDonald *et al.*, 1995) 3) porque aporta más energía y a menor coste que la avena, que puede considerarse el cereal más adecuado para evitar alteraciones de la fermentación en el rumen cuando consumen dietas con una elevada proporción de concentrado (Ørskov *et al.*, 1974b) y 4) porque estudios previos han puesto de manifiesto que el empleo de cebada en grano, comparativamente con la cebada molida, no afecta a la ingestión ni al índice de conversión (Cañeque *et al.*, 1987; Giráldez, *et al.*, 2001; Rodríguez, 2005).

Asimismo, estudios previos también señalan que es posible suprimir la paja de la ración cuando el cereal se administra entero (Hadjipanayiotou, 1990; González *et al.*, 2000; Landa *et al.*, 2001; Cañeque *et al.*, 2003).

### **3.2.3. Prueba 3**

Para abordar el tercer objetivo se realizó una prueba experimental (Prueba 3), de acuerdo con un diseño factorial 2 x 2, definido por dos genotipos (Assaf puro vs. cruce Assaf x Merina) y dos sexos.

Como estrategia productiva, el cruce de aquellas hembras de las que no se desee dejar descendencia con sementales de otras razas más especializadas en la producción

de carne podría permitir obtener corderos (F1) más adecuados para el cebo, con la ventaja añadida del vigor híbrido, que suele traducirse en una mayor velocidad de crecimiento y rusticidad (Macías-Cruz *et al.*, 2010; Álvarez *et al.*, 2013).

Obviamente, existen múltiples opciones a la hora de seleccionar la raza del semental. No obstante, para un primer estudio se decidió optar por una raza autóctona, siendo la más adecuada por censo y adaptación al medio, la raza Merina.

En el diseño experimental se incluyó el sexo como fuente de variación porque la diferencias entre razas en la precocidad unida a la diferente precocidad de hembras y machos podría determinar una interacción de ambos factores sobre los parámetros productivos y en las características de la canal y de la carne.

Después de las canales de corderos lechales, las que tienen mayor demanda a nivel nacional son aquellas procedentes de corderos sacrificados con pesos comprendidos entre los 20 y 25 kg (corderos ternascos), siendo estas canales las más demandadas para la exportación. En esta prueba se decidió establecer 20 kg como peso de sacrificio con objeto de complementar la información obtenida en las pruebas anteriores.

Respecto a la alimentación, con la finalidad de obtener información que permita comparar los resultados con los encontrados en otras razas y, que, además, sea de aplicación inmediata, se optó por emplear el sistema convencional de cebo, basado en la administración de paja de cebada y un pienso comercial.

## 4. Material y Métodos

### 4.1. Prueba 1

#### 4.1.1. Animales

Se utilizaron un total de 36 corderos (18 machos y 18 hembras) recién nacidos de la raza Assaf, pertenecientes a una explotación ganadera de la localidad de Toral de los Guzmanes (León). De los cuales, 12 corderos (6 machos y 6 hembras) fueron destinados para realizar la prueba de lactancia natural y los 24 corderos restantes (12 machos y 12 hembras) para la prueba de lactancia artificial. La distribución de los corderos en los grupos experimentales se realizó en función del peso vivo al nacimiento, teniendo en cuenta el diseño experimental de tipo factorial 3 x 2, definido por 2 sexos (machos vs. hembras) y 3 sistemas de alimentación (LN: lactancia natural; LA-ad: lactancia artificial ofrecida la leche a voluntad en dos tomas diarias y LA-rest: lactancia artificial ofrecida la leche en una cantidad del 80% de la ingestión del grupo anterior).

#### 4.1.2. Alimentación

Los corderos que fueron criados en lactancia natural permanecieron con sus madres desde el nacimiento hasta el momento del sacrificio. Los animales pertenecientes a los grupos de lactancia artificial recibieron durante toda la prueba experimental leche entera de vaca, en polvo, reconstituida en agua a 20°C hasta lograr un 18,5% de materia seca. El sustitutivo lácteo constituido fue ofrecido en dos tomas diarias a las 9:00 y a las 18.00 horas. La composición de la leche en polvo se presenta en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Composición química (g/kg) y contenido energético (Mcal/kg MS) de la leche en polvo.**

Materia Seca	971
Proteína Bruta	241
Grasa Bruta	256
Cenizas	60
Energía Bruta	5,4

En el momento de reconstituir la leche se añadieron los siguientes ingredientes: cloruro de sodio (0,5 g/kg), fosfato dicálcico (1,0 g/kg), vitamina A (500 µg/g), vitamina D3 (7,5 µg/g) y vitamina E (600 µg/g).

### 4.1.3. Desarrollo experimental

Todos los corderos fueron identificados en el momento del nacimiento mediante el uso de crotales (oreja izquierda) y se procedió, en ese momento, a la desinfección del cordón umbilical y administración de selenio y vitamina E (Vitasel<sup>®</sup>, Laboratorios Ovejero, España) por vía intramuscular. Los corderos del grupo de lactancia natural permanecieron con sus madres en la explotación ganadera de origen, hasta alcanzar el peso al sacrificio (10 kg), momento en el que fueron trasladados a las instalaciones del Instituto de Ganadería de Montaña (IGM/CSIC-ULE, Finca Marzanas).

Los animales correspondientes a la prueba experimental de lactancia artificial se separaron de sus madres en las primeras 48 horas de vida, asegurando siempre la toma de calostro. Los corderos fueron trasladados a las instalaciones del IGM, donde permanecieron durante toda la prueba experimental. Los corderos fueron distribuidos en los cuatro grupos de acuerdo con el diseño experimental y alojados en jaulas individuales, descritas por Sanz Arias (1974), donde permanecieron hasta alcanzar el peso al sacrificio (10 kg de peso vivo).

La ingestión se controló en cada una de las tomas, utilizando una balanza de 1 g de sensibilidad. La cantidad de alimento que se ofreció a cada animal del grupo de lactancia artificial *ad libitum* fue calculada a partir del consumo anterior para permitir un 20% de alimento rehusado.

La ingestión diaria del grupo restringido se controló en función de la ingestión del grupo *ad libitum*, ajustando la oferta de alimento tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes), de acuerdo con su peso corporal. Para ello, se multiplicó el valor medio de la ingestión correspondiente al grupo *ad libitum*, expresada en relación al peso corporal último, por el peso corporal de los corderos del grupo restringido y por el factor 0,8.

El control del peso vivo se realizó utilizando una balanza de 5 g de sensibilidad. Los animales pertenecientes al grupo de lactancia natural fueron pesados los martes, jueves y sábado, y los corderos de los grupos de lactancia artificial, los lunes, miércoles y viernes. El control de peso se realizó siempre a primera hora de la mañana, en el caso de los corderos criados en lactancia artificial se realizó antes de la oferta de alimento.

La ganancia media diaria de peso se estimó por regresión lineal, en función del peso y la edad de los animales. El índice de conversión de la materia seca se calculó como el cociente entre la materia seca ingerida y la ganancia diaria de peso.

#### 4.1.4. Sacrificio

Una vez que todos los corderos (lactancia natural y artificial) alcanzaron un peso de 10 kg se procedió a su sacrificio. Inmediatamente antes del sacrificio se registró el peso vivo de los corderos (PVS). Seguidamente, se anestesiaron mediante la administración intravenosa de 1 cm<sup>3</sup> de pentotal sódico (Eutalender®, Normón, España) y se procedió al esquilado, utilizando una esquiladora eléctrica. Se recogió y pesó la lana y a continuación los corderos fueron sacrificados, siguiendo el método tradicional de sangrado y posterior desollado y eviscerado.

El sacrificio se realizó por degüello, seccionando el paquete vascular a nivel de las primeras vértebras cervicales. La sangre fue recogida y pesada, ligándose inmediatamente el esófago para evitar posibles pérdidas de contenido digestivo. Para el desollado, se procedió a separar la piel, seccionando las extremidades a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana, mientras que la separación de la cabeza se realizó a la altura de la articulación occipito-atloidea.

A continuación se realizó el eviscerado, registrando el peso de los componentes. Dentro del término no canal se incluyeron los caídos, los despojos rojos, los despojos blancos y la grasa digestiva total, siendo su composición la siguiente:

Caídos: constituidos por la piel, cabeza, metacarpos, metatarsos y falanges.

Despojos rojos: pulmón, tráquea, corazón, diafragma, hígado, vesícula biliar, bazo y aparato genito-urinario vacío. Tanto los riñones como los testículos quedaron en la canal.

Despojos blancos: esófago, retículo-rumen, omaso y abomaso, intestino delgado, intestino grueso, todos ellos vacíos.

Grasa digestiva total: grasa omental y mesentérica.

La grasa interna total estuvo constituida por la grasa digestiva y la grasa pélvico-renal.

La diferencia entre el peso del tracto digestivo lleno y vacío constituye el peso del contenido digestivo, que permitió, por diferencia, entre el peso vivo y el contenido digestivo más el peso del contenido de la vejiga urinaria, estimar el peso vivo vacío (PVV) de los corderos.

Para el procesado y toma de muestras posterior se consideraron dos fracciones:

**Fracción "no canal":** incluye la lana, sangre, cabeza, piel, patas y vísceras (aparato respiratorio, corazón, hígado, bazo, páncreas, tracto digestivo vacío, grasa mesentérica, grasa omental, aparato urinario a excepción de los riñones que quedaron en la canal, glándula mamaria y aparato reproductor femenino y masculino, a excepción de los testículos, que también quedaron en la canal).

Esta fracción (excepto la lana y la sangre) fue debidamente guardada en bolsa de plástico y congelada a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, se picó en una picadora eléctrica hasta lograr una homogeneización adecuada. Para ello, se utilizaron dos matrices de 7 y 4 mm haciendo pasar las muestras tres veces por cada una de ellas.

**Fracción "canal":** formada por el cuerpo del animal, sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza (separada a nivel de la articulación occipito-atloidea), sin pies ni patas (separados a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana). La canal contiene la cola, los pilares y la porción periférica carnosa del diagrama, los riñones y la grasa perirrenal y de la cavidad pélvica, el timo y los testículos.

Todos los pesos fueron realizados con una balanza de 1 g de sensibilidad, a excepción de la canal y de la sangre que se utilizó una balanza con una sensibilidad de 5 g.

#### **4.1.5. Características de la canal**

##### **4.1.5.1. Peso de la canal caliente, fría, rendimientos y pérdidas por oreo**

Finalizado el sacrificio, se registró el peso de la canal caliente (PCC) dentro de los 10-15 minutos después de su obtención y se realizó la valoración subjetiva de la canal en cámara frigorífica.

A partir del peso de la canal caliente se estimó el rendimiento verdadero:  $(RV) = (PCC / PVV) * 100$ .

Después de 24 horas de enfriamiento a 4°C del sacrificio, se procedió a tomar el peso de la canal fría (PCF) de los corderos lechales. A partir de éste, se calculó:

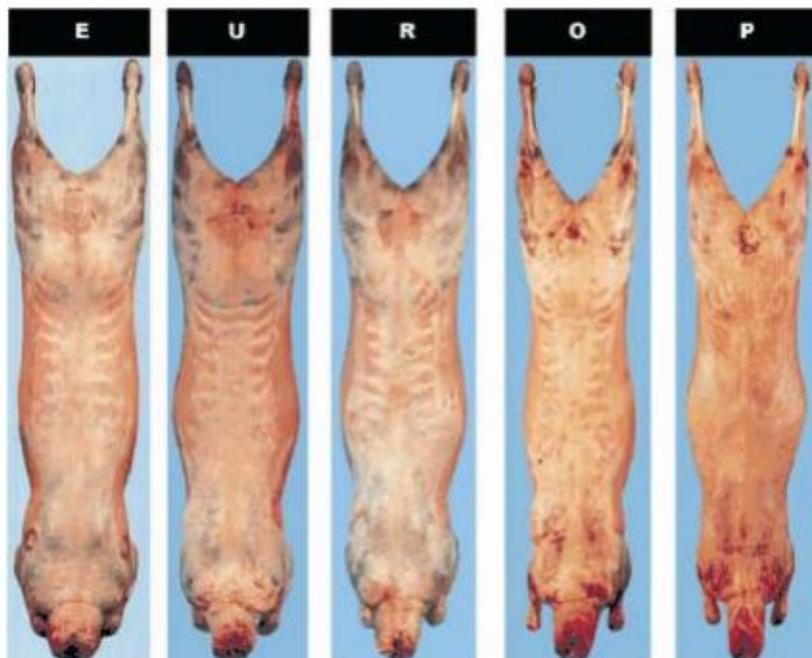
$$\text{Pérdidas por oreo (PO)} = (\text{PCC} - \text{PCF}) / \text{PCC} * 100$$

$$\text{Rendimiento comercial (RC)} = (\text{PCF} / \text{PVS}) * 100$$

#### 4.1.5.2. Conformación y grado de engrasamiento

La valoración subjetiva de la conformación de la canal se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Colomer-Rocher *et al.* (1988), para canales ligeras menores de 13 kg, utilizando una escala de conformación y unos patrones fotográficos elaborados por Colomer-Rocher (1984). Este método clasifica las canales de acuerdo con una escala de cinco puntos correspondientes a las siglas EUROP (ver Tabla 4.2) siendo el grado E el que presentan las canales de conformación excelente y P las de conformación pobre o deficiente. En el presente estudio, en la valoración de estas canales cada nota se acompañó de un signo (+), (=) o (-), ampliándose así las clases de conformación a 15 puntos. En la Figura 4.1 se presentan los patrones fotográficos que se utilizan en condiciones de matadero.

**Figura 4.1. Patrones fotográficos utilizados para la clasificación de la conformación.**



Fuente: Colomer-Rocher (1984).

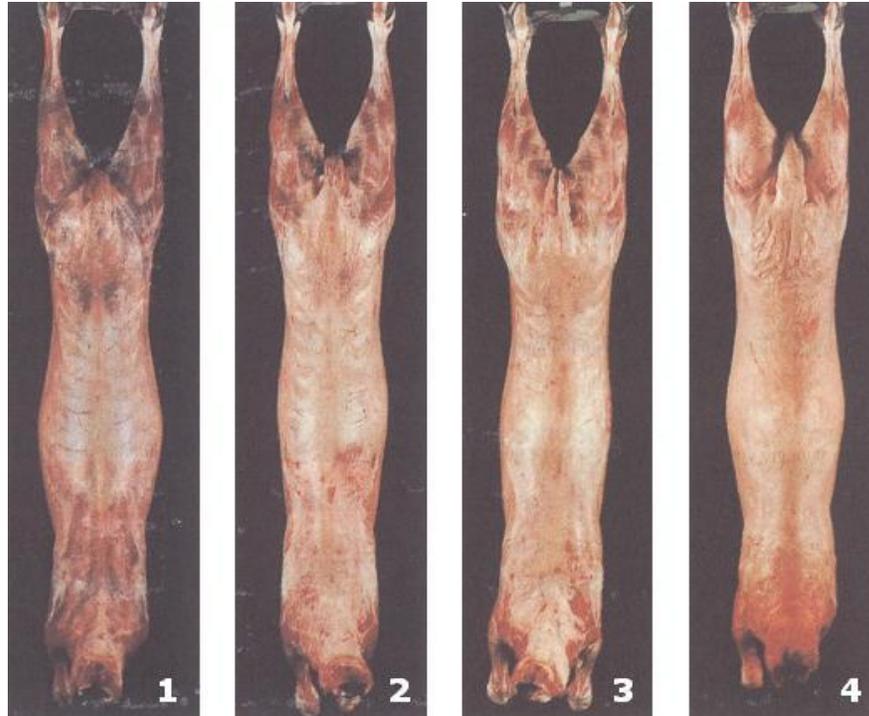
Tabla 4.2. Descripción de los estados de conformación (Colomer-Rocher et al., 1988).

<p><b>Estado P:</b> Conformación Pobre</p>	<p>Canal con desarrollo deficiente, y aspecto general longilíneo (extremidades largas). Las superficies musculares son planas.</p>	<p><u>Piernas:</u> largas y finas, perfil interno en "V". Cortando por una línea perpendicular a nivel del periné, la masa muscular de la pierna es mayor que la de la nalga. <u>Grupa:</u> poco abultada y alargada. <u>Región lumbar:</u> lisa y en forma trapezoidal (más estrecha caudal que cranealmente). Resaltan las apófisis espinosas. <u>Dorso:</u> apófisis espinosas prominentes, especialmente en la región de la cruz. <u>Espaldas:</u> planas, con prominencia de las escápulas. <u>Cuello:</u> alargado y fino.</p>
<p><b>Estado O:</b> Conformación normal</p>	<p>El desarrollo muscular es aceptable. La canal es medianamente compacta. Las superficies son llanas, aunque algo redondeadas en sus contornos. La canal es longilínea, pero proporcionada.</p>	<p><u>Piernas:</u> los perfiles internos forman una "V" de ramas curvadas. Las proporciones de pierna y de nalga son similares. Las piernas son alargadas pero proporcionadas. <u>Grupa:</u> algo más larga que ancha. <u>Región lumbar:</u> en forma de rectángulo alargado. <u>Dorso:</u> estrecho. <u>Espaldas:</u> finas. Superficies planas, pero de contornos redondeados. Escápulas todavía sobresalientes. <u>Cuello:</u> ancho pero largo.</p>
<p><b>Estado R:</b> Conformación Buena</p>	<p>Buen desarrollo muscular, aunque las regiones torácicas y pelviana no es máximo. Armonía general buena.</p>	<p><u>Piernas:</u> los perfiles internos en óvalo algo apuntado en el periné. La horizontal que pasa a nivel del periné limita una región de la pierna más reducida respecto de la nalga. Pierna redondeada, medianamente larga y de espesor medio. <u>Grupa:</u> bien manifiesta. Más ancha que larga (en forma de rectángulo ancho). <u>Región lumbar:</u> en forma de rectángulo bastante ancho. <u>Dorso:</u> ancho, pero algo deficiente en cuanto a espesor de la musculatura. <u>Espaldas:</u> escápulas separadas y prominentes. Masas musculares buenas pero no óptimas. <u>Cuello:</u> robusto y aparentemente corto.</p>
<p><b>Estado U:</b> Conformación muy buena</p>	<p>Canales muy armoniosas con buen desarrollo muscular. Cortas, anchas y redondeadas.</p>	<p><u>Piernas:</u> perfiles internos ovales. La horizontal que pasa a nivel del periné delimita dos masas musculares semejantes. Piernas cortas, redondeadas y espesas. <u>Grupa:</u> prominente. Más ancha que larga. <u>Región lumbar:</u> ancha, gruesa y redondeada. En forma de rectángulo ancho. <u>Dorso:</u> ancho, casi cuadrado. <u>Espaldas:</u> escápulas poco salientes, separadas, con masas musculares prominentes. <u>Cuello:</u> ancho y corto.</p>
<p><b>Estado E:</b> Conformación Excelente</p>	<p>Canales con hipertrofia muscular en ambas cinturas (escapular y pelviana). Masas musculares prominentes y redondeadas.</p>	<p><u>Piernas:</u> perfiles internos en "U". Músculos de la pierna relativamente atroficos en comparación con los de la nalga. <u>Grupa:</u> ancha, corta y espesa. <u>Región lumbar:</u> ancha y cuadrada. <u>Dorso:</u> en tabla. <u>Espaldas:</u> muy voluminosas y muy prominentes, con las escápulas muy separadas y hundidas en la masa muscular. <u>Cuello:</u> espeso, corto y ancho.</p>

La valoración subjetiva del estado de engrasamiento de la canal se realizó de acuerdo con el método oficial de la Unión Europea [Reglamento (CEE), n° 1278/94] para canales ligeras. Este método establece una escala de 4 puntos (ver Figura 4.2), reflejada en patrones fotográficos, correspondiendo el primer punto a canales sin ninguna o con bajo grado de cobertura grasa y la puntuación 4 a canales más engrasadas. La escala

indicada fue dividida a su vez en una sub-escala de 12 puntos, clasificados desde el 1 (muy escasa) hasta el 12 (importante).

**Figura 4.2. Patrones fotográficos oficiales adoptados por la UE para la clasificación de las canales de corderos ligeros según su estado de engrasamiento.**



Fuente: Modificado a partir de patrones fotográficos de la Unión Europea (EU, 1994).

Para evaluar la conformación y el engrasamiento, la canal fue suspendida de los corvejones con ganchos que permitieron una separación entre corvejones de 14 cm, evitando que las extremidades posteriores estuviesen cruzadas. Las espaldas quedaron libres, sin que las extremidades anteriores fuesen atadas al cuello.

#### 4.1.5.3. pH y color

El pH de la canal se registró inmediatamente después del sacrificio y transcurridas 24 horas del mismo, utilizando un pHmetro portátil (modelo Metrohm 704) provisto de un electrodo de penetración. Todas las lecturas se realizaron en la canal derecha y en los músculos *Longissimus dorsi thoracis*, a la altura de la 5<sup>a</sup> vértebra torácica, y en la cara interna del músculo *Semimembranosus*. Se practicó una incisión profunda de aproximadamente 2 cm de sección e inmediatamente se introdujo el electrodo de penetración y se procedió a registrar el valor de la lectura obtenida por triplicado.

El color de la grasa en la canal se determinó en la zona caudal, en el maslo de la colar, siguiendo una metodología instrumental basada en la determinación de las coordenadas físicas de color  $L^*$   $a^*$   $b^*$  (CIE, 1986), siendo  $L^*$  la luminosidad,  $a^*$  el índice de rojo y  $b^*$  el índice de amarillo. Para este fin se utilizó un espectofotómetro portátil Minolta® CM-2002 (Kónica-Minolta Sensing, Inc., Alemania) con iluminante D65 y un observador estándar 10°.

Se realizaron 4 réplicas en cada animal, considerando como resultado la media aritmética de los cuatro valores obtenidos para cada parámetro.

A partir de los parámetros colorimétricos  $a^*$  y  $b^*$ , se calcularon el tono ( $H^*$ ) y el croma ( $C^*$ ), mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Tono } (H^*) = \frac{180 \times \text{Arctang } (b^*/a^*)}{\pi}$$

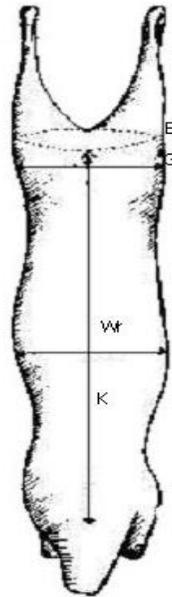
$$\text{Croma } (C^*) = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

#### 4.1.5.4. Medidas morfológicas

La valoración morfológica de la canal se realizó sobre la canal fría, tras 24 horas de oreo, de acuerdo con las medidas propuestas de Palsson (1939) y que han sido redefinidas por Bocard, *et al.* (1964). Las medidas morfométricas realizadas en la canal entera fueron las siguientes (ver Figura 4.3):

- Medida B o perímetro de la grupa: Es el perímetro de esta región anatómica tomando como referencia los trocánteres de ambos fémur. Tomado con cinta métrica.
- Medida G o anchura de la grupa: Anchura máxima entre los trocánteres de ambos fémur. Tomada con compás de espesores.
- Medida Wr o anchura del tórax: Anchura máxima del tórax a nivel de la 11ª costilla. Tomada con compás de espesores.

**Figura 4.3. Representación gráfica de las medidas tomadas sobre la canal intacta.**



Fuente: Cañeque y Sañudo (2000).

Una vez efectuadas las medidas se dividió la canal, utilizando una sierra eléctrica. Se seccionó la canal longitudinalmente a lo largo de la línea media desde el maslo de la cola hasta el atlas. Luego, se registraron los pesos de la media canal izquierda (con rabo) y de la media canal derecha, conservando en ambas canales los riñones, la grasa pélvico-renal y los testículos en las de los machos.

La canal izquierda se utilizó para completar los datos morfológicos, determinar la proporción de las diferentes piezas comerciales y obtener el *longissimus dorsi* para evaluar la calidad de la carne. La media canal derecha, a la que se añadió, una vez efectuado el despiece de la canal izquierda, el rabo, se guardó en una bolsa de plástico y se congeló a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, fue troceada y picada de la misma forma que se ha indicado para la fracción "no canal".

Sobre la media canal izquierda, se realizaron las siguientes medidas (ver Figura 4.4):

- Medida L o longitud interna de la canal: Distancia máxima entre el borde anterior de la sínfisis isquio-pubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio. Tomada con cinta métrica.

- Medida F o longitud de la pierna: Distancia entre el periné y el borde interior de la superficie articular tarso-metatarsiana. Tomada con cinta métrica.

- Medida Th o profundidad del tórax: Distancia máxima entre el esternón y el dorso de la canal a nivel de la sexta vértebra torácica. Tomada con compás de espesores.

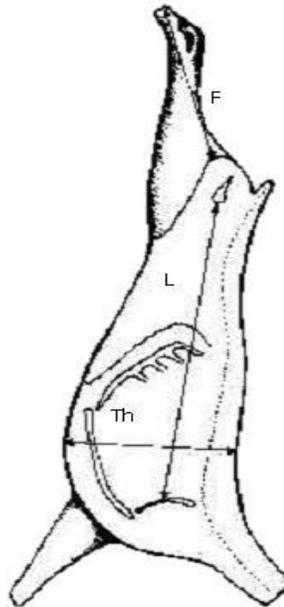
- Espesor de la grasa subcutánea: Se midió en el punto situado a 4 cm del extremo caudal de la última costilla y a 4 cm de la línea media dorsal. Se realizó una incisión con bisturí en ese punto y se midió el espesor con un calibre (ver Figura. 4.5).

- Profundidad de la pared torácica: Se midió en la pared torácica entre la 10ª y 11ª costilla, en el punto medio entre las líneas media y ventral. Se realizó una incisión con bisturí en ese punto y se midió el espesor con un calibre.

A partir de las medidas de la canal y de la media canal izquierda se obtuvieron los siguientes índices:

- PCF/L: Índice de compacidad de la canal.
- G/F: Índice de compacidad de la pierna. Algunas veces se define como peso de la pierna dividido por la longitud de la pierna.

**Figura 4.4. Representación gráfica de las medidas tomadas sobre la canal seccionada por la línea media.**



Fuente: Cañeque y Sañudo (2000).

**Figura 4.5. Representación gráfica de los puntos anatómicos de las incisiones precisas para la determinación del espesor de la grasa subcutánea dorsal.**



Fuente: Cañeque y Sañudo (2000).

#### **4.1.5.5. Despiece y composición tisular**

El despiece comercial de la media canal izquierda se realizó siguiendo los procedimientos descritos por Colomer-Rocher *et al.* (1988) en el que se definen los puntos anatómicos determinantes de las líneas de referencia sobre las que se basa el despiece de la canal y que dan lugar a las distintas piezas comerciales esquematizadas en la Figura 4.6 y que se definen como: espalda, falda, pierna, cuello, costillar, badal, y cola.

Espalda (I): las líneas de referencia son, por su parte posterior, la línea perpendicular al dorso de la canal que transcurre entre la quinta y la sexta costillas y entre la quinta y la sexta articulación costo-condral (E-F). Por su parte inferior, la línea paralela al dorso de la canal y que se inicia en el punto posterior (F) y termina en la punta del pecho (P). El límite superior corresponde al dorso de la canal. El límite anterior comienza en el borde anterior de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra cervical y transcurre a nivel del borde posterior de dicha vértebra (U).

Falda (II): definida por la línea paralela al dorso de la canal y que une los puntos A y B. El punto A corresponde a la intersección de la parte dorsal del músculo *Rectus abdominis* y el límite ventral de la porción carnosa del músculo *Obliquus internus*

*abdominis*, en el plano de la articulación de la sexta y la séptima vértebra lumbar. El punto B corresponde a la extremidad craneal o manubrio del esternón.

Pierna (III): se realiza un corte perpendicular al plano sagital de la canal que discurre por los puntos anatómicos A y C, siendo C es la articulación entre la sexta y séptima vértebra lumbar.

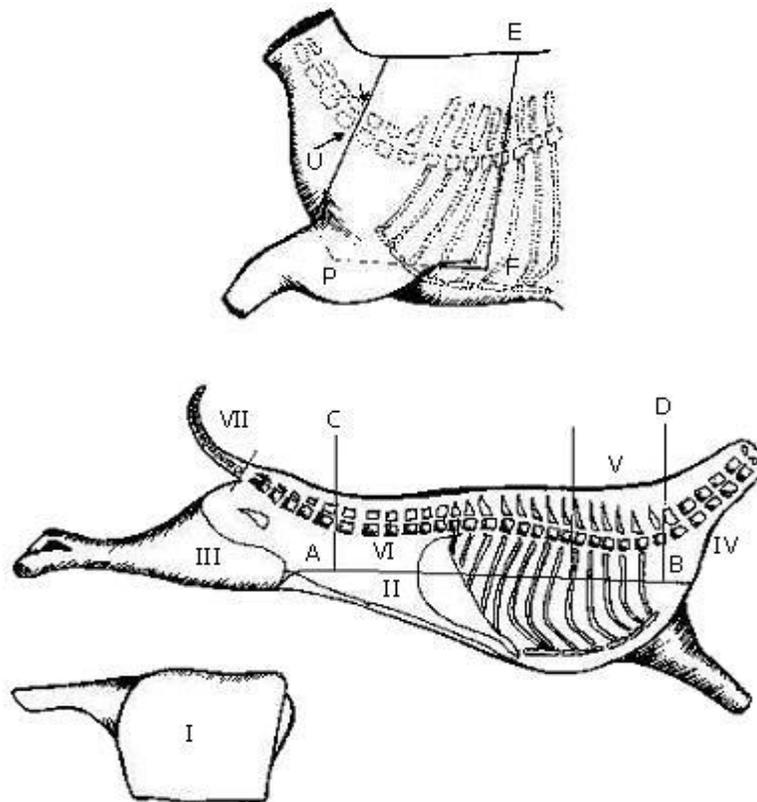
Cuello (IV): se obtiene realizando un corte perpendicular al dorso de la canal, cuya trayectoria discurre entre la sexta y séptima vértebra cervical. Los puntos tomados como referencia son D y B.

Badal (V): para obtener esta pieza, se realizan sendos cortes, en la parte anterior de la media canal, el que une los puntos de referencia D y B y en la parte posterior a través de la línea que transcurre entre la quinta y sexta vértebras torácicas.

Costillar (VI): se obtiene al separar la pierna, la falda y el badal.

Cola (VII): se separa al nivel de su implante.

**Figura 4.6. Composición regional de la canal.**



Fuente: Colomer-Rocher *et al.* (1988).

El peso de cada una de las piezas comerciales fue registrado individualmente utilizando una balanza de 0,1 g de sensibilidad. Asimismo, se determinaron los porcentajes de piezas de 1ª categoría (pierna, costillar y badal), 2ª categoría (espalda) y 3ª categoría (falda, cuello y cola). El peso del riñón, la grasa pélvico-renal, el testículo y el timo de la media canal izquierda no se consideraron en el cálculo del porcentaje de las piezas comerciales.

La espalda obtenida en el despiece de la media canal izquierda se mantuvo congelada a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de proceder a su disección, momento en que se dejó descongelar durante 24 horas en cámara frigorífica a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Una vez descongelada, se registró el peso de la espalda.

La composición tisular de la espalda se determinó siguiendo el método descrito por Fisher y De Boer (1994), mediante disección de los tejidos siguientes: grasa subcutánea, grasa intermuscular, músculo, hueso y otros. En este último se incluyen todas las partes no consideradas en las categorías anteriores. (los ganglios linfáticos, los grandes vasos sanguíneos y gruesos nervios, los tendones separados en el punto donde termina la porción muscular, las grandes aponeurosis y fascias asociadas a ciertos grupos musculares, etc.).

La disección se realizó en una sala climatizada, a una temperatura ambiente comprendida entre los  $14$  y los  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A lo largo de todo el proceso la espalda se mantuvo protegida con un paño húmedo, con la finalidad de minimizar las pérdidas por evaporación. El porcentaje de pérdidas por disección se calculó como la diferencia del peso de la espalda antes de la disección y la suma de los pesos de todos los tejidos diseccionados.

#### **4.1.6. Características de la carne**

Los parámetros para determinar la calidad de la carne de los corderos, fueron efectuados en el músculo *Longissimus dorsi* de la media canal izquierda.

##### **4.1.6.1. pH y color**

Las determinaciones de pH y color se realizaron en el músculo *Longissimus dorsi thoracis*, en la cara craneal de la 6ª vértebra torácica. Los métodos utilizados para evaluar el pH y los parámetros colorimétricos fueron anteriormente descritos (ver apartado

4.1.5.3.1). El color se determinó tras permitir la oxigenación del músculo durante 45 minutos.

#### 4.1.6.2. Área del músculo *Longissimus dorsi thoracis*

La superficie del músculo *Longissimus dorsi thoracis* se midió en la cara craneal de la sexta y decimotercera vértebras torácicas. Para ello se colocó sobre el músculo un acetato y se dibujó su contorno con un rotulador permanente. Posteriormente, a partir del contorno y con ayuda de un planímetro AreaMeter® MK2 (Hitachi Denshi, Ltd., Taiwan), se calculó la superficie.

#### 4.1.6.3. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) se valoró mediante la determinación de las pérdidas por presión y las pérdidas por cocción.

Para determinar las pérdidas por presión (o cantidad de jugo exprimido) se utilizó la técnica de Wismer-Pedersen modificada por Vallejo (1971). A las 24 horas del sacrificio, del músculo *Longissimus dorsi thoracis*, a la altura de la 6ª y 7ª vértebra torácica, se cortaron 4 réplicas de 300 mg, que fueron pesadas en una báscula con un error de  $\pm 0,1$  mg. Las 4 réplicas de cada animal se colocaron sobre un papel de filtro Whatman nº1 que había sido previamente desecado en estufa y había permanecido en un desecador hasta el momento de realizar la prueba. Las muestras se colocaron entre dos placas de vidrio, colocando sobre el vidrio superior un peso de 1 kg durante 10 minutos. Al cabo de este tiempo se retiró el peso y las muestras se pesaron de nuevo. Las pérdidas se expresaron como % del peso inicial, usando la fórmula:

$$\% \text{ pérdidas} = \frac{(P_i - P_f) \times 100}{P_i}$$

siendo  $P_i$  el peso inicial de la muestra y  $P_f$  el peso final de la misma.

Las pérdidas por cocción se calcularon de acuerdo con el método propuesto por Honikel (1998), utilizando una sección del *Longissimus dorsi* comprendida entre la 8ª y 13ª vértebras torácicas. Esta muestra se envolvió en film transparente impermeable al oxígeno y se congeló a  $-30^\circ\text{C}$  hasta su análisis.

Para calcular las pérdidas por cocción, las piezas se dejaron descongelar durante 24 horas en una cámara a  $4^\circ\text{C}$ . Se secaron suavemente y se pesaron en una balanza con

una sensibilidad de 0,01 g. Se metieron en bolsas de plástico independientes y se introdujeron en un baño de agua a 80°C, con el extremo de la bolsa sobresaliendo por encima del nivel del agua. La temperatura en el interior de cada pieza se controló con una sonda de temperatura Digi-Sense®. Las muestras se cocieron hasta alcanzar una temperatura interna de 75°C.

Cuando cada muestra alcanzó la temperatura indicada, se sacaron del baño y se dejaron bajo el grifo de agua fría a fin de evitar un sobrecalentamiento de la misma y hasta alcanzar una temperatura interna de 20-25°C.

Posteriormente se secaron suavemente con papel de celulosa y se pesaron de nuevo. El porcentaje de pérdidas se calculó como las pérdidas por cocción.

#### **4.1.6.4. Textura**

Las características de textura de la carne se analizaron sobre la sección de lomo que se empleó para calcular las pérdidas por cocción. Una vez cocidas las piezas y enfriadas a temperatura ambiente, se cortaron, con bisturí, de cada una de ellas 4 a 5 prismas de 1 cm de altura por 1 cm de anchura y 2 cm de longitud, de forma que las fibras musculares fueran paralelas a la dirección del eje mayor. Las dimensiones de cada prisma se comprobaron con un calibre. Las muestras así preparadas se mantuvieron a refrigeración hasta el día siguiente en que se realizó la medida de textura.

Para la determinación de la textura se utilizó un texturómetro (Texture Analyzer® QTS 25-CNS Farnell, Inglaterra), dotado de una sonda de corte Warner-Bratzler, cuya velocidad de cruceta se fijó en 5 mm·s<sup>-1</sup>. El corte de las muestras en forma de prisma se realizó perpendicularmente a las fibras musculares, obteniéndose una gráfica, cuyo eje de abscisas representaba la distancia recorrida por la sonda (mm) y el eje de ordenadas la fuerza empleada (kg) para cortar la muestra. De cada gráfica se obtuvo la fuerza máxima (FM), que es la fuerza necesaria para cortar la muestra por completo, expresada en kg/cm<sup>2</sup>.

Para cada animal se obtuvo un valor medio, de cada parámetro, utilizando como mínimo 10 determinaciones con distintas porciones de muestra original.

#### **4.1.6.5. Composición química**

Para determinar la composición química de la carne se utilizó una muestra del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de la media canal izquierda.

#### 4.1.7. Análisis químico

##### 4.1.7.1. Alimentos

En las muestras de leche en polvo se llevó a cabo la determinación de materia seca, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo y energía bruta (EB), de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC (1999). La materia seca se determinó por desecación en estufa a 100-105°C hasta peso constante (Método ID 950.46). Las cenizas se determinaron a partir de las muestras de la materia seca, mediante incineración en horno de mufla a 500-550C (Método ID 920.153). La determinación del contenido total de nitrógeno se realizó mediante el método de Kjeldalh semimicro, utilizándose como catalizador una mezcla de sulfato sódico y sulfato cúprico y con la modificación del ácido bórico (Método ID 981.10). El contenido en proteína bruta se obtuvo multiplicando el nitrógeno por 6,38 (Alais, 1971). Para determinar el contenido de extracto etéreo (grasa bruta) se empleó el método Soxhlet, utilizando éter de petróleo como disolvente y un extractor Soxtec (Método ID 960.39), tras una hidrólisis previa con HCl 3N en ebullición suave durante 1h.

##### 4.1.7.2. Canal, no canal y carne

En las muestras de canal, no canal y carne se determinaron los contenidos de humedad, cenizas, proteína bruta y grasa bruta siguiendo los procedimientos anteriormente descritos (ver apartado 4.1.7.1).

Todas las determinaciones analíticas se realizaron por duplicado, y no se aceptaron variaciones superiores al 5% entre resultados de muestras paralelas.

#### 4.1.8. Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza, de acuerdo con el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + L_i + S_j + LS_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

siendo:

$y_{ijk}$  la variable dependiente,  $\mu$  la media,  $L_i$  el efecto debido al sistema de alimentación,  $S_j$  el efecto debido al sexo,  $LS_{ij}$  el efecto debido a la interacción entre los dos factores principales y  $\varepsilon_{ijk}$  el error residual.

Para el análisis de varianza se utilizó procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.1.2 (SAS, 2004). Cuando el efecto del sistema de alimentación o de la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo resultó estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ), las medias fueron comparadas mediante una *t* de student.

## 4.2. Prueba 2

### 4.2.1. Animales y dietas experimentales

Se utilizaron un total de 24 corderos de raza Assaf (12 machos y 12 hembras), recién destetados con una edad de 37 días (eem 1,9) y un peso vivo de 14,5 kg (eem 0,08), pertenecientes a la misma explotación ovina indicada en la Prueba 1.

Los animales se distribuyeron en cuatro grupos, equilibrados en función del peso, de acuerdo con el diseño experimental 2 x 2, definido por 2 sexos (machos y hembras) y 2 sistemas de alimentación:

- **Convencional (control):** La ración de los corderos estuvo constituida por paja de cebada y un concentrado comercial (cebada 70 %, torta de soja 22 %, grano de trigo 4,8 %, bicarbonato sódico 0,5 % y suplemento vitamínico-mineral 2,7 %). Ambos alimentos fueron ofrecidos en comederos independientes y a voluntad.
- **Alternativo (libre elección):** La ración de los corderos estuvo constituida por cebada en grano y un suplemento proteico (torta de soja 73,3 %, grano de trigo 16 %, bicarbonato sódico 1,7 % y suplemento vitamínico-mineral 9 %). Ambos alimentos fueron ofrecidos en comederos independientes y a voluntad. Los corderos de este grupo no recibieron paja de cebada.

En la Tabla 4.3 se presentan los datos de composición química de los ingredientes de las raciones utilizadas.

**Tabla 4.3. Composición química<sup>1</sup> de los ingredientes de las raciones experimentales.**

	<b>MS</b> (g/kg)	<b>PB</b> (g/kg MS)	<b>FDN</b> (g/kg MS)	<b>Cz</b> (g/kg MS)
<b>Sistema control</b>				
Pienso	898	166	163	99
Paja de cebada	910	35	813	47
<b>Sistema libre elección</b>				
Grano de cebada	896	125	224	26
Suplemento proteico	911	360	119	170

Referencias: <sup>1</sup> MS: materia seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra neutro detergente; Cz: cenizas.

#### 4.2.2. Desarrollo experimental

Los corderos permanecieron con sus madres hasta que se inició el experimento pero desde la tercera semana de vida tuvieron acceso, a través de unas vallas de separación selectiva, que permitía su ingreso pero no el de sus madres, a unos comederos que contenían pienso de iniciación compuesto por un 83% de cebada, un 12% de torta de soja, un 2% de leche en polvo y un 3% de corrector vitamínico mineral. Los corderos disponían, además, de heno de alfalfa, paja de cebada y agua a voluntad.

En la semana anterior al destete, los corderos recibieron, vía subcutánea, un tratamiento antihelmíntico (Ivomec<sup>®</sup>, Merial Laboratorios, España) y fueron vacunados para prevenir enterotoxemias (Miloxán<sup>®</sup>, Merial Laboratorios, España). Una vez destetados, los corderos fueron trasladados a las instalaciones del CSIC (Finca Marzanas) en Grulleros (León), donde permanecieron durante todo el experimento.

Los corderos fueron identificados mediante el uso de crotales (oreja izquierda) y alojados en jaulas individuales, de 1 x 1,4 m<sup>2</sup> de superficie, donde permanecieron durante todo el experimento hasta el sacrificio. Los animales dispusieron en todo momento de agua a voluntad.

Se realizó previamente una fase de adaptación a la dieta experimental de cuatro días de duración. En este período los corderos recibieron paja de cebada a voluntad pero se restringió el consumo de pienso, comenzando con una ración diaria de 200 g, que fue aumentada en 150 g cada día. Posteriormente, se asignaron los grupos en función del peso vivo, de acuerdo con el diseño experimental.

El control de la ingestión diaria se realizó durante todo el periodo, utilizando una balanza de  $\pm 5$  g de precisión. La oferta de alimento diaria se realizó en una única comida, aproximadamente a las 9:00 horas. La cantidad de forraje y concentrado que se ofreció a cada animal se calculó a partir del consumo del día anterior para permitir un 20% de alimento rehusado.

Los restos no consumidos del alimento se recogieron cada mañana y se pesaron; los correspondientes a la misma semana se mezclaron y de la mezcla resultante se tomó una muestra para su posterior análisis químico.

El control del peso vivo, se realizó tres veces por semana, siempre a la misma hora de la mañana y antes de ofrecerles la comida. Para ello, se utilizó una báscula con una sensibilidad de  $\pm 100$  gramos. Los corderos fueron sacrificados al alcanzar los 25 kg de peso vivo.

#### **4.2.3. Sacrificio y evaluación de las características de la no canal, de la canal y de la carne**

La metodología utilizada para realizar el sacrificio de los animales y estudiar las características de la canal, de la no canal y de la carne fue la misma descrita en la Prueba 1.

#### **4.2.4. Análisis estadístico de los resultados**

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.1.2. (SAS, 2004) y de acuerdo con el mismo modelo descrito en la Prueba 1, si bien en este caso el sistema de alimentación contempló sólo dos niveles (control vs. libre elección).

### **4.3. Prueba 3**

#### **4.3.1. Animales**

Se utilizaron un total de 24 corderos recién destetados con un peso vivo de 14,4 kg (eem 0,09). Los animales se distribuyeron en 4 grupos de acuerdo con un diseño factorial definido por 2 sexos (machos y hembras) y 2 genotipos (Assaf puro y Assaf x Merina). Por tanto, de los 24 animales, 12 corderos (6 machos y 6 hembras) fueron de la raza Assaf y los 12 restantes (6 machos y 6 hembras) procedieron del cruzamiento de hembras de

raza Assaf y sementales de raza Merina, pertenecientes a la misma explotación ganadera indicada en las dos pruebas anteriores.

#### **4.3.2. Alimentación y desarrollo experimental**

La alimentación de los animales fue la descrita en la Prueba 2 para el tratamiento control y consistió en la administración a voluntad de paja de cebada y un concentrado comercial, cuya composición ha sido indicada en la Prueba 2.

El manejo de los animales y los controles fueron los mismos descritos en la Prueba 2. Una vez que los corderos alcanzaron los 20 kg de peso vivo se procedió a su sacrificio.

#### **4.3.3. Sacrificio y evaluación de las características de la no canal, de la canal y de la carne**

La metodología utilizada para realizar el sacrificio de los animales y estudiar las características de la canal, de la no canal y de la carne fue la misma descrita en la Prueba 1.

#### **4.3.4. Cálculos y análisis estadísticos**

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.1.2 (SAS, 2004) y de acuerdo con el mismo modelo descrito en la prueba 1, sustituyendo el efecto del sistema de alimentación por el efecto del genotipo (Assaf vs. Assaf x Merina).

## 5. Resultados

### 5.1. Prueba 1

#### 5.1.1. Parámetros productivos: ingestión, ganancia diaria de peso, edad al sacrificio e índice de conversión

En la Tabla 5.1 se presentan los valores medios de ingestión de materia seca, ganancia media diaria de peso, edad al sacrificio e índice de conversión para cada sistema de alimentación y sexo.

**Tabla 5.1. Valores medios de ingestión de leche (IMS, g animal<sup>-1</sup>), de ganancia diaria de peso (GDP, g animal<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>), de edad al sacrificio (ESac, días) y del índice de conversión (IC, g MS/ g GDP) para los diferentes tratamientos experimentales [lactancia natural (LN), lactancia artificial ad-libitum (LA-ad) y lactancia artificial restringida (LA-rest)].**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>IMS</b>	----	268	189	259	258	18,0	***	NS	NS
<b>GDP</b>	307 <sup>a</sup>	253 <sup>b</sup>	150 <sup>c</sup>	246	238	39,5	***	NS	NS
<b>ESac</b>	18 <sup>a</sup>	24 <sup>b</sup>	37 <sup>c</sup>	25	27	4,3	***	NS	NS
<b>IC</b>	----	1,07	1,26	1,08	1,12	0,102	***	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; \*\*\*: P<0,001. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

Como se puede apreciar, ni el efecto del sexo ni de la interacción entre sistema de alimentación y sexo fueron estadísticamente significativos (P>0,05) para ninguna de las variables estudiadas.

De acuerdo con el diseño experimental planteado, el consumo de leche fue significativamente (P<0,001) mayor y el índice de conversión menor (P<0,001) en los corderos pertenecientes al grupo de LA-ad que en los de LA-rest (P<0,001). La ganancia diaria de peso también varió significativamente entre sistemas de alimentación, presentando los corderos criados mediante lactancia natural los valores más elevados y los de lactancia artificial restringida los menores. Como cabría esperar, la edad al sacrificio siguió la evolución opuesta a la ganancia diaria de peso.

#### 5.1.2. Características de la no canal

##### 5.1.2.1. Peso de la no canal y de sus componentes

Como muestra la Tabla 5.2, no se observaron diferencias estadísticamente significativas (P>0,10) atribuibles a la interacción entre el sistema de alimentación y el

sexo en el peso de la no canal o de sus componentes (sangre, caídos y despojos blancos y rojos), expresados en g o como proporción del peso vivo vacío (PVV).

El sexo únicamente influyó de forma estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) en el peso de la lana, presentado las hembras una mayor cantidad de lana que los machos.

**Tabla 5.2. Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío (PVV) de la no canal y de sus componentes: sangre, lana, caídos y despojos blancos (D-blancos) y rojos (D-rojos) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>No canal</b>									
(g)	3951	3978	3872	3913	3962	141,5	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	419 <sup>ab</sup>	424 <sup>b</sup>	408 <sup>a</sup>	417	417	12,7	*	NS	NS
<b>Sangre</b>									
(g)	533	536	500	514	535	55,6	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	56	57	53	55	56	5,6	NS	NS	NS
<b>Lana</b>									
(g)	145 <sup>a</sup>	160 <sup>a</sup>	199 <sup>b</sup>	158	175	30,3	***	*	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	15 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	21 <sup>b</sup>	17	18	3,0	***	T	NS
<b>Caídos</b>									
(g)	2078	2063	1991	2061	2033	101,7	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	220 <sup>b</sup>	220 <sup>b</sup>	210 <sup>a</sup>	220	214	8,7	*	T	NS
<b>D-rojos</b>									
(g)	432 <sup>a</sup>	470 <sup>ab</sup>	497 <sup>b</sup>	457	472	52,8	*	NS	T
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	46 <sup>a</sup>	50 <sup>ab</sup>	52 <sup>b</sup>	55	50	6,1	*	NS	NS
<b>D-blancos</b>									
(g)	629 <sup>b</sup>	620 <sup>b</sup>	560 <sup>a</sup>	606	605	51,5	**	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	67 <sup>b</sup>	66 <sup>b</sup>	59 <sup>a</sup>	65	64	5,5	**	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; T:  $P < 0,10$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*:  $P < 0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

El sistema de alimentación influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el peso de la lana y de los despojos, tanto rojos como blancos, expresado en g o en g·kg PVV<sup>-1</sup>. En el caso de la lana y de los despojos blancos, los corderos criados con los sistemas de lactancia artificial restringida y de lactancia natural presentaron los mayores y menores valores, respectivamente. Los corderos criados con el sistema de LA-ad presentaron valores intermedios a los otros dos grupos. En lo que se refiere al peso de los despojos

rojos, la situación fue la opuesta a la señalada para las variables anteriormente mencionadas.

### 5.1.2.2. Depósitos de grasa interna

En la Tabla 5.3 se presentan los valores medios de los pesos, expresados en términos absolutos o relativos al PVV o al total de grasa interna, de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-oment), grasa mesentérica (G-mesent) y grasa pélvico-renal (G-renal)], para cada tratamiento experimental.

**Tabla 5.3. Valores medios del peso y proporción del PVV, de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-oment), grasa mesentérica (G-mesent) y grasa perirrenal (G-renal), correspondientes a cada tratamiento experimental.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SAXS
<b>GIT</b>									
(g)	216 <sup>b</sup>	202 <sup>ab</sup>	187 <sup>a</sup>	177	228	26,1	*	***	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	23 <sup>b</sup>	21 <sup>ab</sup>	20 <sup>a</sup>	19	24	2,8	*	***	NS
<b>GDT</b>									
(g)	134	130	124	118	141	21,9	NS	**	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	14	14	13	13	15	2,3	NS	**	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	626	648	669	672	621	74,0	NS	T	NS
<b>G-oment</b>									
(g)	75 <sup>b</sup>	67 <sup>ab</sup>	54 <sup>a</sup>	61	71	16,1	*	T	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	7,9 <sup>b</sup>	7,1 <sup>ab</sup>	5,7 <sup>a</sup>	6,5	7,5	1,69	*	T	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	347 <sup>b</sup>	331 <sup>ab</sup>	287 <sup>a</sup>	339	309	58,4	*	NS	NS
<b>G-mesent</b>									
(g)	59 <sup>a</sup>	63 <sup>ab</sup>	71 <sup>b</sup>	58	70	10,2	*	**	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	6,3	6,7	7,4	6,1	7,4	1,13	T	**	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	279 <sup>a</sup>	317 <sup>a</sup>	382 <sup>b</sup>	333	312	50,8	***	NS	NS
<b>G-renal</b>									
(g)	82 <sup>b</sup>	72 <sup>ab</sup>	62 <sup>a</sup>	59	87	17,9	*	***	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	8,7 <sup>b</sup>	7,6 <sup>ab</sup>	6,5 <sup>a</sup>	6,2	9,1	1,90	*	***	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	374	352	330	328	379	74,0	NS	T	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10; \*\*\*: P<0,001; \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

El efecto de la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo no fue estadísticamente significativo (P>0,10) en ninguna de las variables estudiadas.

El sexo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el peso de la GIT, GDT, G-mesent y G-renal, expresado en g o en g.kg PVV<sup>-1</sup>. En el caso de la G-omenta las diferencias observadas entre sexos mostraron una tendencia a la significación estadística ( $P < 0,10$ ). En todos los casos, los mayores valores correspondieron a las hembras.

El sistema de alimentación afectó de forma estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) al peso de la GIT, G-oment, G-mesent y G-renal, si bien este efecto varió con el tipo de depósito. En lo que se refiere a la GIT, G-oment y G-renal los mayores y menores valores correspondieron a los corderos criados con los sistemas de LN y LA-rest, respectivamente. Los corderos criados con el sistema de LA-ad presentaron valores intermedios a los presentados por los otros dos sistemas de alimentación.

En lo que respecta a la G-mesent las diferencias observadas entre sistemas de alimentación presentaron el comportamiento opuesto, correspondiendo los menores y los mayores valores a los corderos criados mediante LN y LA-rest, respectivamente.

### 5.1.2.3. Composición química de la no canal

En la tabla 5.4 se presentan los valores medios de contenido de agua, proteína, grasa, y cenizas de la no canal, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

El sistema de alimentación no afectó significativamente ( $P > 0,10$ ) a la composición química de la no canal. El efecto de la interacción entre esta fuente de variación y el sexo tampoco fue estadísticamente significativo ( $P > 0,10$ ) para ninguna de las variables estudiadas.

**Tabla 5.4. Composición química (g/kg) de la no canal para cada uno de los tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>Agua</b>	689	680	688	688	683	20,8	NS	NS	NS
<b>Proteína</b>	210	203	199	209	200	14,1	NS	T	NS
<b>Grasa</b>	62	69	72	62	72	10,3	NS	*	NS
<b>Cenizas</b>	35	36	37	35	37	4,4	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; T:  $P < 0,10$ ; \*:  $P < 0,05$ .

Por el contrario, el sexo afectó de forma estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) el contenido de grasa de la no canal, correspondiendo los mayores valores a las hembras.

Las diferencias observadas entre sexos en el contenido de proteína también mostraron una tendencia a la significación ( $P < 0,10$ ), correspondiendo en este caso los mayores valores a los machos.

### 5.1.3. Características de la canal

#### 5.1.3.1. Peso, rendimientos, pérdidas por oreo, conformación y grado de engrasamiento

En la Tabla 5.5 se presentan los valores promedio del peso de la canal caliente, de las pérdidas por oreo (% de la canal caliente), del rendimiento comercial (peso de la canal fría como porcentaje del peso vivo) y verdadero (peso de la canal caliente expresada como porcentaje del peso vivo vacío), del grado de engrasamiento y de la consistencia de la grasa, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.5. Valores medios del peso de la canal caliente (PCC), de las pérdidas por oreo (PO), de los rendimientos comercial (RC) y verdadero (RV), de la conformación de la canal (CC: 1-15 puntos), del grado de engrasamiento (GE: 1-12 puntos) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>PCC (g)</b>	5485	5409	5621	5461	5535	0,2	T	NS	NS
<b>PO (%)</b>	2,81 <sup>a</sup>	2,57 <sup>a</sup>	3,87 <sup>b</sup>	2,96	3,11	1,016	*	NS	NS
<b>RC (%)</b>	52,29	52,50	53,65	52,41	53,12	1,849	NS	NS	NS
<b>RV (%)</b>	58,14 <sup>ab</sup>	57,59 <sup>a</sup>	59,21 <sup>b</sup>	58,25	58,38	1,266	*	NS	NS
<b>CC</b>	8,0 <sup>b</sup>	7,4 <sup>b</sup>	5,7 <sup>a</sup>	7,3	6,9	1,66	**	NS	NS
<b>GE</b>	7,4 <sup>b</sup>	6,8 <sup>ab</sup>	6,3 <sup>a</sup>	6,7	7,1	0,93	*	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; T:  $P < 0,10$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*:  $P < 0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables. El sexo tampoco afectó significativamente ( $P > 0,10$ ) a las variables objeto de estudio.

El sistema de alimentación influyó de manera estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) en las pérdidas por oreo, rendimiento verdadero, grado de engrasamiento y consistencia de la grasa. Las pérdidas por oreo y el rendimiento verdadero fueron mayores en los animales criados mediante el sistema de LA-rest que en los animales criados en el sistema LA-ad. Los corderos criados mediante LN también presentaron valores de PO

significativamente inferiores a los de LA-rest; sin embargo, los valores de RV no fueron diferentes a los registrados para los otros dos grupos experimentales.

Los valores medios de CC y de GE fueron significativamente ( $P<0,05$ ) menores en los corderos del grupo LA-rest que en los corderos del grupo LN, presentado el grupo LA-ad valores intermedios entre ambos.

Cabe señalar que las diferencias observadas entre sistemas de alimentación en el PCC mostraron una tendencia a la significación ( $P<0,10$ ), presentando los corderos del grupo LA-rest valores superiores a los de los otros dos grupos experimentales.

### 5.1.3.2. pH y color

En la Tabla 5.6 figuran los valores medios del pH, medido en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* (L.Dorsi) y en la cara interna del músculo *Semimembranosus* (Semi), y los parámetros colorimétricos [luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ), tono de color y saturación] de la grasa subcutánea de la canal, en la zona de la base de la cola, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.6. Valores medios de pH (a las 0 y 24 horas post mortem) en los músculos *Longissimus dorsi thoracis* (L.Dorsi) y *Semimembranosus* (Semi) y parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , tono y saturación) de la grasa (maslo de la cola,) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest.	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>pH L.Dorsi</b>									
Hora 0	6,38	6,46	6,49	6,52	6,35	0,199	NS	*	NS
Hora 24	5,85	5,92	5,86	5,88	5,87	0,144	NS	NS	NS
<b>pH Semi</b>									
Hora 0	6,14	6,21	6,35	6,29	6,17	0,199	NS	NS	NS
Hora 24	5,62	5,67	5,69	5,65	5,66	0,144	NS	NS	NS
<b>Color Grasa</b>									
$L^*$	53,07	55,31	52,02	53,07	54,03	3,618	T	NS	NS
$a^*$	9,41	8,16	9,29	8,60	9,27	2,044	NS	NS	NS
$b^*$	7,59	7,09	6,57	6,83	7,40	1,908	NS	NS	NS
Tono de color	38,71	41,48	34,83	38,89	38,21	7,534	NS	NS	NS
Saturación	12,22	10,87	11,47	11,13	11,91	2,352	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; T:  $P<0,10$ ; \*:  $P<0,05$ .

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables.

El sistema de alimentación no afectó significativamente ( $P>0,10$ ) ni al pH no a los parámetros colorimétricos de la grasa, a excepción de la luminosidad. En este último parámetros, las diferencias entre sistemas mostraron una tendencia a la significación ( $P<0,10$ ), correspondiendo el mayor valor al grupo LA-ad y el menor al grupo LA-rest.

Se observaron diferencias significativas ( $P<0,05$ ) atribuibles al sexo ( $P<0,05$ ) únicamente en el pH registrado en el músculo L.Dorsi a las cero horas, con valores mayores en los machos.

### 5.1.3.3. Medidas morfológicas

Los valores medios de los diferentes parámetros descriptivos de la morfología de la canal para cada uno de los tratamientos experimentales se presentan en la Tabla 5.7.

**Tabla 5.7. Valores medios del perímetro de la grupa (B), anchura de la grupa (G), anchura del tórax (Wr), longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad del tórax (Th), espesor de la grasa subcutánea, profundidad de la pared torácica e índices de compacidad de la canal (ICC) y compacidad de la pierna (ICP), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>B (cm)</b>	41,6 <sup>a</sup>	42,2 <sup>b</sup>	42,2 <sup>b</sup>	41,9	42,1	0,76	T	NS	NS
<b>G (cm)</b>	14,5	14,8	14,9	14,9	14,6	0,72	NS	NS	NS
<b>Wr (cm)</b>	13,9 <sup>b</sup>	13,3 <sup>b</sup>	12,3 <sup>a</sup>	13,3	13,1	0,68	***	NS	NS
<b>L (cm)</b>	38,8 <sup>a</sup>	40,0 <sup>b</sup>	40,5 <sup>b</sup>	39,1	40,3	1,26	**	**	NS
<b>F (cm)</b>	27,6 <sup>a</sup>	28,3 <sup>ab</sup>	29,0 <sup>b</sup>	28,1	28,4	1,09	*	NS	*
<b>Th (cm)</b>	17,2	17,3	18,1	17,4	17,6	1,02	NS	NS	NS
<b>Espesor (cm)</b>	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,043	NS	NS	NS
<b>Profundidad (cm)</b>	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30	0,081	NS	NS	NS
<b>ICC (g·cm<sup>-1</sup>)</b>	138 <sup>b</sup>	132 <sup>a</sup>	133 <sup>a</sup>	136	133	5,9	*	NS	NS
<b>ICP (g·cm<sup>-1</sup>)</b>	0,53	0,52	0,51	0,53	0,51	0,031	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; T:  $P<0,10$ ; \*\*\*:  $P<0,001$ ; \*\*:  $P<0,01$ ; \*:  $P<0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P<0,05$ ).

El sexo no afectó de forma estadísticamente significativa ( $P>0,10$ ) a ninguno de los parámetros morfológicos, a excepción de la longitud de la pierna, que fue significativamente ( $P<0,05$ ) superior en las hembras que en los machos.

El sistema de alimentación influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en los parámetros ICC, Wr, L y F. En estos dos últimos parámetros, los mayores y menores valores correspondieron, respectivamente, a los animales de los grupos LA-rest y LN, presentando valores intermedios los corderos del grupo LA-ad. La situación opuesta se observó con los parámetros ICC y Wr, presentando el grupo LA-rest los menores valores y el LN los mayores. Cabe señalar, que en el caso del parámetro F las diferencias entre sistemas siguieron un patrón ligeramente distinto entre machos y hembras (27,2<sup>b</sup>, 28,9<sup>a</sup> y 28,2<sup>ab</sup> cm en los machos para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente, y 28,0<sup>a</sup>, 27,7<sup>a</sup> y 29,9<sup>b</sup> cm en las hembras para los 3 sistemas).

Las diferencias observadas entre sistemas de alimentación en el parámetro B mostraron una tendencia a la significación estadística ( $P < 0,10$ ). Los animales del grupo LN presentaron los menores valores de los parámetros B, no observándose diferencias entre los otros dos sistemas de alimentación de Lactancia artificial.

#### **5.1.3.4. Despiece (composición regional)**

Los valores medios del peso y proporción de las diferentes piezas comerciales de la ½ canal izquierda se recogen en la Tabla 5.8.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables estudiadas.

El sexo únicamente afectó de forma estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) a la proporción representada por el badal, siendo esta proporción mayor en los machos.

El sistema de alimentación influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el peso de la espalda y en la proporción que representa esta pieza y el badal en el conjunto de la canal. En lo que se refiere al badal, su proporción sobre la canal fue inferior en los corderos del grupo LA-rest que en aquellos del grupo LA-ad, no existiendo diferencias entre los valores registrados para los corderos del grupo LN y los otros dos grupos.

En lo que respecta al peso de la espalda, expresado tanto en términos absolutos como en relación a la canal, los mayores valores se observaron en los animales del grupo LA-rest, no encontrándose diferencias significativas entre los valores de los otros dos sistemas de alimentación.

**Tabla 5.8. Valores medios del peso (g) y de la proporción (g·kg<sup>-1</sup> de canal) de las diferentes piezas y categorías comerciales correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest.	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>Cuello</b>									
(g)	231	227	239	230	233	27,1	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	84	83	86	84	84	9,3	NS	NS	NS
<b>Badal</b>									
(g)	195	209	190	204	193	23,4	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	71 <sup>ab</sup>	76 <sup>b</sup>	68 <sup>a</sup>	75	69	7,19	*	*	NS
<b>Espalda</b>									
(g)	517 <sup>a</sup>	501 <sup>a</sup>	540 <sup>b</sup>	521	516	26,9	**	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	187 <sup>ab</sup>	184 <sup>a</sup>	195 <sup>b</sup>	191	186	9,8	*	T	NS
<b>Pierna</b>									
(g)	895	875	919	892	898	47,1	NS	NS	T
(g·kg <sup>-1</sup> )	325	321	331	327	323	12,7	NS	NS	NS
<b>Costillar</b>									
(g)	427	441	434	427	441	42,2	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	154	162	157	157	159	12,2	NS	NS	NS
<b>Falda</b>									
(g)	283	281	281	277	286	34,1	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	102	103	102	102	103	12,3	NS	NS	NS
<b>Rabo</b>									
(g)	74	68	55	60	72	24,1	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	27	25	20	22	26	8,4	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10; \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

### 5.1.3.5. Composición tisular de la espalda

En la Tabla 5.9 se presentan los valores medios del peso, expresado en g o g·kg<sup>-1</sup> de canal, de los diferentes componentes tisulares de la espalda.

El sexo no influyó (P<0,05) ni en el peso ni en la proporción de los diferentes tejidos. No obstante, las diferencias observadas entre machos y hembras en el peso y proporción representada por el componente “Otros” mostró una tendencia a la significación (P<0,10), siendo los menores valores los correspondientes a las hembras.

**Tabla 5.9. Valores medios del peso y de la proporción (g·kg<sup>-1</sup>) de músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y desechos (otros) obtenidos en la disección de la espalda, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de ignificación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SAXS
<b>Músculo</b>									
(g)	297 <sup>a</sup>	306 <sup>a</sup>	332 <sup>b</sup>	313	308	18,7	***	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	581 <sup>a</sup>	615 <sup>b</sup>	620 <sup>b</sup>	606	602	8,5	***	NS	NS
<b>Grasa subcutánea</b>									
(g)	37 <sup>b</sup>	28 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	31	33	6,7	*	NS	*
(g·kg <sup>-1</sup> )	72 <sup>b</sup>	57 <sup>a</sup>	56 <sup>a</sup>	59	65	11,9	**	NS	NS
<b>Grasa intermuscular</b>									
(g)	36 <sup>b</sup>	28 <sup>a</sup>	32 <sup>ab</sup>	31	33	5,7	**	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	70 <sup>b</sup>	56 <sup>a</sup>	59 <sup>a</sup>	59	64	9,5	**	NS	NS
<b>Hueso</b>									
(g)	123	120	124	123	120	6,3	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	240	241	232	240	236	13,4	NS	NS	NS
<b>Otros</b>									
(g)	18 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	16 <sup>ab</sup>	17	15	2,6	*	T	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	35 <sup>b</sup>	29 <sup>a</sup>	31 <sup>ab</sup>	33	30	4,9	*	T	NS
<b>Relación</b>									
Músculo/Grasa Total	21,2 <sup>a</sup>	27,4 <sup>b</sup>	29,2 <sup>b</sup>	26,9	24,6	3,28	***	*	NS
Músculo/Hueso	2,42 <sup>a</sup>	2,56 <sup>ab</sup>	2,68 <sup>b</sup>	2,54	2,56	0,164	**	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10; \*\*\*: P<0,001; \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

El sistema de alimentación afectó de forma estadísticamente significativa (P<0,05) al peso y proporción de los diferentes componentes tisulares, a excepción del hueso. En lo que respecta a la grasa intermuscular, a la grasa subcutánea y al componente "Otros", los mayores valores correspondieron a los animales del grupo LN, no observándose diferencias significativas entre los otros dos grupos (LA-rest y LA-ad). Los resultados opuestos se observaron en lo que respecta al músculo, cuyo peso y proporción fueron significativamente menores (P<0,05) en los corderos del grupo LN. Es importante señalar, que en el caso del parámetro grasa subcutánea las diferencias entre sistemas siguieron un patrón ligeramente distinto entre machos y hembras (32,4<sup>b</sup>, 31,0<sup>ab</sup> y 27,9<sup>b</sup> g en los

machos para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente, y 41,6<sup>c</sup>, 25,8<sup>a</sup> y 32,8<sup>b</sup> g en las hembras para los 3 sistemas).

En lo que respecta a las relaciones entre el músculo y la grasa o el hueso, se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) debidas tanto al sexo como al sistema de alimentación. Así, las hembras presentaron valores del cociente músculo/grasa menores que los machos. En relación con el sistema de alimentación, los corderos del grupo LN presentaron los menores valores para los dos cocientes señalados y los corderos del grupo LA-rest los mayores valores, presentado valores intermedios el grupo LA-ad.

### 5.1.3.6. Composición química de la canal

En la Tabla 5.10 se presentan los valores promedios del contenido de agua, proteína, grasa y cenizas de la canal para cada tratamiento experimental.

**Tabla 5.10. Composición química (g/kg) de la canal para cada uno de los tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>Agua</b>	664	664	683	677	661	27,4	NS	NS	NS
<b>Proteína</b>	184	190	190	191	185	9,2	NS	NS	NS
<b>Grasa</b>	11 <sup>d</sup>	10 <sup>b</sup>	8 <sup>a</sup>	8	11	2,0	*	**	NS
<b>Cenizas</b>	44	44	42	44	44	0,4	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*:  $P < 0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debido a la interacción entre sistema de alimentación y sexo en la composición química.

El sexo afectó significativamente ( $P < 0,05$ ) al contenido de grasa, correspondiendo los mayores valores a las hembras.

El sistema de alimentación también influyó significativamente en la misma variable ( $P < 0,05$ ), correspondiendo los menores valores a los animales criados con el sistema de LA-rest y los mayores a los animales del grupo LN. Los corderos del grupo LA-ad presentaron un valor intermedio, que no difirió de forma estadísticamente significativa ( $P > 0,10$ ) del valor registrado para el grupo LN.

#### 5.1.4. Características de la carne

##### 5.1.4.1. pH, color, área, pérdidas de agua por presión y cocción, textura

En la Tabla 5.11 se recogen los valores medios del área medida a la altura de las vértebras torácicas sexta y decimotercera (T6 y T13), pH, capacidad de retención de agua expresada como pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), fuerza máxima de corte y de luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ), tono de color y saturación del músculo *Longissimus dorsi*, para los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.11. Valores medios del pH, del área (T6 y T13), de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de los parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , tono y saturación) y de la fuerza de corte (Fuerza) determinados en el músculo *Longissimus dorsi*, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>pH</b>	5,69	5,65	5,69	5,7	5,7	0,07	NS	NS	NS
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>									
T6	5,0	4,5	5,3	5,1	4,7	0,79	NS	NS	NS
T13	7,3	7,2	8,3	7,6	7,5	1,17	NS	NS	NS
<b>PAP (%)</b>	10,0 <sup>a</sup>	11,6 <sup>b</sup>	11,8 <sup>b</sup>	11,1	11,0	1,26	**	NS	NS
<b>PAC (%)</b>	14,0	14,2	15,5	15,1	14,0	3,83	NS	NS	NS
<b>Color</b>									
$L^*$	43,7	44,1	43,2	44,0	43,3	2,73	NS	NS	NS
$a^*$	8,0	7,8	8,3	8,0	8,1	1,33	NS	NS	NS
$b^*$	5,1	5,1	4,8	5,1	4,9	1,13	NS	NS	NS
Tono de color	32,7	33,8	29,8	32,9	31,4	8,18	NS	NS	NS
Saturación	9,6	9,5	9,7	9,6	9,5	1,07	NS	NS	NS
<b>Fuerza (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,1	4,5	5,1	4,6	4,4	1,06	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*\*:  $P < 0,01$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

No se observaron diferencias significativas atribuibles a las fuentes de variación estudiadas en ninguno de los parámetros, a excepción de las pérdidas por presión. El valor de este parámetro varió significativamente ( $P < 0,05$ ) con el sistema de alimentación, presentado los corderos del sistema LN valores inferiores a los de la carne de los corderos criados con lactancia artificial (LA-rest y LA-ad).

### 5.1.4.2. Composición química de la carne

Tal y como puede observarse en la Tabla 5.12, ni el sistema de alimentación ni la interacción entre esta fuente y el sexo afectaron de forma estadísticamente significativa ( $P > 0,10$ ) a la composición química de la carne (músculo *Longissimus dorsi lumborum*).

Por el contrario, se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) debidas al sexo en los contenidos de agua y de grasa, siendo el primero de ellos menor y el último mayor en la carne procedente de las hembras.

**Tabla 5.12. Composición química (g/kg) del músculo *Longissimus dorsi lumborum*, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Sistema de alimentación			Sexo		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	LN	LA-ad	LA-rest	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>Agua</b>	758	750	757	766	744	27,9	NS	*	NS
<b>Proteína</b>	203	212	202	202	210	22,8	NS	NS	NS
<b>Grasa</b>	21	21	23	16	29	9,5	NS	***	NS
<b>Cenizas</b>	13	13	12	12	13	1,4	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de Alimentación), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ ; \*:  $P < 0,05$ .

## 5.2. Prueba 2

### 5.2.1. Ingestión, ganancia de peso e índice de conversión

La tabla 5.13 muestra los valores medios de ingestión de materia seca, proteína bruta, fibra neutro detergente y energía bruta, de ganancia de diaria de peso, índice de conversión y duración del periodo de cebo, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

Los corderos criados con el sistema alternativo (Libre elección) presentaron valores significativamente ( $P < 0,05$ ) superiores en las ingestiones de materia seca, proteína y energía y menores en duración del experimento que los corderos del sistema convencional (Control). El sexo sólo afectó a la duración del ensayo ( $P < 0,05$ ), con valores inferiores en los machos. No obstante, el efecto de la interacción entre las fuentes de variación fue estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) en los casos de la GDP y del IC. En ambos casos se encontraron diferencias debidas al sistema de alimentación entre machos pero no entre hembras.

**Tabla 5.13. Valores medios de ingestión ( $g \cdot animal^{-1} \cdot día^{-1}$ ) de materia seca (IMS), proteína bruta (IPB), fibra detergente neutra (IFDN) y energía bruta (IEB, ( $MJ \cdot animal^{-1} \cdot día^{-1}$ )), de ganancia diaria de peso (GDP,  $g \cdot animal^{-1} \cdot día^{-1}$ ) e índice de conversión (IC,  $g \text{ IMS}/g \text{ GDP}$ ), de duración del cebo (días) para los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
IMS	759	771	885	838	56,0	***	NS	NS
IPB	122	124	204	206	19,8	***	NS	NS
IFDN	144	144	157	143	11,7	NS	NS	NS
IEB	3,16	3,21	3,78	3,56	0,234	***	NS	NS
GDP	272 <sup>b</sup>	233 <sup>a</sup>	371 <sup>c</sup>	243 <sup>ab</sup>	32,0	***	***	**
IC	2,83 <sup>b</sup>	3,32 <sup>c</sup>	2,40 <sup>a</sup>	3,46 <sup>c</sup>	0,253	NS	***	*
Días	38,83	45,17	29,16	40,66	6,195	*	**	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*:  $P < 0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice por fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

### 5.2.2. Características de la no canal

#### 5.2.2.1. Peso de la no canal y de sus componentes

En la Tabla 5.14 se recogen los valores medios de peso de la no canal y de sus diferentes componentes para cada uno de los tratamientos experimentales.

**Tabla 5.14. Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de la no canal y de sus componentes [sangre, lana, caídos y despojos blancos (D-blancos) y rojos (D-rojos)], correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>No canal</b>								
(g)	9467	9484	9799	9525	446,2	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	435	434	451	434	18,4	NS	NS	NS
<b>Sangre</b>								
(g)	1212	1110	1287	1229	83,3	**	*	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	56	51	59	56	4,0	*	*	NS
<b>Lana</b>								
(g)	573	635	611	733	196,9	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	26	29	28	33	8,8	NS	NS	NS
<b>Caídos</b>								
(g)	4138	4015	4198	3929	305,9	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	190	184	193	179	13,4	NS	T	NS
<b>D-blancos</b>								
(g)	1776	1706	1828	1563	141,5	NS	**	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	82	78	84	71	6,5	NS	**	T
<b>D-rojos</b>								
(g)	1369	1430	1515	1484	105,3	*	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	63	65	70	68	4,7	*	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10; \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el valor medio del peso del conjunto de la no canal ( $p>0,10$ ), expresado tanto en valor absoluto como en proporción respecto al peso vivo vacío.

El sistema de alimentación influyó significativamente ( $P<0,05$ ) en el peso de la sangre y de los despojos rojos. En ambas variables, los mayores valores correspondieron a los animales criados con el sistema de Libre elección de alimentos.

El sexo influyó ( $P<0,05$ ) en el peso de la sangre y de los despojos blancos, correspondiendo los mayores valores a los machos. El efecto de la interacción entre las dos fuentes de variación estudiadas no resultó estadísticamente significativo ( $P>0,05$ ) en ninguna de las variables, a excepción del peso de los despojos blancos, expresados en

relación con el PVV, donde las diferencias mostraron una tendencia a la significación ( $P < 0,10$ ).

### 5.2.2.2. Depósitos de grasa interna

En la Tabla 5.15 se presentan los valores medios, del peso de los diferentes depósitos de grasa, expresado en términos absolutos (g) o como proporción del PVV (g kg PVV<sup>-1</sup>) o del total de peso de los depósitos de grasa (g·kg GIT<sup>-1</sup>), para cada uno de los tratamientos experimentales.

**Tabla 5.15. Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-omental), mesentérica (G-mesent) y pélvico-renal (G-renal)], correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>GIT</b>								
(g)	532	810	465	838	176,0	NS	***	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	24	37	21	38	7,9	NS	***	NS
<b>GDT</b>								
(g)	398	588	359	586	124,6	NS	***	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	18	27	16	27	5,6	NS	***	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	746	727	773	706	41,4	NS	*	NS
<b>G-omental</b>								
(g)	211	390	182	331	88,8	NS	***	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	10	18	8	15	4,0	NS	***	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	390	476	383	400	459	NS	*	NS
<b>G-mesent</b>								
(g)	186	198	177	255	43,1	NS	*	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	9	9	8	12	1,9	NS	*	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	356 <sup>ab</sup>	250 <sup>a</sup>	390 <sup>b</sup>	306 <sup>ab</sup>	35,2	**	***	NS
<b>G-renal</b>								
(g)	134	222	106	252	66,4	NS	***	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	6	10	5	11	3,0	NS	***	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	254	273	227	294	41,4	NS	*	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ ; \*:  $P < 0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables

estudiadas. El sistema de alimentación solo afectó al peso de la grasa mesentérica y únicamente cuando se expresó como proporción de la grasa interna total, correspondiendo los mayores valores al grupo Libre elección de alimentos.

Como cabría esperar, el sexo influyó significativamente ( $P>0,05$ ) en el peso de todos los depósitos de grasa, siendo mayores los valores en las hembras cuando se refiere al peso o a la proporción sobre el PVV. Sin embargo, cuando el peso se expresó en relación al total de grasa interna, los valores fueron superiores en los machos en el caso de la grasa mesentérica y en la GDT pero inferiores en los otros dos depósitos (G-omental y G-renal).

### 5.2.2.3. Composición química de la no canal

En la Tabla 5.16 se recogen los valores medios de los contenidos de agua, proteína, grasa y cenizas de la no canal.

**Tabla 5.16. Composición química (g/kg) de la no canal para cada uno de los tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>Agua</b>	658	629	693	634	24,5	T	***	NS
<b>Proteína</b>	181	170	175	178	12,6	NS	NS	NS
<b>Grasa</b>	113	154	85	146	20,4	T	***	NS
<b>Cenizas</b>	35	34	32	31	4,0	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; T:  $P<0,10$ ; \*\*\*:  $P<0,001$ .

Como puede apreciarse, el efecto de la interacción no fue significativa ( $P>0,05$ ) para ninguna de las variables estudiadas. El sistema de alimentación tampoco influyó significativamente ( $P<0,05$ ) en la composición química, aunque las diferencias entre sistemas en el contenido de grasa y de agua mostraron una tendencia a la significación ( $P<0,10$ ), presentando los corderos del grupo Control menores contenidos de agua y mayores de grasa bruta.

El sexo influyó significativamente ( $p<0,05$ ) en los contenidos de agua y de grasa, presentando los machos valores mayores para el primer parámetro químico citado y menores para el segundo.

### 5.2.3. Características de la canal

#### 5.2.3.1. Peso canal caliente y fría, pérdidas por oreo, rendimientos, conformación y grado de engrasamiento

En la Tabla 5.17 se presentan los valores promedio del peso de la canal caliente y fría, los porcentajes de las pérdidas por oreo, el rendimiento comercial y verdadero, la conformación y el grado de engrasamiento de la canal, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) en las variables estudiadas debidas al sistema de alimentación o al efecto de la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo.

El sexo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el grado de engrasamiento de la canal pero no en las otras variables. En el caso del GE, las hembras presentaron valores superiores a los machos.

**Tabla 5.17. Valores medios del peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), pérdidas por oreo (PO), de los rendimientos comercial (RC) y verdadero (RV), de la conformación de la canal (CC: 1-15 puntos), del grado de engrasamiento (GE: 1-12 puntos), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
PCC (g)	12299	12358	11907	12452	0,4	NS	NS	NS
PCF (g)	12006	12054	11571	12092	0,4	NS	NS	NS
PO (%)	2,4	2,5	2,8	2,6	0,26	NS	NS	NS
RC (%)	47,9	47,9	46,0	48,2	1,93	NS	NS	NS
RV (%)	56,5	56,6	54,9	56,6	1,84	NS	NS	NS
CC	6,8	7,7	8,33	7,5	1,24	NS	NS	NS
GE	7,2	9,2	8,2	8,7	1,22	NS	*	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*:  $P < 0,05$ .

#### 5.2.3.2. pH y color

En la Tabla 5.18 figuran los valores medios del pH, medido en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* (L.Dorsi) y en la cara interna del músculo *Semimembranosus* (Semi), y los parámetros colorimétricos [luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ), tono de color y saturación] de la grasa subcutánea de la canal, en la zona de la base de la cola, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables estudiadas. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) ni debidas al sistema de alimentación, ni al efecto del sexo o a la interacción entre ambos factores en los valores de pH medido a las 0 y 24 horas.

El sistema de alimentación afectó significativamente ( $P<0,05$ ) a los parámetros  $a^*$ ,  $b^*$ , el índice de saturación y el tono de la grasa, siendo los valores de los tres primeros parámetros menores y el tono mayor en los animales del grupo Control.

**Tabla 5.18. Valores medios de pH (a las 0 y 24 horas post mortem) en los músculos Longissimus dorsi thoracis (L.Dorsi) y Semimembranosus (Semi) y parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ; tono y saturación) de la grasa (maslo de la cola,) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		D	S	DxS
<b>pH L.Dorsi</b>								
Hora 0	6,33	6,40	6,28	6,37	0,169	NS	NS	NS
Hora 24	5,81	5,70	5,75	5,76	0,142	NS	NS	NS
<b>pH Semi</b>								
Hora 0	6,35	6,42	6,32	6,43	0,244	NS	NS	NS
Hora 24	5,80	5,59	5,64	5,70	0,246	NS	NS	NS
<b>Color Grasa</b>								
$L^*$	68,85	68,89	65,78	66,25	3,962	NS	NS	NS
$a^*$	3,10	3,26	4,94	4,48	1,210	**	NS	NS
$b^*$	9,23	8,69	10,26	10,24	1,435	*	NS	NS
Tono de color	72,32	69,67	64,16	65,72	6,965	*	NS	NS
Saturación	9,78	9,32	11,40	11,31	1,358	**	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; \*\*:  $P<0,01$ ; \*:  $P<0,05$ .

### 5.2.3.3. Medidas morfológicas

En la Tabla 5.19 figuran los valores medios de las diferentes medidas morfométricas tomadas en la canal entera y en la media canal, así como de los índices de compacidad de la canal y de la pierna, correspondientes a los diferentes tratamientos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables estudiadas.

El sexo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el perímetro de la grupa, en la longitud interna de la pierna, en la profundidad del tórax y en el espesor de la grasa subcutánea, siendo los valores del perímetro y del espesor de la grasa mayores en las hembras y los valores de profundidad del tórax y de longitud interna de la pierna mayores en los machos.

El sistema de alimentación únicamente influyó ( $P < 0,05$ ) en el perímetro de la grupa, correspondiendo los mayores valores al grupo Control.

**Tabla 5.19. Valores medios del perímetro de la grupa (B), anchura de la grupa (G), anchura del tórax (Wr), longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad del tórax (Th), espesor de la grasa subcutánea, profundidad de la pared torácica e índices de compacidad de la canal (ICC) y de la pierna (ICP), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>B (cm)</b>	55,7	56,9	54,6	55,7	1,27	*	*	NS
<b>G (cm)</b>	19,6	20,0	19,3	20,1	1,89	NS	NS	NS
<b>Wr (cm)</b>	19,4	19,6	19,4	19,7	0,99	NS	NS	NS
<b>L (cm)</b>	52,1	53,7	53,0	53,2	1,61	NS	NS	NS
<b>F (cm)</b>	35,2	34,2	35,4	34,2	1,24	NS	*	NS
<b>Th (cm)</b>	24,7	24,2	24,8	24,1	0,60	NS	*	NS
<b>Espesor (cm)</b>	0,12	0,26	0,19	0,29	0,128	NS	*	NS
<b>Profundidad (cm)</b>	0,44	0,58	0,45	0,49	0,122	NS	NS	NS
<b>ICC (g·cm<sup>-1</sup>)</b>	231	225	218	228	9,9	NS	NS	NS
<b>ICP (g·cm<sup>-1</sup>)</b>	0,56	0,58	0,55	0,59	0,058	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*:  $P < 0,05$ .

#### 5.2.3.4. Despiece (composición regional)

En la Tabla 5.20 se presenta el valor medio del peso, expresado en g o como proporción del peso total de la canal, de las diferentes piezas comerciales de la canal (cuello, badal, espalda, pierna, costillar, falda y rabo), correspondientes a cada tratamiento experimental.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables estudiadas.

En lo que respecta a los efectos principales, el sistema de alimentación influyó significativamente en el peso de la pierna y el sexo en el peso de la falda y el rabo. Así, el peso de la pierna fue mayor en los animales del grupo Control que en los de Libre elección de alimentos. En lo que se refiere a la falda y al rabo, su peso, tanto en términos absolutos como relativos (g/100 g canal) fue mayor en las hembras.

**Tabla 5.20. Valores medios del peso (g) y de la proporción (g·kg<sup>-1</sup> de canal) de las diferentes piezas y categorías comerciales correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>Cuello</b>								
(g)	453	420	441	419	60,5	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	76	69	75	69	0,8	NS	T	NS
<b>Badal</b>								
(g)	451	413	517	407	126,7	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	76	68	87	67	1,8	NS	T	NS
<b>Espalda</b>								
(g)	1115	1138	1067	1094	56,7	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	189	188	182	181	1,0	NS	NS	NS
<b>Pierna</b>								
(g)	2082	2083	1988	2046	72,2	*	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	352	344	340	339	1,5	NS	NS	NS
<b>Costillar</b>								
(g)	1084	1029	977	1065	96,3	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	183	170	167	176	1,2	NS	NS	NS
<b>Falda</b>								
(g)	601	666	613	690	67,9	NS	*	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	101	110	104	114	1,0	NS	*	NS
<b>Rabo</b>								
(g)	131	307	267	317	118,3	NS	*	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	22	46	50	52	1,9	NS	*	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*: (P<0,05).

La proporción de las diferentes categorías no se vio afectada ni por el sistema de alimentación ni el sexo ni su interacción.

### 5.2.3.5. Composición tisular de la espalda

En la Tabla 5.21 figuran los datos de composición tisular de la espalda, correspondientes a cada tratamiento experimental. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) ni debidas al sistema de alimentación ni a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo en la composición tisular de la espalda y en los cocientes entre el peso del músculo y los pesos de la grasa o el hueso.

**Tabla 5.21. Valores medios del peso y de la proporción ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) de músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y desechos (otros) obtenidos en la disección de la espalda y la relación músculo/grasa total y músculo/hueso, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>Músculo</b>								
(g)	691	694	685	662	55,8	NS	NS	NS
( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	628	621	653	617	41,8	NS	NS	NS
<b>Grasa subcutánea</b>								
(g)	58	86	36	71	29,6	NS	*	NS
( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	53	77	35	65	26,4	NS	*	NS
<b>Grasa intermuscular</b>								
(g)	76	87	61	103	26,6	NS	*	NS
( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	69	78	58	96	24,3	NS	*	NS
<b>Hueso</b>								
(g)	221	198	206	193	16,1	NS	*	NS
( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	201	177	196	179	15,3	NS	**	NS
<b>Otros</b>								
(g)	53	50	62	46	22,9	NS	NS	NS
( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	48	45	58	43	19,6	NS	NS	NS
<b>Relación</b>								
Músculo/Grasa Total	3,15	3,52	3,38	3,46	0,442	NS	NS	NS
Músculo/Hueso	5,26	4,19	4,19	4,04	6,734	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*: ( $P < 0,05$ ).

El sexo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el peso y proporción de la grasa subcutánea e intermuscular y del hueso. En lo que respecta a la grasa, las hembras

presentaron valores mayores que los machos. Por el contrario, el peso del hueso y la proporción que representa en el peso total de la espalda fue mayor en los machos.

Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) ni por efecto de la alimentación, ni debidas al sexo en las proporciones entre el músculo con la grasa total y con el hueso.

### 5.2.3.6. Composición química de la canal

En la Tabla 5.22 se presentan los valores medios de contenido de agua, proteína, grasa y cenizas de la canal, correspondientes a cada tratamiento experimental.

**Tabla 5.22. Composición química de la canal (g/kg) correspondiente a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SAxS
<b>Agua</b>	633	604	654	602	22,6	NS	***	NS
<b>Proteína</b>	170	163	173	167	7,4	NS	NS	NS
<b>Grasa</b>	138	173	124	177	28,9	NS	**	NS
<b>Cenizas</b>	43	45	41	44	4,6	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; \*\*\*:  $P<0,001$ ; \*\*: ( $P<0,01$ ).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) ni debidas al sistema de alimentación ni a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo, para ninguna de las variables estudiadas.

El sexo influyó significativamente ( $P<0,05$ ) en el contenido de agua y de grasa pero no de proteína bruta y cenizas. Como cabría esperar, el contenido de grasa fue mayor en la canal de las hembras. Por el contrario, la canal de los machos presentó un mayor contenido de agua.

### 5.2.4. Características de la carne

#### 5.2.4.1. pH, área, pérdidas de agua por presión y cocción, color y textura

En la Tabla 5.23 se recogen los valores medios del área, de pH, de las pérdidas por presión y cocción, de los parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) y de la fuerza necesaria para realizar el corte de la carne, para cada uno de los tratamientos experimentales.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) ni debidas al sexo ni la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo en ninguna de las

variables estudiadas. El sistema de alimentación sólo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en las pérdidas por cocción, cuyo valor fue inferior en los animales del grupo Libre elección de alimentos.

**Tabla 5.23. Valores medios del pH, del área (T6 y T13), de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de los parámetros colorimétricos y de la fuerza de corte (Fuerza) determinados en el músculo Longissimus dorsi, correspondientes a los diferentes tratamientos experimental.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>pH 24</b>	5,54	5,57	5,60	5,59	0,083	NS	NS	NS
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>								
T6	7,3	6,8	6,6	7,4	1,17	NS	NS	NS
T13	11,8	11,5	12,6	13,6	2,32	NS	NS	NS
<b>CRA</b>								
PAP (%)	14,1	14,4	13,3	14,3	1,60	NS	NS	NS
PAC (%)	14,8	14,5	10,1	14,0	2,54	*	NS	NS
<b>Color</b>								
L*	42,8	41,3	42,2	44,6	3,81	NS	NS	NS
a*	10,7	12,3	10,6	10,3	1,87	NS	NS	NS
b*	5,5	5,9	5,2	5,1	1,33	NS	NS	NS
Tono de color	27,5	25,5	26,2	26,5	5,00	NS	NS	NS
Saturación	12,1	13,8	11,9	11,5	2,02	NS	NS	NS
<b>Fuerza (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,7	4,2	5,3	5,4	1,48	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*: ( $P < 0,05$ ).

#### 5.2.4.2. Composición química de la carne

En la Tabla 5.24 figuran los datos de composición química de la carne, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.24. Composición química (g/kg) del músculo Longissimus dorsi lumborum para los diferentes tratamientos experimentales.**

	Control		Libre elección		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		SA	S	SxS
<b>Agua</b>	751	743	755	749	13,6	NS	NS	NS
<b>Proteína</b>	207	209	202	199	10,1	NS	NS	NS
<b>Grasa</b>	21	27	21	29	6,8	NS	*	NS
<b>Cenizas</b>	17	20	18	19	4,1	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: SA (Sistema de alimentación: control y libre elección), S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; \*: ( $P < 0,05$ ).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debidas al sistema de alimentación o a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo en la composición química de la carne. Sin embargo, la carne de las hembras presentó contenidos de grasa significativamente ( $P < 0,05$ ) superiores a los observados en la carne de los machos.

### 5.3. Prueba 3

#### 5.3.1. Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión

La Tabla 5.25 muestra los valores medios de ingestión de paja, de concentrado y materia seca total, correspondientes a los dos genotipos (Assaf y Assaf x Merina) y sexos en el periodo desde el destete hasta el sacrificio de los corderos a los 20 kg de peso. En la misma tabla se recogen los datos de ganancia diaria de peso e índice de conversión.

**Tabla 5.25. Valores medios de ingestión de paja ( $Ipaja$ , g MS animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), de concentrado ( $Iconc$ , g MS animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y materia seca total ( $IMST$ , g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), de ganancia diaria de peso ( $GDP$ , g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) e índice de conversión ( $IC$ , g IMS/ g GDP) para los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	G x S
<b>Ipaja</b>	32 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>	23 <sup>b</sup>	6,0	*	NS	*
<b>Iconc</b>	595	680	687	685	88,2	NS	NS	NS
<b>IMST</b>	627 <sup>b</sup>	708	699	708	91,8	NS	NS	NS
<b>GDP</b>	241	207	326	272	42,7	***	*	NS
<b>IC</b>	2,68	3,42	2,16	2,65	0,408	**	**	NS
<b>Días</b>	23,66	26,83	19,16	23,80	3,643	**	T	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*\*: P<0,001; \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

Ni la ingestión total de materia seca ni la de concentrado resultaron afectadas significativamente (P>0,10) por el genotipo, el sexo o su interacción. La ingestión de paja, por el contrario, fue significativamente mayor en los animales del genotipo Assaf, si bien las diferencias fueron más acusadas en el caso de los machos.

El efecto del genotipo fue estadísticamente significativo (P<0,05) sobre la ganancia diaria de peso, el índice de conversión y la duración del experimento. En lo que respecta a la GDP en ambos sexos los animales del genotipo Assaf x Merino presentaron tasas de crecimiento mayores que los del genotipo Assaf. Asimismo, en ambos genotipos los machos presentaron una ganancia diaria de peso mayor que las hembras. Además, las diferencias entre machos y hembras en la duración del cebo mostraron una tendencia a la significación (P>0,10), siendo el valor medio menor en los machos.

### 5.3.2. Características de la no canal

#### 5.3.2.1. Peso de la no canal y de sus componentes

En la Tabla 5.26 se recogen los valores medios de peso de la no canal y de sus diferentes componentes para cada uno de los tratamientos experimentales.

**Tabla 5.26. Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de la no canal y de sus componentes [sangre, lana, caídos y despojos blancos (D-blancos) y rojos (D-rojos)], correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>No canal</b>								
(g)	8214	8374	8014	7735	330,6	**	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	461	456	451	446	1,2	T	NS	NS
<b>Sangre</b>								
(g)	917	927	1091	1010	93,9	**	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	51	50	61	58	4,9	***	NS	NS
<b>Lana</b>								
(g)	455	547	291	395	81,3	**	**	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	25	30	16	23	4,1	***	**	NS
<b>Caídos</b>								
(g)	3894	3907	3586	3443	217,6	***	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	219	213	202	199	9,7	**	NS	NS
<b>D-blancos</b>								
(g)	1463	1415	1628	1484	178,4	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	82	77	91	86	10,0	*	NS	NS
<b>D-rojos</b>								
(g)	1178	1171	1143	1074	93,6	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	66	64	64	62	5,4	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*\*: P<0,001; \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice por fila difieren significativamente (P<0,05).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas (P>0,05) debido a la interacción entre las fuentes de variación estudiadas ni en el peso de la no canal ni en ninguno de sus componentes.

El sexo no influyó significativamente (P>0,05) en el peso de la no canal ni en la mayoría de sus componentes, a excepción de la lana. En este componente, el peso fue mayor en las hembras que en los machos.

El genotipo afectó ( $P < 0,05$ ) tanto al peso de la no canal como al de de la mayor parte de los componentes, a excepción de los despojos rojos. El peso de la no canal fue mayor en los corderos del genotipo Assaf, siendo estas diferencias consecuencia de un mayor peso de la lana y de los caídos. Por el contrario, el peso de la sangre y de los despojos blancos fueron mayores en los animales del genotipo Assaf x Merino, si bien en el caso del último componente mencionado las diferencias solo alcanzaron significación estadística cuando el peso se expresó en relación con el PVV.

#### **5.3.2.2. Depósitos de grasa interna**

En la Tabla 5.27 se presentan los valores medios del peso de los diferentes depósitos de grasa, expresados en términos absolutos (g) o como proporción del PVV ( $\text{g} \cdot \text{kg PVV}^{-1}$ ) o del total de peso de los depósitos de grasa ( $\text{g/kg GIT}^{-1}$ ), para cada uno de los tratamientos experimentales. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debido a la interacción entre el genotipo y el sexo para ninguna de las variables estudiadas.

El genotipo sólo afectó significativamente ( $P < 0,05$ ) al peso de la GDT y de la G-oment. Por el contrario, el sexo influyó en el peso de todos los depósitos de grasa a excepción de la G-renal. En los casos de la GIT, GDT, G-omenta y G-mesent las hembras presentaron valores superiores a los observados en los machos. Estas diferencias se mantuvieron cuando estos depósitos se expresaron en relación al PVV pero no como proporción de la GIT.

**Tabla 5.27. Valores medios del peso y proporción del peso vivo vacío de los diferentes depósitos adiposos [grasa interna total (GIT), grasa digestiva total (GDT), grasa omental (G-omental), mesentérica (G-mesent) y pélvico-renal (G-renal)] para cada tratamiento experimental.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>GIT</b>								
(g)	431	557	407	456	86,0	T	*	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	24	30	23	26	4,7	NS	*	NS
<b>GDT</b>								
(g)	306	406	274	328	61,1	*	**	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	17	22	15	19	3,3	T	**	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	710	728	676	724	48,9	NS	NS	NS
<b>G-omental</b>								
(g)	155	225	125	167	49,4	*	*	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	9	12	7	10	2,7	T	*	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	356	403	294	363	61,9	T	*	NS
<b>G-mesent</b>								
(g)	151	180	150	161	20,3	NS	*	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	8	10	8	9	1,1	NS	*	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	354	325	381	361	55,9	NS	NS	NS
<b>G-renal</b>								
(g)	125	151	132	128	37,2	NS	NS	NS
(g·kg PVV <sup>-1</sup> )	7	8	8	7	2,1	NS	NS	NS
(g·kg GIT <sup>-1</sup> )	290	272	324	276	48,9	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*: P<0,01; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

### 5.3.2.3. Composición química de la no canal

En la Tabla 5.28 se presentan los valores medios de contenido de agua, proteína, grasa y cenizas de la no canal.

Tal y como puede apreciarse, se observaron diferencias significativas (P<0,05) debidas al sexo de los animales en el contenido de agua y de grasa de la no canal. El contenido de agua fue menor y el de grasa mayor en las hembras que en los machos.

**Tabla 5.28. Composición química (g/kg) de la no canal para cada uno de los tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>Agua</b>	677	646	694	683	21,1	*	**	NS
<b>Proteína</b>	171	179	174	172	7,7	NS	NS	NS
<b>Grasa</b>	111	129	92	98	16,0	**	*	NS
<b>Cenizas</b>	30	33	31	30	2,9	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; \*\*: P<0,01; \*: P<,05.

El genotipo afectó de forma estadísticamente significativa (P<0,05) al contenido de agua y de grasa pero no de proteína. Los animales de genotipo Assaf mostraron valores de contenido de agua menores que los del cruce Assaf x Merino. En el contenido de grasa se produjo la situación opuesta, con mayores valores para el genotipo Assaf.

El efecto de la interacción entre las fuentes de variación no fue estadísticamente significativo en ningún caso (P>0,05).

### 5.3.3. Características de la canal

#### 5.3.3.1. Peso canal caliente y fría, pérdidas por oreo, rendimientos comercial y verdadero

En la Tabla 5.29 se presentan los valores promedios del peso de la canal caliente y fría, los porcentajes de las pérdidas por oreo y de los rendimientos comercial y verdadero, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.29. Valores medios del peso de la canal caliente (PCC) y fría (PCF), pérdidas por oreo (PO) y de los rendimientos comercial (RC) y verdadero (RV), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>PCC (g)</b>	9589 <sup>a</sup>	9986 <sup>b</sup>	9761 <sup>ab</sup>	9604 <sup>a</sup>	0,3	NS	NS	*
<b>PCF (g)</b>	9367 <sup>a</sup>	9754 <sup>b</sup>	9491 <sup>ab</sup>	9344 <sup>a</sup>	0,3	NS	NS	*
<b>PO (%)</b>	2,31	2,32	2,77	2,71	0,200	***	NS	NS
<b>RC (%)</b>	46,4	48,7	46,4	46,8	1,27	T	*	T
<b>RV (%)</b>	52,6	53,1	53,4	53,9	1,18	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*\*: P<0,001; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

El efecto del sexo únicamente fue significativo ( $P<0,05$ ) en el caso del rendimiento comercial, observándose los mayores valores en las canales de las hembras. No obstante, en lo que se refiere al PCC y PCF el efecto del sexo varió con el genotipo, encontrándose diferencias significativas dentro del genotipo Assaf. En este genotipo, las canales fueron más pesadas en las hembras que en los machos.

Ni el peso de la canal, caliente o fría, ni los rendimientos resultaron afectados significativamente ( $P>0,05$ ) por el genotipo. Por el contrario, las diferencias observadas entre genotipos en las pérdidas por oreo fueron altamente significativas ( $P<0,001$ ), con menores valores en las canales de los animales del genotipo Assaf.

### 5.3.3.2. pH y Color

En la Tabla 5.30 figuran los valores medios del pH, medido en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* y en la cara interna del músculo *Semimembranosus*, y los parámetros colorimétricos [luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ), tono de color y saturación] de la grasa subcutánea de la canal, en la zona de la base de la cola, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.30. Valores medios de pH (a las 0 y 24 horas post mortem) en los músculos *Longissimus dorsi thoracis* (L.Dorsi) y *Semimembranosus* (Semi)] y parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , tono y saturación) de la grasa subcutánea (maslo de la cola,) correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>pH LDorsi</b>								
Hora 0	6,50	6,38	6,40	6,31	0,126	NS	NS	NS
Hora 24	5,75	5,76	5,68	5,67	0,124	NS	NS	NS
<b>pH Semi</b>								
Hora 0	6,40	6,30	6,46	6,45	0,207	NS	NS	NS
Hora 24	5,64	5,63	5,71	5,71	0,097	NS	NS	NS
<b>Color grasa</b>								
$L^*$	65,58	69,93	71,53	68,80	4,265	NS	NS	T
$a^*$	4,87	3,03	3,01	2,70	1,204	*	*	NS
$b^*$	7,69	7,42	9,03	11,24	2,086	*	NS	NS
Tono	57,07	67,36	68,74	76,57	10,656	*	T	NS
Saturación	9,33 <sup>a</sup>	8,07 <sup>a</sup>	9,67 <sup>ab</sup>	11,58 <sup>b</sup>	1,754	*	NS	*

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; T:  $P<0,10$ , \*:  $P<0,05$ .

Ni el genotipo ni el sexo influyeron ( $P>0,10$ ) en los valores de pH medido en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* a las 0 y 24 horas.

Los parámetros  $a^*$ ,  $b^*$  y Tono de la grasa subcutánea variaron significativamente ( $P<0,05$ ) con el genotipo, siendo el valor de los parámetros  $b^*$  y Tono menores en los animales del genotipo Assaf. Los resultados opuestos se observaron para el parámetro  $a^*$ , con valores mayores en las canales procedentes de corderos de este genotipo. En el caso de la saturación, el genotipo influyó significativamente ( $P<0,05$ ) pero únicamente cuando se compararon las hembras, presentando las hembras de raza Assaf valores menores que las del genotipo Assaf x Merina.

El sexo afectó de forma estadísticamente significativa ( $P<0,05$ ) al índice de amarillo de la grasa subcutánea, presentando mayores valores en los machos.

### **5.3.3.3. Medidas morfológicas**

En la Tabla 5.31 figuran los valores medios de las diferentes medidas morfométricas tomadas en la canal entera y en la media canal, así como de los índices de compacidad de la canal y de la pierna, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

Se observaron diferencias significativas ( $P<0,05$ ) debidas al genotipo en la anchura y perímetro de la grupa, con mayores valores en los animales del genotipo Assaf. No obstante, en el caso del último parámetro señalado este efecto estuvo condicionado por el sexo de los animales, siendo mucho más marcado en el caso de las hembras.

El sexo determinó diferencias significativas ( $P<0,05$ ) en la longitud interna de la canal y en la profundidad de la pared torácica, correspondiendo los mayores valores a las hembras.

**Tabla 5.31. Valores medios del perímetro de la grupa (B), anchura de la grupa (G), anchura del tórax (Wr), longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad del tórax (Th), espesor de la grasa subcutánea, profundidad de la pared torácica e índices de compacidad de la canal (ICC) y de la pierna (ICP), correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>B (cm)</b>	52,3 <sup>b</sup>	53,9 <sup>c</sup>	51,3 <sup>ab</sup>	51,0 <sup>a</sup>	0,95	***	NS	*
<b>G (cm)</b>	19,1	19,5	18,7	18,5	0,68	*	NS	NS
<b>Wr (cm)</b>	18,7	17,3	18,5	18,7	1,02	NS	NS	T
<b>L (cm)</b>	47,9	49,8	48,7	49,8	1,34	NS	*	NS
<b>F (cm)</b>	32,8	32,7	33,0	33,1	1,52	NS	NS	NS
<b>Th (cm)</b>	22,8	23,1	22,2	22,8	0,78	NS	NS	NS
<b>Espesor (cm)</b>	0,19	0,17	0,17	0,19	0,122	NS	NS	NS
<b>Profundidad (cm)</b>	0,34	0,42	0,29	0,41	0,091	NS	*	NS
<b>ICC (g·cm<sup>-1</sup>)</b>	196	196	195	188	7,2	NS	NS	NS
<b>ICP (g·cm<sup>-1</sup>)</b>	0,58	0,60	0,57	0,56	0,364	T	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*\*: P<0,001; \*: P<0,05. <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

#### 5.3.3.4. Despiece (composición regional)

En la Tabla 5.32 se presenta el valor medio del peso de las diferentes piezas comerciales de la canal (cuello, badal, espalda, pierna, costillar, falda y rabo), correspondientes a cada tratamiento experimental.

Se observaron solamente diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) debidas a la interacción entre el genotipo y el sexo en el peso de la espalda, siendo mucho más marcado en el caso de las hembras. En lo que respecta a los efectos principales, el genotipo influyó significativamente (P<0,05) en el peso del badal y el rabo. En ambas variables los corderos de raza Assaf, fueron los que presentaron un peso mayor que los corderos Assaf x Merino, tanto en términos absolutos (g) como relativos (g/kg).

**Tabla 5.32. Valores medios del peso (g) y de la proporción (g·kg<sup>-1</sup> de canal) de las diferentes piezas comerciales correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>Cuello</b>								
(g)	334	330	353	355	51,5	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	70	66	74	75	9,8	NS	NS	NS
<b>Badal</b>								
(g)	369	344	309	301	48,3	*	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	77	69	65	63	8,8	*	NS	NS
<b>Espalda</b>								
(g)	859 <sup>ab</sup>	888 <sup>d</sup>	894 <sup>b</sup>	839 <sup>a</sup>	33,4	NS	NS	**
(g·kg <sup>-1</sup> )	180	178	189	178	8,5	NS	T	NS
<b>Pierna</b>								
(g)	1622	1664	1627	1621	69,9	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	340	334	344	343	11,7	NS	NS	NS
<b>Costillar</b>								
(g)	777	884	813	856	57,4	NS	**	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	163	177	172	181	10,1	NS	**	NS
<b>Falda</b>								
(g)	533	519	536	547	41,8	NS	NS	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	112	104	113	116	8,5	NS	NS	NS
<b>Rabo</b>								
(g)	118	207	64	73	64,6	*	T	NS
(g·kg <sup>-1</sup> )	25	41	14	15	12,6	*	T	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*: P<0,01; \*: P<0,05.

Al estudiar el efecto debido al sexo se observaron diferencias significativas (P<0,05) en el peso y proporción del costillar, siendo los valores promedio menores en los machos que en las hembras. También se observó una tendencia a la significación estadística (P<0,10) en la proporción que representa el peso de la espalda y el rabo respecto al peso de la canal, si bien de diferente signo. En el caso de la espalda, los menores valores se observaron en las hembras; por el contrario, el peso del rabo, y su proporción en la canal, fue mayor en las hembras que en los machos.

### 5.3.3.5. Composición tisular de la espalda

En la Tabla 5.33 figuran los datos de composición tisular de la espalda, correspondientes a cada tratamiento experimental.

**Tabla 5.33. Valores medios del peso y de la proporción ( $g \cdot kg^{-1}$ ) de músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y desechos (otros) obtenidos en la disección de la espalda y la relación músculo/grasa total y músculo/hueso, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	RxS
<b>Músculo</b>								
(g)	535 <sup>a</sup>	563 <sup>bc</sup>	575 <sup>c</sup>	544 <sup>ab</sup>	19,3	NS	NS	**
( $g \cdot kg^{-1}$ )	62,5	64,1	65,1	64,7	1,42	*	NS	NS
<b>Grasa subcutánea</b>								
(g)	32	52	18	28	11,7	**	**	NS
( $g \cdot kg^{-1}$ )	3,8	5,9	2,0	3,4	1,30	**	**	NS
<b>Grasa intermuscular</b>								
(g)	74	68	72	79	18,3	NS	NS	NS
( $g \cdot kg^{-1}$ )	8,6	7,8	8,1	9,3	2,12	NS	NS	NS
<b>Hueso</b>								
(g)	180	168	183	163	13,9	NS	*	NS
( $g \cdot kg^{-1}$ )	21,0	19,1	20,8	19,4	1,34	NS	**	NS
<b>Otros</b>								
(g)	35	28	35	27	8,9	NS	T	NS
( $g \cdot kg^{-1}$ )	4,1	3,2	4,0	3,2	1,08	NS	T	NS
<b>Relación</b>								
Músculo/Grasa Total	5,09	4,76	6,83	5,38	1,253	*	NS	NS
Músculo/Hueso	2,98	3,38	3,14	3,34	0,244	NS	**	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; T:  $P < 0,10$ , \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,05$ . <sup>a,b,c</sup>. Los valores con diferente superíndice dentro de cada fila difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) debidas al genotipo en el peso y proporción de la grasa subcutánea, en la proporción del músculo y en la relación músculo/grasa. Los corderos de genotipo Assaf presentaron un mayor peso y proporción de grasa subcutánea y una menor proporción de músculo en la espalda y, como consecuencia, un menor valor en el cociente entre el peso del músculo y la grasa.

El sexo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en el peso y proporción de grasa subcutánea y hueso en la espalda pero de diferente forma. Así, las hembras presentaron un mayor engrasamiento subcutáneo de la espalda pero un menor peso y proporción de hueso. Las diferencias debidas al sexo también se observaron en el peso del músculo, si bien este efecto varió con el genotipo, tal y como indica el efecto significativo de la interacción entre las fuentes de variación.

Las diferencias observadas entre sexos en el componente “otros” mostraron una tendencia a la significación ( $P < 0,10$ ), con un comportamiento similar al ya señalado para el peso del hueso.

### 5.3.3.6. Composición química de la canal

En la Tabla 5.34 se recogen los datos de composición química de la canal, correspondientes a cada tratamiento experimental.

**Tabla 5.34. Composición química de la canal (g/kg) correspondiente a los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>Agua</b>	641	622	655	635	23,2	NS	T	NS
<b>Proteína</b>	167	168	173	173	5,5	*	NS	NS
<b>Grasa</b>	150	161	121	145	29,9	T	NS	NS
<b>Cenizas</b>	40	42	38	38	2,7	*	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P > 0,10$ ; T:  $P < 0,10$ , \*:  $P < 0,05$ .

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) debidas a la interacción entre la raza y el sexo para ninguna de las variables estudiadas.

En lo que respecta al efecto del sexo, únicamente las diferencias observadas en el contenido de agua mostraron una tendencia a la significación ( $P < 0,10$ ), con valores superiores en la canal de los machos.

El genotipo influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en los contenidos de proteína y cenizas. Los corderos de genotipo Assaf presentaron valores superiores de cenizas e inferiores de proteína, respecto a los corderos Assaf x Merino. Además, se observó una tendencia a la significación ( $P > 0,05$ ) en el contenido de la grasa, con un comportamiento similar al ya señalado para el contenido de cenizas.

### 5.3.4. Características de la carne

#### 5.3.4.1. pH, color, área, pérdidas de agua por presión y cocción y textura

En la Tabla 5.35 figuran los valores medios del pH, de la luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ), tono de color y saturación, del área, de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de la fuerza de corte máxima del músculo *Longissimus dorsi*, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,10$ ) debidas a la interacción entre el genotipo y el sexo. En cambio, el genotipo influyó sobre el pH y la luminosidad del músculo, siendo el valor de pH menor y de luminosidad mayor en los corderos de genotipo Assaf.

**Tabla 5.35. Valores medios del pH, del área (T6 y T13), de las pérdidas de agua por presión (PAP) y por cocción (PAC), de los parámetros colorimétricos y de la fuerza de corte (Fuerza) determinados en el músculo *Longissimus dorsi*, correspondientes a los diferentes tratamientos experimental.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>pH 24</b>	5,54	5,54	5,61	5,63	0,073	**	NS	NS
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>								
T6	7,0	6,2	6,2	5,6	1,14	NS	NS	NS
T13	10,7	12,3	12,0	11,6	1,65	NS	NS	NS
<b>PAP (%)</b>	14,0	13,1	13,5	11,1	1,79	NS	*	NS
<b>PAC (%)</b>	13,5	12,9	13,8	12,6	2,38	NS	NS	NS
<b>Color</b>								
$L^*$	43,0	45,0	42,4	41,7	2,17	*	NS	NS
$a^*$	12,2	10,6	10,6	11,0	1,67	NS	NS	NS
$b^*$	6,8	6,2	5,7	5,4	1,38	T	NS	NS
Tono de color	28,9	30,2	28,0	26,0	4,12	NS	NS	NS
Saturación	14,0	12,3	12,0	12,2	1,97	NS	NS	NS
<b>Fuerza (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,2	3,7	5,0	4,2	1,16	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS:  $P>0,10$ ; T:  $P<0,10$ , \*\*\*:  $P<0,001$ .

El efecto del sexo únicamente resultó significativo para las pérdidas por presión (PAP), siendo éstas mayores en la carne de los machos que de las hembras.

### 5.3.4.2. Composición química de la carne

En la Tabla 5.36 figuran los datos de composición química de la carne, correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales.

**Tabla 5.36. Composición química de la carne (g/kg) para los diferentes tratamientos experimentales.**

	Assaf		Assaf x Merino		RSD	<sup>1</sup> Nivel de significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras		G	S	GxS
<b>Agua</b>	754	742	755	736	13,5	NS	*	NS
<b>Proteína</b>	205	210	205	216	9,7	NS	T	NS
<b>Grasa</b>	19	28	19	26	6,7	NS	**	NS
<b>Cenizas</b>	15	18	13	13	2,2	***	NS	NS

<sup>1</sup> Fuentes de variación: G (Genotipo: Assaf y AssafxMerino). S (sexo); Nivel de significación: NS: P>0,10; T: P<0,10, \*\*\*: P<0,001.

El efecto de la interacción entre las fuentes de variación estudiadas no fue estadísticamente significativo (P>0,10) en ninguno de los parámetros químicos considerados.

Los contenidos de agua y de grasa de la carne se vieron afectados significativamente (P<0,05) por el sexo de los animales, siendo el contenido de agua mayor y el de grasa menor en los machos que en las hembras. Las diferencias observadas entre sexos en el contenido de proteína mostraron una tendencia a la significación (P<0,10), con menores valores en la carne de los corderos machos.

El genotipo únicamente influyó significativamente en el contenido de cenizas, que fue superior en la carne de los animales de genotipo Assaf.

## 6. Discusión

### 6.1. Prueba 1

#### 6.1.1. Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión

Los animales criados con los diferentes sistemas de alimentación no presentaron problemas sanitarios y, de acuerdo con el diseño experimental, la ingestión registrada para los animales del grupo LA-ad fue superior a la de los del grupo LA-rest. Cabe señalar que la ingestión del grupo LA-ad fue similar a la observada para corderos de razas Churra criados en condiciones similares (Peláez, 1976; Castrillo, 1979a; Manso *et al.*, 1998a).

Consecuencia de estas diferencias en la ingestión, la ganancia diaria de peso fue también menor en los corderos del grupo LA-rest que en los de LA-ad. Cabe señalar que la ganancia diaria de peso de los corderos del grupo LA-ad fue superior a la registrada por otros autores en corderos lechales de raza Churra, criados con diferentes sustitutivos lácteos pero administrado también a voluntad en dos tomas como en el presente experimento (Castrillo, 1979a; Manso *et al.*, 1998a), lo que podría ser consecuencia de diferencias en la composición de la ganancia de peso.

Por otra parte, los corderos criados mediante lactancia natural presentaron valores de ganancia diaria de peso mayores que los de LA-ad, lo que está en concordancia con lo señalado por otros autores (Lanza *et al.*, 2006; García y Palacios, 2008).

Las diferencias observadas probablemente obedecen a diferencias en la ingestión de leche. Hay que tener presente que la permanencia continua de los corderos con su madre permite el acceso frecuente al alimento (3 o 4 vs. 12 h), influyendo no solo en la ingestión sino también en la digestibilidad (Mantecón, 2001; Lanza *et al.*, 2006).

Por otra parte, es sabido que las razas autóctonas españolas, como la Churra, Manchega, Lacha o Castellana, son menos productoras de leche que las ovejas de raza Assaf o Awassi (Ugarte *et al.*, 2001; Ramella, 2002; Lurueña-Martínez *et al.*, 2010). Por lo tanto, no es sorprendente que los valores promedio de ganancia diaria y edad al sacrificio de los corderos del grupo LN fueran similares a los reportados por Al-Jassim *et al.* (1999) en corderos lechales de raza Awassi y mayores que los reportados para corderos criados naturalmente en diferentes razas españolas (Vergara *et al.*, 1994; Cañeque *et al.*, 1990 y 1998; De La Fuente *et al.*, 1998; Velasco, 1998a; Lauzurica *et al.*, 1999; Beriain *et al.*, 2000; Gutiérrez, 2006; Miguélez *et al.*, 2007).

Al no disponer de datos de ingestión en los corderos del grupo LN no fue posible comparar el índice de conversión de los 3 sistemas estudiados. Las diferencias observadas entre los dos sistemas de lactancia artificial son fundamentalmente debidas a las diferencias en la ingestión, ya que no se observaron diferencias relevantes en la composición corporal (ver Tablas 5.4 y 5.10).

El sexo no influyó significativamente en ninguno de los parámetros evaluados, lo que está en concordancia con los resultados señalados por Castrillo (1979a) y Maseda *et al.* (1984b), quienes no hallaron diferencias entre machos y hembras de corderos de raza Churra y Manchega, respectivamente, alimentados mediante lactancia artificial. No obstante, el efecto del sexo a edades tan tempranas parece depender de la raza. Así, por ejemplo, Valls (1980) observó diferencias en el ritmo de crecimiento atribuibles al sexo, en corderos de raza Gallega procedentes de partos simples, dobles o triples alimentados con leche materna o mediante lactancia artificial.

## **6.1.2. Características de la no canal**

### **6.1.2.1.- Peso de la no canal y de sus componentes**

El sistema de alimentación no influyó en el peso de la no canal en su conjunto pero sí en el peso de los diferentes componentes, expresados en términos absolutos o como proporción del PVV, a excepción de la sangre.

Las diferencias observadas en algunos de los componentes probablemente fueron consecuencia de las diferencias existentes en la edad al sacrificio de los animales. Así, por ejemplo, el mayor y menor peso de la lana correspondió a los grupos LA-rest y LN, respectivamente, y la edad al sacrificio mostró el mismo patrón.

No obstante, diferentes autores señalan que la calidad y cantidad de los nutrientes influye en el crecimiento diario de la lana (Russel, 1992; Pajak *et al.*, 1993). De hecho, si la velocidad de crecimiento de la lana no se hubiera visto afectada cabría esperar una mayor diferencia en el peso de este componente entre los tres grupos experimentales.

El desarrollo del tracto digestivo en la fase de lactancia está muy influido por el nivel de alimentación. Tejón-Tejón *et al.* (1996) evaluando corderos lechales de las razas Rubia del Molar y Colmenareña, observaron en ambas razas que los corderos alimentados con sus madres (LN) presentaron diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo del tracto digestivo con valores de peso mayores en el rumen, retículo,

omaso y abomaso respecto de los corderos alimentados mediante un sustitutivo lácteo (LA). Sin embargo, es importante aclarar que no se observaron diferencias en los pesos del intestino delgado y del grueso.

Como se discutió anteriormente, la mayor ganancia diaria de peso observada en el grupo LN respecto al grupo LA-ad sugiere diferencias en la ingestión de leche. Sobre esta base, *a priori* cabría esperar diferencias en el desarrollo del tracto digestivo. Sin embargo, no se observaron diferencias entre ambos grupos en el peso de los despojos blancos ni en términos absolutos ni relativos.

La ausencia de diferencias entre los grupos LN y LA-ad podría guardar relación con un efecto modulador de la frecuencia de alimentación. De hecho, Walker *et al.* (1967) observaron que los corderos que recibieron el alimento solamente en dos tomas diarias presentaron valores mayores de peso del abomaso, respecto a aquellos que recibieron el alimento distribuido en un mayor número de tomas (3 y 6 tomas al día).

En lo que se refiere al peso de los despojos rojos, la situación fue la opuesta a la señalada para los despojos blancos y podría estar relacionada con la diferencia observada en la edad al sacrificio. Huidobro y Cañeque (1994c), evaluando corderos machos enteros de raza Manchega entre 15 y 35 kg de peso, clasificaron al bazo, los pulmones y el páncreas como órganos de crecimiento isométricos pero al hígado como tardío, por lo que una mayor edad al sacrificio podría haber determinado un mayor peso de este órgano. En cambio, Álvarez *et al.* (2009) evaluando el desarrollo de órganos y tejidos en corderos de raza Churra Tensina sacrificados a los 11, 22 y 32 kg de peso, observaron que el bazo y los pulmones con la tráquea presentaron un crecimiento precoz, mientras que el hígado fue isométrico. Por su parte, Peña *et al.* (1989) evaluando canales de diferentes pesos (<8; 8-11; 11-13; 13-16 y >16 kg) en corderos de raza Segureña, observaron que tanto el hígado como los pulmones y la tráquea son órganos de crecimiento isométricos.

La ausencia de diferencias debidas al sexo en el peso de la no canal y la mayor parte de sus componentes está en concordancia con lo observado por otros autores en corderos lechales de otras razas autóctonas (López *et al.*, 1992; Velasco *et al.*, 2000; Pérez-Meléndez *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2014). No obstante, otros autores han señalado diferencias, de escasa magnitud pero significativas, atribuibles al sexo en las proporciones respecto al PVV de diferentes componentes de la no canal, tales como los caídos (piel,

cabeza y extremidades), en el aparato digestivo e incluso algunos órganos incluidos en los despojos rojos (Castrillo, 1979a).

En el presente estudio, el sexo únicamente influyó de forma estadísticamente significativa en el peso de la lana, presentado las hembras un mayor contenido de lana que los machos. Estas diferencias, no obstante, fueron de escasa magnitud, claramente inferiores a las observadas entre los sistemas de alimentación. Aunque las diferencias entre machos y hembras en la edad al sacrificio no fueron significativas, la mayor edad de las hembras podría explicar, en parte, las diferencias observadas.

La piel es un órgano cuyo desarrollo depende también de la edad (Palsson y Verges, 1952) y otros autores también han observado, en corderos lechales, un mayor peso de la piel en los machos que en las hembras (Castrillo, 1979a). De igual forma se han observado diferencias en el peso de la cabeza atribuibles al diferente grado de precocidad de las hembras y los machos (Castrillo, 1979a) y también al hecho de que el desarrollo de la cabeza sería un carácter secundario de los machos (Price, 1975). Estos efectos podrían explicar el menor peso relativo (proporción sobre el PVV) de los caídos en las hembras observado en el presente estudio.

#### **6.1.2.2. Depósitos de grasa interna**

Es sabido que el contenido de grasa es la característica más variable de la composición corporal del cordero y que, a peso constante, se ve influido notablemente tanto por la alimentación como por el sexo (Castrillo y Sanz Arias, 1979b; Presscott, 1982).

En el presente estudio, los animales del grupo LN presentaron los mayores valores de grasa interna, omental y renal y los menores de grasa mesentérica, situándose los corderos del grupo LA-rest en el extremo opuesto. Estas diferencias probablemente fueron consecuencia de diferencias en la ingestión de leche y en la precocidad de los diferentes depósitos evaluados.

En general, el contenido de grasa corporal disminuye al disminuir el nivel de ingestión, aunque este efecto puede variar con la precocidad de la raza y el depósito de grasa considerado (Carstens *et al.*, 1991; Kabbali *et al.*, 1992). En concordancia con nuestros resultados, Valls (1980) observó un mayor contenido de grasa renal en corderos criados mediante lactancia natural que en aquellos criados mediante lactancia artificial.

Castrillo (1979a) también observó una mayor deposición de grasa renal al aumentar la ingestión de energía en corderos de raza Churra. Vergara *et al.* (2001), sin embargo, no observaron diferencias significativas en la cantidad de grasa pélvico-renal en corderos lechales de raza Manchega alimentados con lactancia natural o artificial.

En general, el depósito de grasa pélvico-renal es más precoz que el omental (Prud'hon, 1976; Wood *et al.*, 1980; Jones, 1982) y este patrón biológico tal vez sea la causa del mayor contenido de grasa pélvico-renal observado en nuestro estudio.

La evolución opuesta del depósito de grasa mesentérica respecto a los otros depósitos sugiere un patrón diferente. A este respecto, cabe mencionar que Manso *et al.* (1998a) observaron un mayor contenido de grasa omental y pélvico-renal en corderos lechales de raza Churra sacrificados a similar edad pero criados con diferente nivel de ingestión. Sin embargo, las diferencias en la proporción que representó la grasa mesentérica respecto al peso vivo vacío no fueron estadísticamente significativas a pesar de que la diferencia entre los valores medios del peso al sacrificio de los corderos de ambos grupos fue superior al 30% (9572 vs. 6524 g).

En general, la deposición de grasa es más precoz en las hembras, aunque el efecto del sexo se manifiesta a diferentes edades según la raza. Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman que en la raza Assaf el sexo puede afectar a la composición corporal en edades tempranas, de forma similar a lo observado en diferentes razas autóctonas (Castrillo, 1979a; Valls, 1980; Maseda *et al.*, 1984b; Cañeque *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2003a y b).

Independiente del efecto de la alimentación y del sexo, los valores grasa interna total fueron menores a los señalados por Beriain *et al.* (2000) en las razas Lacha y Rasa Aragonesa o por Sanz *et al.* (2008) en la raza Churra Tensina, y mayores a los publicados por Díaz, (2001) en corderos lechales de raza Manchega. Respecto al depósito de grasa pélvico-renal, los valores registrados fueron similares a los señalados por Sancha *et al.* (1996) y Cañeque *et al.* (1997) en la raza Talaverana y mayores a los reportados por Díaz *et al.* (2003a y b) en la raza Manchega, por Miguélez *et al.* (2006) en las razas Churra, Castellana y Ojalada o por Vacca *et al.* (2008) en la raza Mouflon x Sarda y Sarda x Sarda. Por el contrario, fueron menores a los publicados por Santos *et al.* (2007) en la raza Churra da Terra Quente o por Sanz *et al.* (2008) en la raza Churra Tensina.

### **6.1.2.3. Composición química de la no canal**

Las diferencias observadas entre los sistemas de alimentación en el peso de los diferentes componentes de la no canal no se tradujeron en variaciones en la composición química de la no canal, lo que sugiere que el efecto del mayor peso de algunos componentes sobre la composición química se compensó con el menor peso y diferente composición de otros componentes.

Castrillo (1979a), en corderos lechales de raza Churra sacrificados a los 8 y 12 kg de peso, observó un incremento en el contenido de grasa y un descenso en los contenidos de agua y de proteína, expresados en relación al peso vivo vacío esquilado (PVVE) o de la canal, al aumentar la ingestión diaria de energía. Como se discutirá en un apartado posterior, en el presente estudio también se observó un efecto similar sobre la composición de la canal. Estos autores, sin embargo, no analizaron el efecto específico sobre la no canal.

Como cabría esperar, dadas las diferencias observadas en los depósitos de grasa interna, la no canal de las hembras presentó un mayor contenido de grasa y un menor contenido de proteína. Estos resultados estuvieron en concordancia con los señalados por otros autores (Palsson y Verges, 1952; Castrillo, 1979a) y fueron consecuencia de la mayor precocidad de las hembras, que se tradujo en un mayor desarrollo de aquellos órganos y tejidos de desarrollo tardío, como es el tejido adiposo, y menor de algunos órganos de maduración precoz, como puede ser la cabeza y, por extensión, los caídos.

### **6.1.3. Calidad de la canal**

#### **6.1.3.1. Peso canal caliente, pérdidas por oreo, rendimientos, conformación y grado de engrasamiento**

Las diferencias observadas entre sistemas de cría en el peso de la canal caliente mostraron una tendencia a la significación, siendo el valor de este parámetro mayor en los animales del grupo LA-rest respecto a los otros dos tratamientos experimentales. Las pérdidas por oreo, así como el rendimiento verdadero, también fueron mayores para las canales procedentes de los animales del grupo LA-rest.

El mayor peso de la canal y, por extensión del rendimiento, probablemente fueron consecuencia, en parte, de diferencias en el contenido digestivo. De acuerdo con el diseño experimental, la ingestión del grupos LA-rest fue un 30% inferior a la del grupo LA-

ad. La mayor ganancia diaria de peso de los corderos del grupo LN también sugiere una mayor ingestión de alimento, incluso respecto al grupo LA-ad. Estas diferencias en la ingestión permiten explicar las diferencias observadas en el contenido digestivo, que representó el  $7,5 \pm 0,47$ ;  $6,4 \pm 0,60$  y  $5,5 \pm 0,75$  % del PV al sacrificio para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente.

Cabe señalar, no obstante, que los valores de rendimiento comercial correspondientes al grupo LN se encontraron dentro del rango de valores recogidos para corderos lechales criados mediante lactancia natural de las razas Manchega, Churra, Castellana, Ojinegra y Merina (Huidobro y Cañeque, 1993a; Sañudo *et al.*, 1997; Lauzurica *et al.*, 1999; Martínez-Cerezo *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2003a; Alcalde *et al.*, 2005; Sanz *et al.*, 2008; Ripoll-Bosch *et al.*, 2012).

Las diferencias halladas en las pérdidas por oreo atribuibles al sistema de alimentación podrían estar relacionadas con aquellas observadas en el grado de engrasamiento, con una menor proporción de grasa de cobertura en los animales del grupo LA-rest. En este sentido, es bien conocido que el contenido de grasa presenta un efecto directo sobre esta variable debido a que se produce un proceso de ralentización en la evaporación del agua, reduciéndose en consecuencia las pérdidas por refrigeración (Johnson *et al.*, 1988).

La valoración subjetiva del grado de engrasamiento, por otra parte, estuvo en consonancia con los datos de disección de la espalda, que revelaron una menor deposición de grasa subcutánea en la canal del grupo LA-rest.

Diferentes estudios han puesto de manifiesto que la ingestión de energía y el ritmo de crecimiento influyen fundamentalmente en la deposición de grasa (Craddock *et al.*, 1974; Castrillo, 1979a). En corderos lechales, Luaces *et al.* (2007) observó una menor deposición de grasa subcutánea en la canal de corderos procedentes de partos dobles que aquellos otros procedentes de partos simples, lo que probablemente estuvo relacionado con una menor ingestión y ritmo de crecimiento en los corderos de partos dobles.

Los valores de grado de engrasamiento de la canal registrados en el presente estudio, para los corderos del grupo LN, fueron superiores a los obtenidos por Díaz *et al.* (2003a) y Miguel *et al.* (2003) en corderos de raza Manchega, por Martínez-Cerezo *et al.* (2005) en corderos de las razas Rasa Aragonesa, Churra y Merina, por Camacho *et al.*

(2009) en corderos de raza Canaria y Canaria de Pelo, por Sanz *et al.* (2008) en corderos de raza Churra Tensina o por Ripoll-Bosch *et al.* (2012) en corderos de raza Ojinegra. Estas diferencias podrían ser consecuencia del mayor potencial de producción de leche de la raza Assaf, respecto a las razas autóctonas señaladas. No obstante, la comparación efectuada debe interpretarse con precaución al tratarse de una valoración subjetiva. Además, el efecto de la alimentación sobre la deposición de grasa es variable, existiendo resultados contradictorios en la bibliografía consultada (Castrillo, 1979a; Huidobro y Cañeque, 1993b; Lanza *et al.*, 2006).

Las diferencias observadas entre sistemas de alimentación en la conformación de la canal estuvieron en concordancia con los valores del grado de engrasamiento, siendo menor la puntuación asignada a las canales procedentes del grupo LA-rest y mayor la correspondiente al grupo LN.

La conformación de la canal ha sido definida como “el espesor de los planos musculares y adiposos en relación con el tamaño del esqueleto” (De Boer *et al.*, 1974) y los efectos que produce la alimentación repercuten de forma directa sobre estos componentes. En el presente estudio, el índice de compacidad de la canal fue superior en el grupo LN que en los animales criados mediante lactancia artificial, lo que unido al mayor grado de engrasamiento anteriormente señalado, determinaría diferencias en la conformación.

La evaluación de la conformación en esta categoría de corderos presenta, no obstante, algunas particularidades. Sánchez *et al.* (1998) señala que la canal incluida en la denominación de “Lechazo de Castilla y León” debe caracterizarse por presentar escaso desarrollo muscular, aspecto longilíneo y perfiles planos e incluso ligeramente cóncavos con una nota de engrasamiento escasa (tipo 2 sobre una puntuación máxima de 4). Sierra *et al.* (1994) evaluando corderos de las Churra, Castellana, Awassi y Manchega, observaron diferencias raciales en la conformación y engrasamiento, donde la mejor puntuación en la conformación correspondió a las canales de la raza Manchega (3,02), seguida de la Churra (2,94), Castellana y Awassi; en esta última, los autores señalaron que la nota inferior en la morfología de las canales posiblemente se debió a su menor edad y peso. Por otra parte, las canales de los corderos de raza Churra presentaron un grado de engrasamiento mayor al resto y considerada como mejor terminada, Tomando en cuenta estos resultados, los valores observados en nuestro estudio podrían estar

indicando que los corderos lechales de raza Assaf, presentan una mejor conformación que las razas anteriormente mencionadas y un grado de engrasamiento similar a los corderos de la raza Churra. Valores que indicarían un alto grado de precocidad y características sensoriales deseables según el criterio de Sierra *et al.* (1994).

Contrariamente a lo esperado, el sexo no influyó significativamente en ninguno de los parámetros evaluados. La ausencia de efecto sobre el peso de la canal concuerda con los resultados observados por López *et al.* (1992) y Horcada *et al.* (1998) en corderos de raza Lacha, por Velasco (2001) en corderos de raza Talaverana, Lauzurica *et al.* (1999) y Díaz *et al.* (2003a y b) en corderos de raza Manchega, por Miguélez *et al.* (2006) en los “Lechazo de Castilla y León” o por Santos *et al.* (2007) en corderos de raza Churra da Terra Quente. Maseda *et al.* (1984c) tampoco observaron diferencias cuando compararon machos con hembras de raza Manchega alimentados mediante lactancia artificial “*ad libitum*” o restringida.

Diferentes autores han indicado que las pérdidas por oreo son menores y el rendimiento comercial y verdadero mayor en las hembras (Colomer-Rocher y Espejo, 1971 y 1973b; Lauzarica *et al.*, 1999), probablemente consecuencia de un mayor grado de engrasamiento. Este efecto, no obstante, parece variar con la raza y el peso de los animales al sacrificio. Así, por ejemplo, en concordancia con los resultados obtenidos en el presente estudio, Maseda *et al.* (1984c) no observaron diferencias entre machos y hembras ni en las pérdidas por oreo ni en el rendimiento comercial de corderos lechales de raza Manchega. López *et al.* (1992) tampoco observaron diferencias en las pérdidas por oreo en corderos de raza Lacha y otros muchos autores tampoco encontraron diferencias en el rendimiento atribuibles al sexo en diferentes razas de ovino (Horcada *et al.*, 1998; Velasco, 1998a; Barone *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2007; Panea *et al.*, 2010; Ripoll *et al.*, 2012). Por el contrario, Lauzurica *et al.* (1999), evaluando corderos de raza Manchega, y Panea *et al.* (2010), en corderos de raza Ansontana, observaron que los machos presentaron valores superiores de pérdidas por refrigeración, respecto de las hembras. Castrillo (1979a), en corderos lechales de raza Churra sacrificados a los 8 o 12 kg, observaron un mayor rendimiento de la canal (expresado en relación con el PVVE) en las hembras.

La ausencia de diferencias entre sexos en la valoración subjetiva del grado de engrasamiento, como se discutirá posteriormente, probablemente fue debido a que el

sistema de alimentación y el sexo influyeron de forma diferente en los distintos depósitos adiposos.

### 6.1.3.2. pH y color

Se ha señalado que en corderos lechales, criados mediante lactancia natural, la separación de sus madres previo al sacrificio es un factor adicional de estrés que puede alterar la evolución *post mortem* del pH de los músculos de la canal (Sevi *et al.*, 2003; Napolitano *et al.*, 2002a, b y 2008). Sin embargo, en nuestro estudio no se observaron diferencias atribuibles al sistema de alimentación en ninguno de los músculos, ni en el pH medido inmediatamente tras el sacrificio ni en el medido tras 24 horas de oreo de la canal, lo que concuerda los resultados señalados por Vergara y Gallego (1999c) y Vergara *et al.* (2001), en corderos de raza Manchega, Napolitano *et al.* (2002a), en corderos de raza Sarda, y Lanza *et al.* (2006), en corderos de raza Barbaresca.

En el presente estudio, los animales se sacrificaron transcurrido un mínimo de 2 horas y un máximo de 3 horas tras la separación de las madres y los animales no fueron sometidos a una actividad física intensa, por lo que no cabe esperar que se consumiesen las reservas musculares de glucógeno (Jacob *et al.*, 2005; De La Fuente *et al.*, 2013).

Los valores obtenidos, por otra parte, se pueden considerar similares a los señalados para corderos lechales en diferentes razas mediterráneas, tales como la raza Ansontana (Panea *et al.*, 2010), Awassi (Sañudo *et al.*, 1997), Barbaresca (Lanza *et al.*, 2006), Castellana (Sañudo *et al.*, 1997), Comisana (Napolitano *et al.*, 2002b), Churra (Sañudo *et al.*, 1997; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005), Churra Lebrijana (Juárez *et al.*, 2006), Lacha (Horcada, 1996; Beriain *et al.*, 2000), Manchega (Sañudo *et al.*, 1997, Lauzurica *et al.*, 1999; Vergara *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2003 a y b; Cañeque *et al.*, 2004), Merina (Martínez-Cerezo *et al.*, 2005), Merina de Grazalema (Juárez *et al.*, 2006), Rasa Aragonesa (Sañudo *et al.*, 1997; Beriain *et al.*, 2000, Martínez-Cerezo *et al.*, 2005).

En relación al efecto del sexo, se observaron diferencias significativas en el pH registrados en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* (L.Dorsi) a las cero horas, con valores mayores en los machos respecto de las hembras. La mayoría de los autores coinciden en señalar que el sexo no ejerce un rol importante en los valores del pH muscular. Al respecto, Sañudo (1980) señalaron que a edades tempranas ambos sexos responden de la misma manera al estrés del sacrificio. En nuestro caso, estas diferencias observadas en el pH<sub>0</sub> podrían ser debidas a una mayor susceptibilidad de los machos a

las situaciones estresantes pre-sacrificio, aunque el hecho de que desaparezcan tras 24 horas de oreo sugiere la participación de otros factores. La ausencia de efecto del sexo sobre el pH final de la carne estuvo en línea con los resultados publicados por Sañudo (1980), Sañudo *et al.* (1997 y 2000a), Horcada *et al.* (1998), Vergara *et al.* (1999b), Lauzurica *et al.* (1999), Díaz *et al.* (2003a y b), Santos *et al.* (2007) y Panea *et al.* (2010) en corderos lechales de diferentes razas españolas.

El sistema de alimentación no influyó significativamente en el perfil colorimétrico de la grasa subcutánea en el maslo de la cola, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Lanza *et al.* (2006), en un estudio en el que compararon las características de la canal de corderos de raza Barbaresca criados mediante lactancia natural o artificial.

El color de la grasa varía, entre otros factores, con la concentración de pigmentos liposolubles y su espesor, que modula el efecto del grado de vascularización y el impacto de la musculatura subyacente (Díaz, 2001). Para un mismo genotipo, la deposición de pigmentos depende del aporte dietético y, en el caso, de lactancia natural, de las características de la dieta consumida por las madres (Joy *et al.*, 2012b). En el presente estudio, las madres fueron alimentadas en pesebre, con una ración mixta completa estándar, similar a la que se utiliza en la alimentación del vacuno de leche. No cabría esperar, por tanto, diferencias importantes en contenido de pigmentos entre la leche recibida por los corderos del grupo LN y los corderos de los grupos LA, alimentados con leche de vaca reconstituida.

El desarrollo del tejido adiposo varía con el nivel de alimentación, el peso y la edad y, de acuerdo, con los datos de grado de engrasamiento y composición tisular, cabría esperar diferencias en la deposición de grasa subcutánea en la base de la cola entre los diferentes grupos experimentales. La ausencia de diferencias en los parámetros colorimétricos sugiere que de existir estas diferencias en este depósito no fueron relevantes para el color. De hecho, el peso del rabo fue superior en las hembras que en los machos, posiblemente como consecuencia de una mayor deposición de grasa, y el sexo tampoco influyó en ninguno de los parámetros colorimétricos de la grasa, en concordancia con lo observado por otros autores (Horcada *et al.*, 1998; Ripoll-Bosch *et al.*, 2012).

Es muy oportuno destacar que, contrariamente a lo esperado, los valores registrados en nuestro estudio para los parámetros L\* y a\* fueron, en general, menores y

mayores a los señalados por otros autores en diferentes razas autóctonas (Beriaín *et al.*, 2000; Díaz, 2001; Lanza *et al.*, 2006; Panea *et al.*, 2010).

La raza Assaf es una raza de cola grasa y la deposición de grasa en esta zona cabe esperar que sea muy superior al de las razas autóctonas españolas. El hecho de que se trate de un depósito de elevada actividad metabólica en la raza Assaf, probablemente, determine diferencias en su estructura y vascularización, respecto al mismo depósito en otras razas, que influyan en sus características colorimétricas. Por otra parte, en ovino se ha identificado mecanismos bioquímicos para la degradación de pigmentos, como las xantofilas (Hill, 1962), que podrían no estar presentes en todas las razas.

### **6.1.3.3. Medidas morfológicas**

El sistema de alimentación influyó en la morfometría de la canal, presentando los corderos criados mediante lactancia natural canales más cortas y compactas, más anchas en la zona torácica y con menor perímetro de grupa. La longitud de la pierna también fue menor en las canales del grupo LN respecto a los animales criados mediante lactancia artificial.

Estas diferencias podrían guardar relación con las diferencias observadas en el ritmo de crecimiento y en la diferente deposición de tejido adiposo y muscular, como sugieren los datos de disección de la espalda. Los corderos del grupo LN presentaron tasas de crecimiento superiores a los de los grupos LA-ad y LA-rest y una mayor deposición de grasa. Este efecto del nivel de ingestión, posiblemente asociado a un efecto adicional de la edad, ya que la edad media al sacrificio de los corderos del grupo LN fue el 75% de la edad media del grupo LA-ad y el 50% de la edad del grupo LA-rest, probablemente permitan explicar, en gran parte, las diferencias observadas entre los grupos experimentales en el patrón de crecimiento.

El sexo no afectó de forma estadísticamente significativa a ninguno de los parámetros morfológicos, a excepción de la longitud interna de la canal, que fue superior en las hembras respecto de los machos evaluados. Esta diferencia en la longitud interna de la canal entre sexos también se observó en los corderos sacrificados a los 20 kg de peso (ver Prueba 3; 48,7 vs. 49,8 cm para los machos y las hembras, respectivamente), si bien desapareció cuando se compararon animales sacrificados a los 25 kg (ver Prueba 2; 53,0 vs. 53,3 cm para los machos y las hembras, respectivamente). La repetición del resultado en los corderos sacrificados a los 20 kg sugiere que responde a un patrón de

crecimiento, que podría estar relacionado con la mayor precocidad de las hembras y con el hecho de que la canal, considerada en conjunto, y, dentro de la misma, el lomo, en particular, son componentes de desarrollo tardío. Como consecuencia su desarrollo podría ser mayor en las hembras que en los machos, a edades tempranas, tal y como se ha observado en el presente estudio.

No obstante, los resultados recogidos en la bibliografía son contradictorios. Así, por ejemplo, Maseda *et al.* (1984c) observaron, en lechales de raza Manchega, que los machos presentaron una mayor longitud de la canal respecto de las hembras. Por el contrario, Santos *et al.* (2007) no hallaron diferencias en la longitud interna de la canal en corderos lechales de raza Churra da Terra Quente. Similares resultados fueron obtenidos por Camacho *et al.* (2009) en corderos lechales de raza Canaria.

Cuando se compararon los datos morfométricos de los corderos lechales de raza Assaf obtenidos en el presente estudio con los publicados para otras razas españolas autóctonas, se observaron valores superiores en la anchura de la grupa y en longitud de la pierna pero menores en la longitud interna de la canal y profundidad del tórax respecto de los señalados por Sañudo *et al.* (1997) en corderos de raza Churra, Castellana y Manchega, por Sánchez *et al.* (1998) en diferentes razas incluidas dentro de la categoría de "Lechazo de Castilla y León", por Martínez-Cerezo *et al.* (2002) en corderos de raza Rasa Aragonesa y Churra o por Alcalde *et al.* (2005) en corderos de raza Churra Lebrijana. Sin embargo, se ha observado que en algunas razas de aptitud cárnica, los valores de la anchura de la grupa tiende a ser similares o mayores a los corderos de raza Assaf (Martínez-Cerezo *et al.*, 2002; Sanz *et al.*, 2008).

En cuanto al índice de compacidad de la canal, en líneas generales los corderos de raza Assaf, respecto de las razas anteriormente citadas, presentaron valores superiores a los señalados para los corderos de raza Castellana, Churra, Churra Lebrijana, Manchega y Rasa Aragonesa pero inferiores a las razas Churra Tensina (Sanz *et al.*, 2008), Merina (Martínez-Cerezo *et al.*, 2002) y Merina Grazalema (Juárez *et al.*, 2005). En lo que respecta al índice de compacidad de la pierna, nuestros resultados son mayores a los registrados para corderos de las razas Churra Lebrijana, Merina Grazalema pero menores a los corderos de raza Churra Tensina (Sanz *et al.*, 2008), Manchega (Sañudo *et al.*, 1997), Merina y Rasa Aragonesa (Martínez-Cerezo *et al.*, 2002).

#### 6.1.3.4. Composición regional (despiece)

Como cabría esperar dado el reducido peso de la canal de los corderos lechales, las diferencias en el peso de las diferentes piezas entre los diferentes sistemas de alimentación evaluados fueron, en general, de escasa magnitud, siendo únicamente significativas en el caso de la espalda, cuyo peso y proporción fue menor en los animales del grupo LA-rest. Las diferencias observadas fueron de similar sentido y magnitud a las registradas en la pierna, si bien en este caso no fueron significativas.

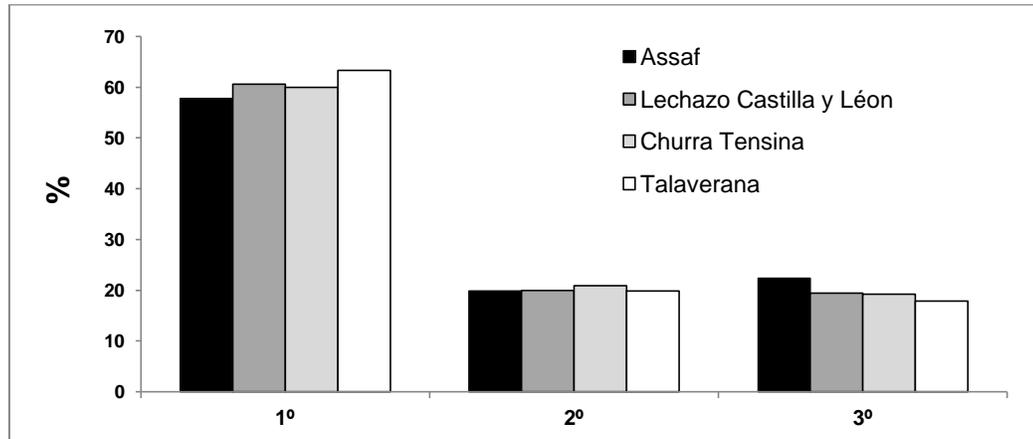
La espalda y la pierna, dentro de las piezas de la canal, son consideradas componentes de desarrollo precoz (Castrillo, 1979a; Huidobro y Cañeque, 1994b) y, posiblemente, el efecto observado fue consecuencia del efecto conjunto asociado con las diferencias señaladas, en los apartados anteriores, en el contenido digestivo y en el grado de engrasamiento de la no canal y de la canal. De hecho, el peso del rabo, que es una pieza de desarrollo tardío, con alta deposición de tejido adiposo, en especial en la raza Assaf, fue mayor numéricamente en los animales del grupo LN.

Las diferencias en el peso de las piezas de la canal y en sus proporciones sobre la canal únicamente alcanzaron significación estadística en el caso del badal, cuya proporción fue mayor en los machos. Similares resultados fueron obtenidos por Sancha *et al.* (1996), en corderos de raza Talaverana, y por Cañeque *et al.* (1999) en corderos de raza Manchega. Otros autores o bien no encontraron diferencias en la composición regional atribuibles al sexo, como por ejemplo, Santos *et al.* (2007) en la raza Churra da Terra Quente, o bien las encontraron en otras piezas (Espejo y Colomer-Rocher, 1971; Castrillo, 1979a). En cualquier caso, las diferencias observadas siempre fueron de escasa magnitud.

En la Figura 6.1, se muestra la comparación de los porcentajes de las diferentes categorías comerciales obtenidas en el presente estudio, con las registradas en otras razas autóctonas. Como puede apreciarse, en líneas generales presentaron valores porcentuales inferiores en la primera categoría comercial que a los observados en las razas Castellana, Churra y Ojalada, integradas en la denominación “Lechazo de Castilla y León” (Miguélez *et al.*, 2006), Churra Tensina (Sanz *et al.*, 2008) y Talaverana (Velasco, 1998a). En cuanto, a los valores de la segunda categoría, nuestros resultados guardan cierta similitud, con el “Lechazo de Castilla y León” y una menor proporción que los lechales de raza Churra Tensina y Talaverana, diferencias que posiblemente se

relacionen con su biotipo cárnico. Sin embargo, en la tercera categoría comercial, nuestros resultados son mayores al resto de las razas citadas. En este sentido, es importante aclarar que la principal diferencia, obedeció a un mayor peso registrado en la cola, característica anatómica en este tipo de razas.

**Figura 6.1. Proporción representada por las diferentes categorías comerciales en la canal de corderos lechales de diferentes razas de ovino.**



Fuente: As: Datos propios; LCyL: Miguélez *et al.* (2006); ChT: Sanz *et al.* (2008); Ta: Velasco (1998a).

#### 6.1.3.5. Composición tisular de la espalda

El sistema de alimentación influyó en la composición tisular de la espalda, presentando los corderos criados mediante lactancia natural un menor desarrollo muscular y un mayor engrasamiento. Este efecto fue independiente del sexo, a excepción del peso de la grasa subcutánea, donde las diferencias entre los sistemas de alimentación fueron más evidentes cuando se compararon las hembras (42 vs. 26 vs. 33 para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente) que cuando se compararon los machos (32 vs. 28 vs. 31, para LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente).

Como se mencionó anteriormente, la deposición de grasa en las etapas tempranas está condicionada por el nivel de ingestión, siendo mayor cuanto mayor fue la ingestión de energía, especialmente si el contenido de proteína es limitante (Castrillo, 1979a; Webster, 1986; Manso, 1994). La mayor velocidad de crecimiento de los corderos del grupo LN, unido al mayor engrasamiento tanto de la canal como de la no canal en estos animales y el mayor desarrollo relativo del tejido muscular en los animales del grupo LA-rest, sugiere que el aporte de proteína de la leche materna fue limitante para el crecimiento del tejido magro. Por otra parte, la mayor duración de la lactancia en el grupo LA-rest, unido a la restricción energética, permitió un mayor desarrollo del tejido muscular.

Estos resultados están en concordancias con los publicados por Barone *et al.* (2007), quienes observaron que los corderos alimentados mediante lactancia artificial presentaron un mayor contenido de músculo y menor de grasa respecto de los corderos alimentados con sus madres, cuando fueron sacrificados a los 35 y 56 días de edad.

No obstante, el efecto de la alimentación en la etapa de lactancia sobre la composición tisular de los corderos lechales es controvertido, con resultados aparentemente contradictorios. Así, por ejemplo, Vergara *et al.* (2001) no hallaron diferencias en los componentes tisulares de la canal de corderos de raza Manchega, cuando compararon un sistema de crianza natural con uno de crianza artificial. Por su parte, Napolitano *et al.* (2002b) solamente observaron un mayor contenido de grasa en la pierna de corderos criados mediante lactancia natural.

Cabe indicar, no obstante, que la comparación lactancia natural vs. lactancia artificial es muy grosera y dependiendo del potencial productivo de la madre, del tiempo de acceso del cordero y de la composición de la leche materna los resultados pueden variar (Calcedo, 1982). De igual forma, la composición del sustitutivo lácteo y la forma de administración pueden también influir en el crecimiento y desarrollo (Chiou y Jordan, 1973a y b; Castrillo, 1979a; Maseda *et al.*, 1984a; Walker, 1986).

La ausencia de diferencias atribuibles al sexo en las proporciones de músculo, grasa y hueso estuvo en concordancia con los resultados obtenidos por otros autores (Pérez *et al.*, 2007; Camacho *et al.*, 2009). No obstante, la interacción entre sistema de alimentación y sexo detectada en la grasa subcutánea sugiere que el efecto que cabría esperar por la mayor precocidad de las hembras (Pomeroy, 1959; Oliver, 1967; Reid Fourie *et al.*, 1970; Lohman, 1971) estuvo modulado por el nivel de ingestión, de forma que únicamente se manifestó en los corderos del grupo LN, que presentaron la mayor velocidad de crecimiento y, por tanto, de ingestión de alimento.

Por otra parte, el peso y proporción representada por el componente "Otros" mostró una tendencia a la significación, siendo menores los valores correspondientes a las hembras. Estas diferencias podrían estar relacionadas con un mayor crecimiento y desarrollo de los componentes ligamentosos, vasculares, linfáticos, etc. que participan como componentes del aparato locomotor, ya que esta pieza anatómica es mayor en los machos cuando alcanzan pesos mayores (ver composición de la espalda, Prueba 2).

Cuando se comparó la composición tisular de los corderos de raza Assaf con los resultados recogidos en la literatura científica para otras razas de ovino, se observó que los corderos de raza Assaf, alimentados por sus madres, presentaron porcentajes de músculo similares a los señalados por Díaz (2001) en corderos de raza Manchega, por Sánchez *et al.* (1998) y Miguélez *et al.* (2006) en corderos de razas incluidas en la denominación específica “Lechazo de Castilla y León”, ligeramente superiores a los descritos por Sierra *et al.* (1994) en corderos de las razas Churra, Castellana, Awassi y Manchega, y menores a los publicados por Sañudo *et al.* (2000a) en corderos de las razas Rasa Aragonesa, por Martínez-Cerezo *et al.* (2002) en corderos de las razas Rasa Aragonesa, Churra y Merina, por Santos *et al.* (2007) en corderos Churra da Terra Quente y por Vacca *et al.* (2008) en corderos cruzas Mouflon x Sarda y Sarda x Sarda.

En lo referido a la grasa total, los valores obtenidos en nuestro estudio fueron superiores a los registrados en los estudios anteriormente señalados, a excepción del contenido registrado en corderos de la raza Rasa Aragonesa por Sañudo *et al.* (2000a) y de la raza Churra por Sierra *et al.* (1994) y Miguélez *et al.* (2006). La situación opuesta se observó para la proporción de tejido óseo, a excepción de los valores registrados en corderos de raza Churra por Sierra *et al.* (1994).

Estas comparaciones, en cualquier caso, deben interpretarse con suma precaución, ya que los resultados varían, inclusive dentro de una misma raza, debido a que las condiciones de cría y pequeñas diferencias en el peso de sacrificio pueden modificar significativamente los resultados (Castrillo, 1979a).

#### **6.1.3.6. Composición química de la canal**

El sistema de alimentación y el sexo influyeron en la composición química de la canal, concretamente en el contenido de grasa. El efecto de ambos factores, sin embargo, estuvo relacionado con diferentes depósitos, lo que podría explicar el diferente efecto de estos factores sobre la valoración subjetiva del grado de engrasamiento de la canal.

El tejido adiposo en la canal se distribuye en grasa subcutánea, inter e intramuscular. Estos depósitos presentan diferentes coeficientes alométricos, siendo la grasa intermuscular la que comienza a depositarse antes y la intramuscular la que se desarrolla de forma más tardía (Wood *et al.*, 1980; Kempster, 1981; Luaces *et al.*, 2007).

En el caso del sistema de alimentación, los datos de composición tisular de la espalda y de composición química del lomo, sugieren que las diferencias atribuibles al sistema de alimentación fueron debidas a una mayor deposición de grasa intermuscular y subcutánea en los corderos de lactancia natural, respecto al grupo LA-rest. Las diferencias observadas, como se discutió en apartados anteriores, posiblemente fueron consecuencia de diferencias en la ingestión de energía entre tratamientos experimentales.

Por el contrario, en el caso del sexo, el efecto parece estar relacionado con una mayor deposición de grasa intramuscular, probablemente consecuencia de la mayor precocidad de las hembras (Horcada *et al.*, 1998). Otros autores, sin embargo, no observaron diferencias ni en el grado de engrasamiento de la canal ni en el contenido de grasa del músculo L.Dorsi atribuibles al sexo (Ripoll-Bosch *et al.*, 2012), lo que sugiere que el efecto del sexo sobre la composición química de la canal en corderos lechales varía con la raza.

#### **6.1.4. Calidad de la carne**

##### **6.1.4.1. Área del músculo**

Como cabría esperar, dada la ausencia de diferencias en el peso del costillar, el área del músculo *Longissimus dorsi* no resultó afectada por el sistema de alimentación o el sexo. La ausencia de efecto del sexo concuerda con lo señalado por Pérez *et al.* (2012) en corderos lechales de raza Merina precoz. Sin embargo, los valores señalados por Pérez *et al.* (2012) fueron muy superiores a los registrados en nuestro estudio. Cabe indicar, no obstante, que los valores obtenidos por Pérez *et al.* (2006) podrían ser excepcionalmente elevados ya que fueron similares a los obtenidos por Osorio *et al.* (1997) en corderos de raza Corriedale sacrificados entre 27 y 30 kg o por López (2007) en corderos de raza Merina sacrificados a los 25 kg.

##### **6.1.4.2. pH**

Los valores de pH se encontraron dentro del rango de valores registrados en la literatura para corderos lechales de otras razas, tales como la raza Awassi (Sierra *et al.*, 1994; Sañudo *et al.*, 1997), Barbaresca (Lanza *et al.*, 2006), Castellana (Sierra *et al.*, 1994; Sañudo *et al.*, 1997), Churra (Sierra *et al.*, 1994; Sañudo *et al.*, 1997; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005), Churra da Terra Quente (Santos *et al.*, 2007), Churra Lebrijana (Juárez *et al.*, 2006), Comisana (Maiorano *et al.*, 2009), Lacha (Horcada *et al.*, 1998;

Berain *et al.*, 2000), Lacaune (Díaz *et al.*, 2014), Manchega (Sierra *et al.*, 1994; Sañudo *et al.*, 1997; Vergara *et al.*, 2001 y 2005; Díaz *et al.*, 2003a y b; Cañeque *et al.*, 2004), Merina (Martínez-Cerezo *et al.*, 2005), Rasa Aragonesa (Sañudo *et al.*, 1997; Horcada *et al.*, 1998; Berain *et al.*, 2000; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005) Talaverana (Díaz *et al.*, 2002; Velasco *et al.*, 2000 y 2004), Sarda (Napolitano *et al.*, 2002a).

La ausencia de efecto tanto del sistema de alimentación como del sexo sobre el pH estuvo en concordancia con la ausencia de diferencias en el pH medido directamente en la canal y como es lógico, dado el mayor tiempo transcurrido desde el oreo, los valores registrados fueron ligeramente inferiores a los medidos en la canal.

#### **6.1.4.3. Color**

El color de la carne es uno de los parámetros con mayor peso en la decisión de compra del consumidor y depende de la concentración de pigmentos hemínicos (en especial la mioglobina), del estado químico de la mioglobina, de la estructura de las proteínas musculares, de la proporción de grasa intramuscular, así como de la presencia de otros pigmentos (e.g. xantofilas) (Krammer, 1994; Warris *et al.*, 1990a).

El sistema de alimentación no influyó en el pH final de la carne ni tampoco en el contenido de grasa intramuscular y, por ello, *a priori*, no cabría esperar diferencias en el color de la carne, tal y como ha sucedido. Estos resultados estuvieron en concordancia con los resultados obtenidos por Vergara *et al.* (2001) en corderos lechales de raza Churra pero difirieron de aquellos observados por Lanza *et al.* (2006), quienes señalaron una mayor luminosidad de la carne procedente de los corderos criados mediante lactancia natural. Estos autores, no obstante, encontraron diferencias en el contenido de grasa intramuscular entre los sistemas de alimentación evaluados.

En el presente estudio, el sexo influyó en el contenido de grasa intramuscular pero, sin embargo, no se observaron diferencias atribuibles a este factor en ninguno de los parámetros colorimétricos. Similares resultados fueron obtenidos por Horcada *et al.* (1998) en corderos lechales de raza Lacha o por Santos *et al.* (2007) en corderos de raza Churra da Terra Quente.

Tal y como han confirmado varios estudios, la raza puede influir en el color de la carne de los corderos lechales (Sañudo *et al.*, 1997; Juárez *et al.*, 2009). Cuando comparamos los resultados obtenidos en nuestro estudio con los obtenidos en otras

razas, se observó que la luminosidad presentó valores similares a los registrados por Sañudo *et al.* (1997) en las razas Churra, Castellana, Manchega y Awassi. Sin embargo, los valores de los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  fueron inferiores a los registrados en el citado estudio pero similares a los registrados por Joy *et al.* (2012a) en corderos de raza Churra Tensina, por Martínez-Cerezo *et al.* (2005) en corderos de raza Churra y Merina, por Velasco *et al.* (2000) en corderos de raza Talaverana y por Díaz *et al.* (2014) en corderos de raza Lacaune.

#### **6.1.4.4. Capacidad de retención de agua y textura**

Las pérdidas por presión, indicativas de la capacidad de retención de agua de la carne, es un parámetro relevante porque influye en sus características organolépticas, en especial, en su jugosidad. El valor medio de las pérdidas por presión en nuestro estudio se situó alrededor del 11%, cifra similar a la registrada por Pérez *et al.* (2002) en corderos lechales de la raza Suffolk Dow pero inferior a los valores obtenidos por Sañudo *et al.* (1997), Huidobro *et al.* (1999) o Vergara *et al.* (2001) en lechales de raza Manchega, Horcada (1996) y Beriain *et al.* (2000) en corderos de las razas Lacha y Rasa Aragonesa, por Sierra *et al.* (1994) y Sañudo *et al.* (1997) en corderos de las razas Churra, Castellana, Manchega y Awassi, por Velasco *et al.* (2000) en corderos de raza Talaverana o Pérez *et al.* (2006) en lechales del cruce Suffolk Down x Merina precoz alemán.

Las diferencias observadas con los estudios citados no parecen ser consecuencia de diferencias en el pH final, ya que los valores registrados en nuestro estudio fueron similares a los señalados por los autores citados y de acuerdo con Devine *et al.* (1993) se corresponderían con niveles de estrés entre bajo y bajo-medio. No obstante, como se señaló anteriormente, no se pueden descartar diferencias en la velocidad de reducción, que también afecta a la capacidad de retención (Hulot y Ouhayoun, 1999).

Según Cross (1977), las razas con mayor nivel de engrasamiento y conformación tienen menos pérdidas y mayor capacidad de retención de agua, por tanto, producen una carne más jugosa que aquellas otras más magras o de morfología más pobre. El contenido de grasa intramuscular registrado en el presente estudio, como se discutirá posteriormente, se encontró dentro del rango de valores señalados para los corderos lechales de razas autóctonas españolas, por lo que las diferencias mencionadas en las pérdidas por presión posiblemente guarden relación con otros factores.

De hecho, en el presente estudio no se observaron diferencias en las pérdidas por presión atribuibles al sexo de los animales pero sí en el contenido de grasa intramuscular. Por el contrario, el sistema de alimentación no influyó en la composición química de la carne pero sí afectó a las pérdidas por presión, que fueron menores en los corderos criados mediante lactancia natural.

En general, se considera que planos altos de alimentación pueden influir en el pH final y, por extensión, en la CRA. La alimentación restringida puede determinar una escasa reserva de glucógeno muscular, determinando valores de pH final más elevados (Bray *et al.*, 1989; Purchas, 1990). En el presente estudio, sin embargo, no se encontraron diferencias en el pH final atribuibles al sistema de alimentación.

Cabe señalar que los corderos del grupo LN presentaron una mayor velocidad de crecimiento y fueron sacrificados a edades más tempranas y se ha observado que la velocidad de caída del pH aumenta con la edad (Sañudo y Sierra, 1982). Es posible, por tanto, que el descenso *post mortem* del pH de la carne fuese diferente entre sistemas de alimentación y que esta diferencia afectase a la CRA (Hulot y Ouhayoun, 1999). Por otra parte, la velocidad de crecimiento y la edad al sacrificio pueden también influir en la cantidad de colágeno y su solubilidad, parámetros que también podrían influir en la capacidad de retención de agua de la carne (Purchas *et al.*, 2002). En el presente estudio no se estudió la evolución *post mortem* del pH ni tampoco se determinó ni la cantidad ni el tipo de colágeno y, por ello, no se pudo evaluar su relación con el efecto observado.

Contrariamente a lo observado en las pérdidas por presión, las pérdidas por cocinado no se vieron afectadas por el sistema de alimentación. Vergara *et al.* (2001), por el contrario, observaron mayores de pérdidas por cocinado en la carne de corderos lechales criados mediante lactancia natural que en la procedente de corderos que fueron alimentados de forma artificial. En este trabajo, no obstante, las pérdidas por cocinado se pueden considerar inusualmente bajas (7% y 4% para los corderos de lactancia natural y artificial) de acuerdo con el rango de valores recogido en la literatura, dentro del cual sí se situaron los valores obtenidos en nuestro estudio (Sierra *et al.*, 1994; Sañudo *et al.*, 1997; Santos *et al.*, 2007). En general, las mayores pérdidas de agua de la carne se producen durante el cocinado, pudiendo superar el 40% dependiendo de la temperatura, modo y tiempo de cocinado (Offer y Knight, 1988; Sierra, 1977).

Dentro de la textura de la carne, la dureza es el parámetro con mayor importancia para el consumidor (Lawrie, 1998a; Ouali, 1991; Chambers y Bowers, 1993). La carne de cordero lechal se asocia con una carne pálida y muy tierna. Los valores de fuerza de corte fueron considerablemente inferiores a los registrados en los corderos de la misma raza, sacrificados a los 20 y 25 kg (ver Pruebas 2 y 3), lo que concuerda con el incremento en la dureza con el peso al sacrificio señalado por otros autores (Teixeira *et al.*, 2005; Juárez *et al.*, 2009). Por otra parte, los valores registrados en el presente estudio se encontraron dentro del rango de valores señalados para la carne de corderos lechales de otras razas (Sañudo *et al.*, 1997; Juárez *et al.*, 2009; Ripoll-Bosch *et al.*, 2012).

La ausencia de efecto del sexo sobre la dureza estuvo en concordancia con los resultados obtenidos por Sañudo *et al.* (1986), López (1987), Velasco *et al.* (2000), Teixeira *et al.* (2005), Pérez *et al.* (2006), Santos *et al.* (2007), Panea *et al.* (2010), Ripoll-Bosch *et al.* (2012), corroborando el reducido efecto que tiene el sexo sobre este parámetro.

El sistema de alimentación no influyó de forma estadísticamente significativa en la dureza, si bien la carne procedente de los corderos criados mediante lactancia natural presentó valores un 20% inferiores a los del grupo LA-rest. Es oportuno destacar que la canal de los corderos del grupo LN presentó una mayor grasa de cobertura (subcutánea), que pudo influir en los procesos *post mortem*. Por otra parte, la cantidad y tipo de colágeno son factores determinantes de la dureza de la carne y es conocido que el contenido de colágeno aumenta y su solubilidad disminuye con la edad, siendo esta variación muy rápida en animales jóvenes (Beltran y Boccard, 1992). Y en este sentido, es también conveniente señalar que los corderos del grupo LN se sacrificaron a una edad muy inferior a la de los corderos criados mediante lactancia artificial.

#### **6.1.4.5. Composición química de la carne**

La composición química del músculo *Longissimus dorsi lumborum* no se vio afectada por el sistema de alimentación. Por lo contrario, Lanza *et al.* (2006) observaron que los corderos alimentados mediante lactancia natural presentaban mayores valores de grasa intramuscular y menores valores de humedad y cenizas respecto de los corderos alimentados mediante lactancia artificial. Estos autores indicaron que las diferencias halladas podrían estar relacionadas con las diferencias observadas en el peso de la canal,

que fue mayor en los corderos alimentados por sus madres. En el presente estudio, sin embargo, los animales se sacrificaron a similar peso, eliminado este efecto.

El sexo influyó en la composición de la carne, siendo mayor el contenido de grasa y menor el de agua en las hembras que en los machos. Estos resultados estuvieron en consonancia con los estudios realizados por Hoffman *et al.* (2003), quienes señalaron que el agua se encuentra principalmente en el músculo y su contenido disminuye a medida que la grasa intramuscular aumenta.

El tamaño adulto de las hembras es menor que el de los machos y cuando se comparan a similar peso cabe esperar que las hembras presenten un mayor engrasamiento, reflejo de su mayor grado de madurez. No obstante, este efecto puede variar con la raza, expresándose a diferentes pesos. Por ello, los resultados obtenidos en el presente estudio estuvieron en concordancia con los observados, por ejemplo, por Horcada *et al.* (1998) en corderos lechales de raza Lacha o Santos *et al.* (2007) en corderos de raza Churra da Terra Quente pero difirieron de los señalador por Ripoll-Bosch *et al.* (2012), quienes no observaron efecto del sexo en corderos lechales de raza Ojinegra, o Panea *et al.* (2010) en corderos de raza Ansotana.

Respecto de los valores hallados en nuestro estudio, comparados con los registrados en otras razas mediterráneas (Beraiain *et al.*, 2000; Russo *et al.*, 2003; Lanza *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007; Vacca *et al.*, 2008; Juárez *et al.*, 2009; Panea *et al.*, 2010; Wilches *et al.*, 2011; Ripoll-Bosch *et al.*, 2012), en líneas generales, hemos observado que en el contenido de agua no existen grandes discrepancias, dentro de un rango de valores que osciló entre 74 a 77%. En cuanto al contenido de proteína bruta, la mayoría de los autores han señalado valores semejantes, que oscilaron entre un 19 y un 22%, a excepción del estudio realizado por Wilches *et al.* (2011), que señala valores inferiores al 18% en corderos de las razas Castellana y Churra. En cuanto al contenido de cenizas, en la mayoría de las razas los valores oscilaron entre el 1 y 1,5%, excepto en la carne de corderos de raza Ojinegra (Ripoll-Bosch *et al.*, 2012).

Como cabría esperar, el contenido de grasa intramuscular fue mucho más variable, con mayores discrepancias entre razas. Así, nuestros resultados estuvieron en concordancia con los observados por Horcada *et al.* (1998), Russo *et al.* (2003), Santos *et al.* (2007), Ripoll-Bosch *et al.* (2012), Beraiain *et al.* (2000) o Joy *et al.* (2012a) en corderos lechales de las razas Lacha, Apenninica, Churra da Terra Quente, Ojinegra, Rasa

Aragonesa o Churra Tensina, respectivamente. Sin embargo, fueron ligeramente diferentes a los registrados por Beriain *et al.* (2000), Juárez *et al.* (2009), Wilches *et al.* (2011), Panea *et al.* (2010) en corderos de razas Lacha, Castellana, Churra y Ansoniana. Las comparaciones realizadas deben interpretarse, no obstante, con suma precaución porque, aunque los estudios se refieran a corderos lechales, el peso y edad al sacrificio fueron muy variables.

## 6.2. Prueba 2

### 6.2.1. Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión

En el presente experimento se comparó la ingestión de corderos de raza Assaf criados con un sistema convencional (Control), basado en la administración de paja y pienso compuesto (17% de contenido de PB) a voluntad, o con un sistema alternativo (Libre elección), en el cual a los animales se les ofreció a voluntad, y en diferentes comederos, cebada en grano y un suplemento proteico (36% de PB).

Los consumos de paja y pienso compuesto del grupo Control se encontraron dentro del rango de valores recogidos en la literatura para corderos de otras razas criados en condiciones similares (Manso, 1994; Fernández, 2000; Landa *et al.*, 2001; Cuesta *et al.*, 2003; Bodas, 2004; Rodríguez, 2005; Bodas *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2007a y b; López-Campos *et al.*, 2011; Blanco *et al.*, 2014a). Cabe indicar que, al igual que los trabajos mencionados, el consumo de paja representó una pequeña proporción de la dieta consumida ( $3,9 \pm 0.12$  %).

La inclusión de paja de cereal en la dieta de corderos criados en condiciones de cebo intensivo tiene como objeto que los animales consuman un mínimo en fibra efectiva y atenuar los problemas de acidosis ruminal, asociados con el elevado consumo de almidón (Blanco *et al.*, 2014b). Sin embargo, diferentes estudios han puesto de manifiesto que puede suprimirse la paja de la ración mediante la administración del cereal entero sin disminuir la ingestión ni la ganancia diaria de peso (Castrillo *et al.*, 1989; Hejazi *et al.*, 1999; González *et al.*, 2000; Petit, 2000; Landa *et al.*, 2001).

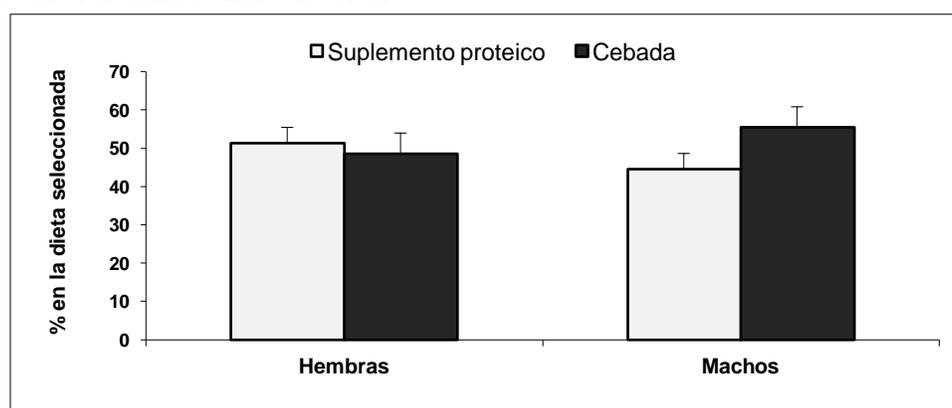
En consonancia con estos resultados, en el presente estudio se observó que los corderos del sistema de Libre elección presentaron una mayor ingestión de alimento y una mayor ganancia diaria de peso que los corderos del grupo Control, criados con el sistema convencional.

La administración de cereal sin procesar contribuye en cierta medida a disminuir la acidificación del líquido ruminal, debido al incremento en la producción de saliva y al mayor tiempo dedicado a la rumia (Ørskov *et al.*, 1974a; Ørskov y Fraser, 1975) y además, a la disminución de la fermentación del almidón en el rumen (Tait y Bryant, 1973; Hejazi *et al.*, 1999). Estos cambios pueden favorecer el incremento de la digestibilidad de la materia seca de la ración, especialmente de la pared celular, y de la ingestión de alimento, tal y como han puesto de manifiesto Economides *et al.* (1990) y Hejazi *et al.*

(1999). Otros autores, sin embargo, no encontraron diferencias en la ingestión al emplear el cereal entero o procesado (Hadjipanayiotou, 1990; Petit, 2000; Kiran y Mutsvangwa, 2007).

Es oportuno destacar que, aunque los animales no mostraron preferencia por el suplemento proteico, la proporción de éste en la dieta seleccionada fue similar (en el caso de las hembras) o ligeramente inferior (caso de los machos) a la proporción representada por la cebada (ver Figura 6.2). En consecuencia, el consumo de suplemento proteico fue elevado y, por extensión, la ingestión de proteína, que fue alrededor de un 70% superior a la del grupo Control ( $123 \pm 10,4$  vs.  $205 \pm 24,6$  g/animal y día, para el grupo Control y Libre elección, respectivamente).

**Figura 6.2. Proporción de cebada y de suplemento proteico en la dieta consumida por los animales criados en el sistema de Libre elección.**



Es conocido que existe una relación positiva entre ingestión, ganancia diaria de peso y contenido de proteína en la dieta (Manso *et al.*, 1998c; Dabiri y Thonney, 2004). No obstante, un exceso de proteína puede influir negativamente en el ritmo de crecimiento, ya que los aminoácidos absorbidos se destinarían, en parte, a la deposición de grasa, y la síntesis de urea conlleva un gasto energético (Chen *et al.*, 1999; Gunn *et al.*, 2009). Es también sabido que las hembras son más precoces que los machos, comenzando su deposición de grasa a una edad inferior a los machos, por lo que estos últimos suelen presentar un mayor potencial de crecimiento (Palsson y Vergés, 1952; Colomer-Rocher y Espejo, 1972; Lucifero *et al.*, 1973; Thompson *et al.*, 1979; Kempster, 1981; Horcada *et al.*, 1998; Sañudo *et al.*, 1998b; Díaz *et al.*, 2003a).

Los resultados obtenidos en el presente estudio, a nuestro juicio, concuerdan con este marco biológico. Así, aunque las hembras criadas con el sistema alternativo

presentaron una ingestión de proteína similar a la de los machos, la ganancia diaria de peso fue menor y similar a la presentada por las hembras criadas con el sistema convencional. Además, no se observaron diferencias en el índice de conversión entre hembras criadas con los dos sistemas, a pesar de las diferencias observadas en la ingestión de energía, lo que podría ser debido a un mayor gasto energético asociado con el mayor consumo de proteína de las corderas del sistema alternativo.

En el caso de los machos, sin embargo, el mayor consumo de proteína de los corderos del sistema alternativo estuvo relacionado con una mayor ingestión y ganancia diaria de peso y un mejor índice de conversión que los corderos del sistema convencional. No obstante, considerando las recomendaciones existentes sobre las necesidades proteicas de corderos, se podría afirmar que el consumo de proteína en los animales del grupo Libre Elección fue superior a las necesidades (ARC, 1980; INRA, 1981 AFRC, 1995).

Algunos autores han observado que los corderos en la etapa de crecimiento-cebo, cuando se les ofrece cebada y suplementos proteicos con diferente contenido de proteína, seleccionan los alimentos de manera que realizan un consumo relativamente constante de proteína (Askar *et al.*, 2001, 2002 y 2006). No obstante, también ha sido puesto de manifiesto que el consumo de proteína es mayor que en los sistemas convencionales (González *et al.*, 2000; Şahin *et al.*, 2003; Keskin *et al.*, 2004; Rodríguez, 2005; Askar *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2007a).

Por otra parte, el elevado consumo de proteína bruta estuvo en discrepancia con lo indicado por otros autores, que señalan que los corderos muestran una mayor preferencia hacia los alimentos a los que asocian como fuente de energía que como fuente de proteína (Howery *et al.*, 2001). No obstante, también se ha señalado que los animales muestran preferencia por aquellos alimentos que permiten mejores condiciones ruminales (Phy y Provenza, 1998) y en este sentido cabe indicar que el elevado consumo de proteína podría contribuir a reducir los problemas de acidosis. Sin embargo, Askar (2004) no observó un cambio en el patrón de selección de la dieta realizado por corderos en respuesta a la inclusión de bicarbonato sódico en el suplemento proteico, descartando esta hipótesis. Rodríguez *et al.* (2007b) tampoco hallaron diferencias en el consumo de un suplemento proteico cuando una solución de urea fue incluida en el grano de cebada, dentro de un sistema de libre elección de los alimentos.

No obstante, no puede descartarse que el elevado consumo de proteína obedezca a un comportamiento orientado a reducir los efectos negativos asociados con un elevado consumo de cereales. Es decir, que el elevado consumo de suplemento proteico sería más consecuencia del rechazo del consumo de cebada que de una preferencia por el suplemento proteico asociado a un efecto beneficioso.

Independientemente del efecto del sistema de alimentación sobre la ganancia diaria de peso y el índice de conversión, cabe indicar que los valores registrados están en concordancia con los obtenidos por otros autores en corderos de diferentes razas criados en sistemas de cebo intensivo (Díaz *et al.*, 2002; Rodríguez, 2005; Carrasco *et al.*, 2008 y 2009), lo que sugieren que los corderos de raza Assaf, desde el punto de vista del rendimiento productivo, pueden ser cebados de forma tan eficiente como los de otras razas.

Las diferencias observadas en la ganancia diaria de peso atribuibles al sexo coincide con lo señalado en otras razas, en el mismo rango de peso (Vergara y Gallego, 1999c; González *et al.*, 2000; Askar *et al.*, 2001 y 2002; Medel *et al.*, 2002; Christodoulou *et al.*, 2007), y como sugieren los datos de composición de la canal y de la no canal fueron consecuencia de diferencias en la deposición de grasa corporal, significativamente mayor en las hembras.

## **6.2.2. Características de la no canal**

### **6.2.2.1. Peso de la no canal y de sus componentes**

El sistema de alimentación no influyó en el peso de la no canal en su conjunto pero sí afectó al peso de la sangre y de los despojos rojos, cuyos valores fueron superiores en los corderos criados con el sistema de libre elección de alimentos.

Algunos autores sostienen que la alimentación podría estar involucrada, de manera indirecta, en las diferencias que se registran en el peso de la sangre, obtenidas a partir del sacrificio que se realiza tradicionalmente en los animales. Estudios fisiopatológicos revelan que las alteraciones microbiológicas y bioquímicas que se presentan en el rumen, como consecuencia de un consumo elevado de cereales provocan, entre otros efectos, un trasvase de agua, electrolitos y bicarbonato hacia la luz del mismo órgano, con consecuencias hemodinámicas y del medio interno severas, siendo la deshidratación y la

consiguiente hemoconcentración uno de las consecuencias sistémicas más importante (Radostits *et al.*, 2000).

En el presente estudio no se evaluó el estado ácido-base de los animales pero el menor consumo de cebada, administrada además en grano, y el mayor consumo de proteína en los animales del grupo Libre elección, respecto a los animales del grupo Control (que además consumieron el cereal molido) permite plantear la hipótesis de que la dieta consumida por los animales del grupo de Libre elección tendría un menor potencial acidogénico.

La deshidratación y la reducción del volumen sanguíneo podrían influir también en el peso de las vísceras (despojos rojos). No obstante, el sexo también influyó en el peso de la sangre pero no en el peso de los despojos rojos, lo que sugiere que otros factores podrían estar implicados.

En este sentido, algunos autores sostienen que diferencias en el aporte proteico podrían influir en el peso de aquellos órganos, como el hígado o el riñón, que participan activamente en el metabolismo proteico (Fluhaly y McClure, 1997; Manso *et al.*, 1998c). En este sentido, cabe indicar que en el presente estudio los corderos criados con el sistema alternativo consumieron alrededor de 70% más de proteína que los del sistema convencional. No obstante, Rodríguez (2005) no observó efecto sobre el peso de la sangre o de los despojos rojos en corderos Merinos cebados con el sistema convencional o con un sistema alternativo de libre elección similar al evaluado en el presente estudio. Las diferencias en la ingestión de proteína entre tratamientos experimentales en el trabajo señalado, sin embargo, fueron de menor magnitud a las observadas en nuestro estudio.

Los tejidos del tracto digestivo presentan una tasa de recambio muy alta en comparación con otros tejidos, por lo que las necesidades proteicas son elevadas. Son muchos los trabajos de los que se desprenden diferencias en el desarrollo del tracto digestivo debidas al contenido proteico de la dieta (Mantecón *et al.*, 1990; Giráldez *et al.*, 1991; Iason y Mantecón, 1993; Manso, 1994; Fluharty y McClure, 1997). En nuestro caso no se evidenció un efecto del incremento del consumo de proteína bruta sobre el desarrollo del aparato digestivo. No obstante, en nuestro ensayo no se obtuvieron los pesos por separado de las diferentes secciones del tracto digestivo y, por tanto, no fue posible comprobar si el sistema de alimentación pudiera haber determinado un desarrollo diferencial del sistema digestivo.

Como se mencionó anteriormente, el sexo influyó en el peso de la sangre, siendo ligera pero significativamente menor en las hembras que en los machos. Estos resultados están en concordancia con los registrados por López *et al.* (1992) en corderos tipo ternasco de raza Lacha, sacrificados aproximadamente a los 25 kg de peso.

Se ha observado que el volumen sanguíneo aumenta proporcionalmente con el peso corporal magro (Sjaastad *et al.*, 2010). Esta circunstancia podría explicar, en parte, el efecto observado en el presente estudio, ya que el peso vivo vacío magro (sin grasa) fue mayor en los machos que en las hembras ( $20436 \pm 191,6$  vs.  $19877 \pm 202,3$  g, respectivamente).

El sexo también influyó en el peso de los despojos blancos, presentando los machos valores mayores ( $1802 \pm 91,2$  vs.  $1635 \pm 185,5$  g). Estas diferencias están en concordancia con los trabajos publicados por López *et al.* (1992), en corderos tipo ternasco de raza Lacha, y por Domenech *et al.* (2001) y Peña *et al.* (2005), en corderos de raza Segureña. Por lo contrario, De La Fuente *et al.* (1998) no hallaron diferencias significativas en el peso de las vísceras, tanto en términos absolutos (g) o como proporción del peso vivo vacío, en corderos de raza Rubia de Molar, sacrificados aproximadamente a los 22 kg de peso.

Es oportuno señalar, que el efecto del sexo estuvo condicionado por el tipo de dieta que recibieron los animales, siendo el efecto más intenso en los animales criados con el sistema de libre elección. Cabe señalar que las diferencias entre sexos en la velocidad de crecimiento así como en la deposición de grasa fueron también de mayor intensidad en este tratamiento experimental, posiblemente como consecuencia del mayor consumo de proteína que permitió expresar el mayor potencial de crecimiento de los machos respecto de las hembras. Cabe indicar que, aunque no alcanzaron significación estadística, en todos los componentes de la no canal estudiados, con excepción de la lana, el peso fue mayor en los machos que las hembras, lo que sugiere un efecto más general que específico sobre un componente particular. Este efecto general probablemente esté determinado por el mayor grado de engrasamiento de las hembras.

El efecto opuesto observado sobre la lana podría ser explicado por la mayor duración del periodo de cebo en el caso de las hembras ( $42,9 \pm 2,03$  vs.  $34,0 \pm 2,07$  días), ya que no se observaron diferencias ni en la ingestión de energía ni de proteína atribuibles al sexo.

### 6.2.2.2. Depósitos de grasa interna

Estudios previos han puesto de manifiesto que la alimentación puede influir en la deposición de grasa, especialmente cuando el contenido de proteína es limitante respecto a la energía disponible (Purroy *et al.*, 1992; Manso *et al.*, 1998c; Hegarty *et al.*, 1999; Joy *et al.*, 2008a y b). En este sentido, Rodríguez (2005), en un experimento realizado con corderos de raza Merina y en el que comparó un sistema de cebo convencional con otro basado en la libre elección de alimentos, similar al empleado en el presente estudio, observó que los animales criados con el sistema convencional presentaron una mayor deposición de grasa interna, lo que atribuyeron a las diferencias observadas en la relación entre la energía y la proteína de las dietas consumidas.

En el presente estudio, sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el peso de los diferentes depósitos adiposos atribuibles al sistema de alimentación. No obstante, estos resultados requieren un análisis más detallado. Aunque la interacción dieta x sexo no fue significativa, se pudo observar que en el caso de las hembras los pesos de la GIT y de la GDT fueron muy similares en los animales criados con los dos sistemas de alimentación. Este hecho, unido a la similar ganancia diaria de peso, sugiere que el aporte de proteína que recibieron las hembras del grupo Control fue suficiente para alcanzar el máximo potencial de crecimiento y que las hembras del grupo de Libre elección consumieron un exceso de proteína, que fue transformada en grasa.

Por el contrario, en el caso de los machos, las diferencias observadas en la ingestión de energía y de proteína se tradujeron en diferencias en la ganancia diaria de peso. No alcanzaron, sin embargo, significación estadística las diferencias observadas en el peso de los depósitos adiposos, aunque en todos los depósitos adiposos el peso fue menor (12,5 % para la GIT, 9,8 % para la GDT) en los animales criados con el sistema de Libre elección. La ausencia de significación estadística posiblemente sea atribuible a la elevada variación individual ( $CV = 27 \pm 2,1\%$  y  $26 \pm 3,2\%$  para la GIT y GDT, respectivamente).

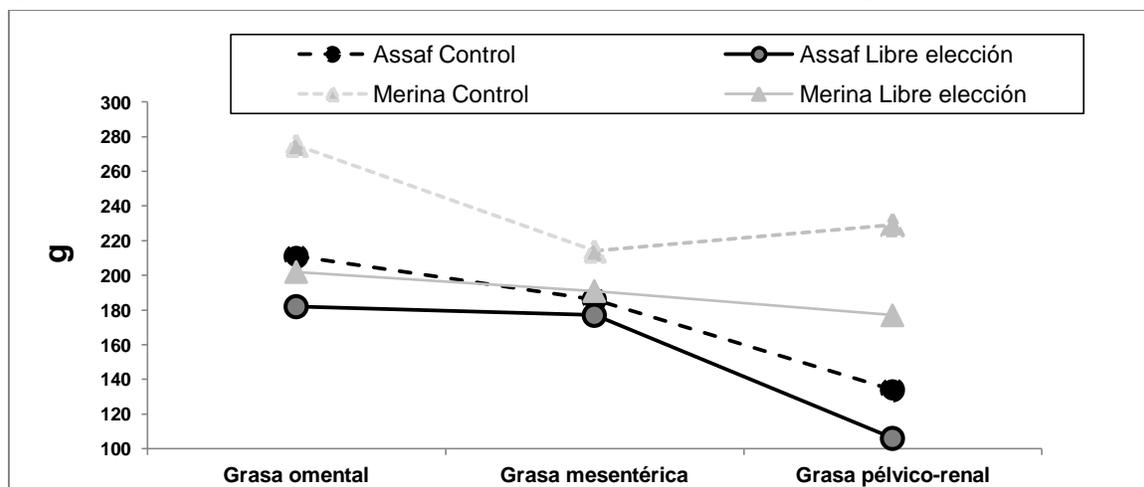
Desde un punto de vista biológico, estos resultados sugieren que el contenido de proteína en el pienso compuesto ofrecido a los animales del grupo Control podría haber sido insuficiente para que los animales expresasen su máxima potencial de ingestión y de crecimiento, determinando que una proporción mayor de la energía consumida se

destinase a la deposición de grasa, en comparación con los animales del grupo Libre elección.

Independientemente del sistema de alimentación, las hembras presentaron mayores depósitos de grasa interna que los machos, lo que concuerda con lo observado en otras razas de ovino, en animales sacrificados a un peso y edad similar a los utilizados en el presente estudio (Domenech *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Rodríguez, 2005; Peña *et al.*, 2005). El tejido adiposo es un tejido de deposición tardía y el efecto del sexo sobre la deposición de grasa está relacionado con la mayor precocidad de las hembras en el desarrollo (Pomeroy, 1959; Olivier, 1967; Fourie, 1970; Castrillo, 1976; Castrillo, 1979a).

Como se puede apreciar en la Figura 6.3, cuando se comparó el contenido de grasa interna y su distribución en la raza Assaf con el patrón observado en la raza Merina (en corderos criados con sistemas similares y sacrificados a pesos semejantes) se observó que los corderos de la raza Assaf presentaron una mayor deposición de grasa interna y con un patrón de distribución diferentes. Así, en la raza Merina el mayor depósito lo constituyó la grasa omental, con escasas diferencias entre los otros dos depósitos de grasa (mesentérica y pélvico-renal). En la Assaf, sin embargo, no se observaron diferencias entre los depósitos omental y mesentérico, siendo mucho menor el depósito de grasa pélvico-renal.

**Figura 6.3. Comparación del peso (g) de los depósitos internos de grasa (omental, mesentérica y pélvico-renal) en corderos de raza Assaf<sup>1</sup> y Merina<sup>2</sup>, sacrificados a los 25 kg de peso.**



<sup>1</sup> Assaf: datos propios; <sup>2</sup> Merina: Rodríguez (2005).

Algunos autores sostienen que el patrón de distribución del contenido graso en los depósitos internos está sujeto a diferentes factores como son el grado de madurez (McClelland *et al.*, 1976) o el tipo de producción, presentando las razas de carne una mayor deposición de grasa subcutánea y una menor deposición de grasa digestiva, es decir, omental u mesentérica, en comparación con las razas especializadas en la producción de leche (Wood *et al.*, 1980; Kempster, 1981; Jones, 1982; Truscott *et al.*, 1983). Sobre esta base, en la comparación entre las razas Assaf y Merina se hubiese esperado hallar diferencias a favor de la raza Assaf en los depósitos internos de grasa, hecho que no ocurrió. No obstante, es importante destacar que la raza Assaf es una raza de cola grasa, que deposita una importante cantidad de tejido adiposo en esta zona anatómica. De hecho, el peso del rabo fue, de media, en torno a 120 g superior en los corderos de raza Assaf (199 g) respecto a los datos registrados por Rodríguez (2005) en corderos de raza Merina (70 g). En cualquier caso, la mayor deposición de grasa en la zona de la cola en los corderos de raza Assaf no permitió explicar las diferencias observadas en los depósitos de grasa interna y, además, la comparación de datos de composición química de la no canal y de la canal, así como los datos de composición tisular de la espalda reflejaron una mayor deposición de grasa, en general, en los corderos de raza Merina.

#### **6.2.2.3. Composición química de la no canal**

Como cabría esperar, no se observaron diferencias en los contenidos de proteína o de minerales atribuibles a las fuentes de variación estudiadas, lo que concuerda con los observado por otros autores (Mahgoub y Lu, 2004; Rodríguez, 2005).

En términos generales, los contenidos de agua y de grasa están inversamente relacionados, como sucede en el presente estudio, y, además, son parámetros que son condicionados tanto por la alimentación como por el sexo (Snowder *et al.*, 1994; Mahgoub y Lu, 2004; Lewis y Emmans, 2007).

Aunque la interacción no fue significativa, las diferencias observadas en el presente estudio en los contenidos de agua y de grasa entre los dos sistemas de alimentación evaluados fueron más evidentes en los machos que en las hembras, lo que concuerda con los resultados obtenidos en los depósitos de grasa interna, anteriormente discutidos. De hecho, el contenido de grasa de la no canal presentó una correlación estadísticamente

significativa con el contenido de grasa digestiva total ( $r=0,90$ ;  $p<0,001$ ) e interna total ( $r=0,91$ ;  $p<0,001$ ).

Cabe señalar que, en un ensayo similar al del presente estudio, Rodríguez (2005) también observó que el contenido de grasa en la no canal era mayor en los animales del sistema control respecto a los criados con un sistema de libre elección. En el citado trabajo, los animales del sistema de libre elección también presentaron valores de ganancia diaria de peso superiores a los del grupo control.

El efecto del sexo sobre la composición química de la no canal también estuvo en concordancia con los resultados observados en los depósitos de grasa interna y corroboró los resultados obtenidos en la Prueba 1, confirmando que en la raza Assaf el dimorfismo sexual en la composición corporal se manifiesta a una edad temprana, de forma similar a lo observado en otras razas (Castrillo, 1979a; Beriain *et al.*, 2000).

### **6.2.3. Calidad de la canal**

#### **6.2.3.1. Peso canal caliente y fría, pérdidas por oreo, rendimientos, conformación y grado de engrasamiento**

En el presente estudio se observaron diferencias en la ingestión total de materia seca y de proteína y, como consecuencia de ello en la velocidad de crecimiento, atribuibles al sistema de alimentación. Sin embargo, estas diferencias no influyeron en el peso de la canal caliente o fría ni en los rendimientos comercial y verdadero. Esta ausencia de efecto podría obedecer a que el contenido de proteína no fue limitante en el sistema convencional, viéndose afectado el ritmo de crecimiento por la menor ingestión de alimento pero no la composición de la ganancia.

Similares resultados fueron obtenidos por Şhasin *et al.* (2003), respecto del peso de la canal caliente y al rendimiento comercial, cuando compararon estos mismos sistemas de alimentación en corderos de raza Awassi, sacrificados entre los 41-43 kg. Rodríguez *et al.* (2007a) tampoco hallaron diferencias en el peso de la canal caliente en corderos de raza Merina, sacrificados aproximadamente a los 25 kg, criados con el sistema convencional de paja y pienso a voluntad o con un sistema alternativo en el que los animales pudieron elegir entre cebada en grano, torta de soja y corrector vitamínico-mineral. Sin embargo, sí observaron diferencias en el rendimiento comercial, que fue un 2% superior en los animales que fueron alimentados con el sistema convencional. Estos

autores también observaron que los corderos criados con el sistema convencional presentaban un mayor peso de los depósitos grasos digestivos y un menor peso de la lana, lo que sugiere que el suministro proteico de la dieta fue insuficiente en relación con la energía disponible para la síntesis de proteínas de los tejidos, y como consecuencia, se depositaría una mayor proporción de grasa.

Es importante aclarar que nuestros datos estuvieron en línea con lo indicado por Purroy *et al.* (1992), quienes observaron que el contenido de proteína bruta no siempre se traduce en una mejora del rendimiento de la canal. Cabe señalar, por otra parte, que los valores obtenidos en nuestro estudio están en concordancia con el rango de valores señalados por otros autores en corderos de las razas Churra Tensina (Joy *et al.*, 2008a), Merina (Bodas, 2004; Rodríguez *et al.*, 2007a; Manso *et al.*, 2008 y 2009; López-Campos *et al.*, 2011), Ojalada (Manso *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2005), Rasa Aragonesa (Castrillo *et al.*, 1989), Sarda (Rizzi *et al.*, 2002), Segureña (Peña *et al.*, 2005), Talaverana (Velasco *et al.*, 2004).

En lo que se refiere a las pérdidas por oreo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas atribuibles al sistema de alimentación, siendo el valor medio hallado para ambos sistemas de  $2,56 \pm 0,079$  %. Estos valores en general están en concordancia con los trabajos publicados en corderos de otras razas, criados en sistemas de cebo intensivo convencional y sacrificados a pesos similares (Vergara *et al.*, 1999d; Rodríguez, 2005; Manso *et al.*, 2008 y 2009; Carrasco *et al.*, 2009; López-Campos *et al.*, 2011).

La conformación de la canal tampoco varió con el sistema de alimentación. Los valores de conformación de la canal fueron superiores a los obtenidos por Ferret *et al.* (1991) en corderos de raza Ripollesa, por Osório *et al.* (1999) en corderos de raza Polwarth, por Cañeque *et al.* (2003) en corderos de raza Talaverana, por Cano-Expósito *et al.* (2003), por Peña *et al.* (2005) en corderos de raza Segureña, por Bessa *et al.* (2008) en corderos de raza Branco Merina, por Campo *et al.* (2009) en corderos de raza Cartera y Carrasco *et al.* (2009) en corderos de raza Churra Tensina. Por el contrario, los valores observados fueron similares a los obtenidos por Manso *et al.* (2002) en corderos de raza Ojalada, Medel *et al.* (2002) en corderos de raza Rasa Aragonesa (ecotipo Valle y Turolense), Díaz *et al.* (2002) en corderos de raza Talaverana o Rodríguez (2005) en corderos de raza Merina.

El sistema de alimentación no influyó en la valoración subjetiva del grado de engrasamiento, lo que estuvo en concordancia con la ausencia de diferencias observadas en la composición tisular de la espalda y en la composición química de la canal. Por otra parte, cabe mencionar que los valores obtenidos fueron similares a los señalados por Manso *et al.* (2002) y Castro *et al.* (2005) en corderos de raza Ojalada y por Horcada *et al.* (2005) en corderos de raza Montesina. Valores superiores han sido señalados por Ferret *et al.* (1991) en corderos destetados y no destetados de raza Ripollesa sacrificados entre los 23 y 24 kg de peso, Huidobro y Cañeque (1993b) y Vergara *et al.* (1999d) en corderos de raza Manchega sacrificados entre los 25 kg y 27 kg de peso, Cañeque *et al.* (2001) y Velasco *et al.* (2004) en corderos de raza Talaverana sacrificados a los 28 kg de peso, por Alcalde *et al.* (2001) y Cano-Expósito *et al.* (2003) en corderos de raza Segureña, Martínez-Cerezo *et al.* (2004) en corderos de las razas Rasa Aragonesa, Churra y Merina para los pesos al sacrificio entre 20 y 32 kg, Carrasco *et al.* (2008) en corderos ternasco de raza Raza Aragonesa sacrificados entre los 22 y 24 kg de peso, por Manso *et al.* (2008) en corderos de raza Merina sacrificados entre 24 y 25 kg, Sanz *et al.* (2008) y Carrasco *et al.* (2009) en corderos de raza Churra Tensina tipo ternasco sacrificados entre los 20 y 24 kg de peso, Campo *et al.* (2009) en corderos de raza Cartera sacrificados a los 23 kg de peso y Blanco *et al.* (2014a) en corderos de raza Merina sacrificados a los 27 kg de peso.

En animales de igual sexo, con el mismo peso al sacrificio y similar estado de desarrollo, la conformación de la canal es consecuencia del grado del engrasamiento de la misma y de la forma y desarrollo de los músculos en relación con la estructura ósea subyacente. La ausencia de diferencias en la conformación de la canal en el presente estudio, por tanto, estuvo en consonancia con la ausencia de diferencias en el grado de engrasamiento general de la canal.

En cualquier caso, las diferencias o similitudes entre estudios realizados con diferentes genotipos deben interpretarse con sumo cuidado considerando el diferente grado de madurez de los genotipos comparados pues, como señalan McClelland *et al.* (1976) y Pollot *et al.* (1994), hay escasas diferencias entre razas cuando se comparan a igual grado de madurez.

El sexo solo influyó en el grado de engrasamiento de la canal. Cabe indicar, en primer lugar, que la valoración subjetiva estuvo en concordancia con los datos de

composición tisular y composición química, que se discutirán en apartados posteriores. Por otra parte, numerosos trabajos de investigación coinciden con las conclusiones de Colomer y Kirton (1975), quienes afirman que las canales de hembras, sacrificadas a igual peso que los machos, presentan mayor proporción de grasa. Los resultados obtenidos en el presente estudio, por tanto, concuerdan con este principio general.

#### 6.2.3.2. pH y color

El valor pH del músculo a las 24 horas *post mortem* no excedió el rango de 5,2 a 5,8 considerado normal (Cornforth, 1999). Los valores obtenidos, por otra parte, fueron similares a los señalados para otras razas, tales como la raza Canaria de Pelo (Ahmed-Salek *et al.*, 2002), Churra Tensina (Carrasco *et al.*, 2009), Kivircik (Ekiz *et al.*, 2012a), Manchega (Vergara *et al.*, 1999d), Merina (Hopkins y Fogarty, 1998a; López *et al.*, 2002; Bodas, 2004; Rodríguez, 2005; López-Campos *et al.*, 2011), Merina Turca, Ramlic, Kivircik, Chios y Imroz (Ekiz *et al.*, 2009), Merinizzata (Luciano *et al.*, 2012), Montesina (Horcada *et al.*, 2005), Rasa Aragonesa (Sañudo *et al.*, 1996; Ripoll *et al.*, 2013; Aguayo-Ulloa *et al.*, 2015), Sarda (Rizzi *et al.*, 2002), Talaverana (Díaz *et al.*, 2002; Velasco *et al.*, 2004) o diferentes cruces de la raza Suffolk (McGeehin *et al.*, 2001).

Ni el sistema de alimentación ni el sexo influyeron en el pH muscular en el momento del sacrificio o tras 24 horas de oreo. La ausencia de efecto del sistema de alimentación se puede considerar lógica dado que, en primer lugar, no cabría esperar diferencias entre dietas en el contenido de glucógeno en el músculo, que es el principal factor condicionante del pH final de la carne (Tarrant y Sherington, 1980; Thèriez *et al.*, 1981; Pinkas *et al.*, 1982; Bray *et al.*, 1989; Aalhus y Price, 1991; Devine *et al.*, 1993; Lawrie, 1998b; Sañudo *et al.*, 1996; Immonen *et al.*, 2000; Yacob *et al.*, 2005; Abdullah y Qudsieh, 2009; Vetharanim *et al.*, 2010). Por otra parte, tampoco se observaron diferencias en el grado de engrasamiento que pudieran modular el efecto del periodo de oreo sobre los procesos enzimáticos *post mortem* (Díaz *et al.*, 2002; Sañudo *et al.*, 2005; Muela *et al.*, 2010).

Respecto al efecto del sexo, en la bibliografía consultada se han encontrado trabajos que indican diferencias en la evolución *post mortem* del pH de la carne entre machos y hembras (McGeehin *et al.*, 2001; Bello Dronda *et al.*, 2009; Hashimoto *et al.*, 2009), si bien en numerosos trabajos, en concordancia con lo observado en nuestro estudio, no se detectaron diferencias atribuibles al sexo (Horcada *et al.*, 1998; Sañudo *et al.*

*al.*, 1998b; Vergara *et al.*, 1999d; Alcalde *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2003a y b; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2007; Tejeda *et al.*, 2008; Cloete *et al.*, 2012).

En lo referido al color de la grasa de la canal, el sistema de alimentación influyó en los parámetros  $a^*$  y  $b^*$ , la saturación y el tono, siendo los valores registrados para los 3 primeros parámetros mayores en los corderos criados con el sistema alternativo. Por el contrario, el tono del color fue mayor en la grasa subcutánea de los corderos criados con el sistema convencional.

La luminosidad ( $L^*$ ) no se vio afectada por el sistema de alimentación, de forma similar a lo observado por Rodríguez (2005), aunque en corderos de raza Merina. En cualquier caso, los valores fueron similares a los publicados por diferentes autores en corderos de diferentes razas criados de acuerdo con el sistema convencional (Landa *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2002; Cañeque *et al.*, 2003; Velasco *et al.*, 2004; Manso *et al.*, 2008; Perlo *et al.*, 2008; Ripoll *et al.*, 2008 y 2012; Aguayo-Ulloa *et al.*, 2015).

Es conocido que la alimentación puede influir tanto en el color del músculo como de la grasa. La alimentación puede tener un efecto directo relacionado con el aporte de algunos pigmentos, como los carotenoides que pueden proporcionar un color más amarillento al músculo y a la grasa (Forrest, 1981; Yang *et al.*, 1992; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005, Ripoll *et al.*, 2008 y 2012; Santé-Lhoutellier *et al.*, 2008; De Oliveira *et al.*, 2012).

En el presente estudio, los corderos de los dos tratamientos experimentales consumieron los mismos alimentos concentrados (cebada y torta de soja), si bien en proporciones diferentes. No obstante, no existen diferencias importantes entre estos alimentos en el contenido de pigmentos carotenoides, que pudieran influir en el color (De Oliveira *et al.*, 2012). Por otra parte, el forraje ofertado en el sistema convencional (paja de cebada) tampoco constituye una fuente de pigmentos que pueda influir en el color.

No obstante, los corderos criados con el sistema alternativo consumieron una mayor cantidad de torta de soja y una menor de cereal (cebada), lo que implica diferencias en la relación proteína/energía en la dieta consumida. Estas diferencias no se tradujeron en variaciones en el contenido de grasa intramuscular, como sugieren los datos de composición química del *Longissimus dorsi*, ni en la intermuscular, como reflejan los datos de composición tisular de la espalda. Sin embargo, el contenido de grasa subcutánea fue numéricamente inferior en los corderos criados con el sistema alternativo.

Estas diferencias numéricas, considerando el escaso grosor de la grasa subcutánea, podrían alterar la determinación del color, trasladando parte del color del músculo a la grasa; efecto que sería mayor cuanto menor fuese el grosor de la grasa subcutánea, en especial para aquél parámetro cuyo valor sea superior en el músculo que en la grasa, como sucede con el índice de rojo ( $a^*$ ). No obstante, de ser así cabría esperar que las hembras, al presentar mayor deposición de grasa, presentasen menores valores del parámetro  $a^*$  que los machos y no ha sido así.

Por otra parte, la forma de administración del cereal (entero vs. molido) y el diferente consumo de forraje (paja) y de cereal y torta de soja entre tratamientos podría haber modificado el perfil de ácidos grasos y afectar también al color. De hecho, se ha observado cierta relación entre la proporción de los ácidos grasos monoinsaturados y saturados presentes en los tejidos y el índice de amarillo, aumentando éste al hacerlo la proporción de ácidos grasos monoinsaturados (Zhou *et al.*, 1993). En el presente trabajo no se ha determinado el perfil de ácidos grasos ni del músculo ni de la grasa subcutánea. No obstante, Rodríguez (2005) comparó el perfil de ácidos grasos de corderos Merinos criados con el sistema convencional de paja y pienso compuesto con el de corderos criados con un sistema de libre elección similar al empleado en el presente estudio y no observó diferencias en el perfil de ácidos grasos atribuibles a la dieta, ni en la grasa subcutánea, ni en la grasa intermuscular. Cabe señalar que en el citado estudio tampoco se observaron diferencias ni en el parámetro  $a^*$  ni en el  $b^*$  de la grasa subcutánea, cuyos valores fueron similares a los registrados en el presente estudio.

Obviamente, el diferente efecto registrado en nuestro estudio y en aquél realizado por Rodríguez (2005) podría estar relacionado con diferencias en la deposición de grasa, tanto en cantidad como en distribución, entre genotipos. De hecho, el contenido de grasa en el músculo *Longissimus dorsi* de los corderos de raza Merina duplicó el contenido de grasa, respecto de nuestro estudio. Diferencias similares, se observaron en el contenido de la grasa subcutánea y solamente fueron semejantes en el contenido de la grasa intermuscular de la espalda.

En relación a los parámetros de  $H^*$  y  $C^*$ , la grasa subcutánea de las canales de los corderos del grupo Control presentó mayores valores de tono pero menores de saturación, lo que sugiere la presencia de una grasa más blanca. Como se señaló anteriormente, el contenido de grasa subcutánea fue mayor en el sistema convencional y

esa deposición mayor podría haber producido un efecto de dilución, asumiendo que no hubo diferencias, entre tratamientos, en la ingestión total de alimento y, por extensión y considerando las materias primas consumidas, posiblemente de pigmentos.

En lo que se refiere al sexo, no se observó efecto alguno sobre los parámetros colorimétricos de la grasa subcutánea, a pesar del mayor grado de engrasamiento de las hembras. Resultados similares fueron obtenidos por Ripoll *et al.* (2012) en corderos lechales de raza Ojinegra. Por el contrario, Díaz *et al.* (1999) evaluando corderos lechales de raza Manchega sacrificados a los 10, 12 y 14 kg de peso vivo, observaron solamente diferencias en la luminosidad de la grasa subcutánea con valores menores en la hembras, respecto de los machos evaluados. El patrón opuesto fue observado por Panea *et al.* (2010) en corderos lechales de raza Ansontana.

Cabe indicar que las hembras consumieron mayor cantidad de alimento que los machos para alcanzar el mismo peso de sacrificio. No obstante, como se señaló anteriormente, no cabe esperar que las raciones empleadas presenten contenidos importantes de pigmentos carotenoides y tal vez por ello la mayor ingestión de las hembras podría haberse compensado con una mayor deposición de grasa, por lo que no se modificaría su color.

### **6.2.3.3. Medidas morfológicas**

No se observaron diferencias estadísticamente significativas debido a la interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para ninguna de las variables estudiadas. Sin embargo, al estudiar los efectos por separado, se pudieron observar algunas diferencias entre sexos y en menor grado entre sistemas de alimentación.

La mayoría de los autores coincide en señalar que el tipo de alimentación no ejerce un efecto claro sobre las medidas de conformación de la canal (Purroy *et al.*, 1989; Kandylis *et al.*, 1999; Petit *et al.*, 2000; Landa *et al.*, 2001; Manso *et al.*, 2002). En el caso que nos ocupa, deberían producirse grandes variaciones en el contenido energético o proteico de la dieta, o modificar en gran medida la relación forraje/concentrado para encontrar variaciones en algunas medidas morfológicas cuando los animales se sacrifican a peso constante, ya que en otro caso, éstas serían poco apreciables, tal y como ha sucedido en el presente estudio, en el que únicamente se han encontrado diferencias en el perímetro de la grupa atribuibles al sistema de alimentación.

Cabe señalar que Rodríguez (2005), comparando dos sistemas de alimentación similares a los empleados en el presente estudio, no encontró diferencias en la morfología de las canales.

El sexo influyó significativamente en el perímetro de la grupa, en la profundidad del tórax y en la longitud de la pierna. Así, las hembras presentaron un valor promedio mayor en el perímetro de la grupa ( $56,4 \pm 1,60$  vs.  $55,2 \pm 1,04$ ) y un valor promedio menor en la profundidad del tórax ( $24,8 \pm 0,656$  vs.  $24,2 \pm 0,492$ ) que los machos. El mayor perímetro de la grupa podría estar relacionado con el mayor grado de engrasamiento de las hembras.

La menor profundidad del tórax y longitud de la pierna de las hembras está en concordancia con los resultados obtenidos por otros autores en otras razas de ovino (Cano-Expósito *et al.*, 2003; Peña *et al.*, 2005) y probablemente obedece a la menor altura de las hembras respecto a los machos, aunque en el presente experimento no se midió la altura a la cruz y no puede confirmarse esta relación.

En cualquier caso, al comparar la morfología de las canales de los corderos de raza Assaf con aquellas de razas autóctonas, se observó que los corderos de raza Assaf presentaron valores superiores en todas las medidas lineales respecto a aquellos señalados por Horcada *et al.* (2005) en corderos de raza Montesina y por Rodríguez (2005) y López-Campos *et al.* (2011) en corderos de raza Merina. En cambio, Manso *et al.* (2002), en corderos de raza Ojalada, obtuvieron valores superiores en el perímetro y anchura de la grupa y la longitud interna de la canal, e inferiores en la longitud de la pierna y profundidad del tórax.

Los valores obtenidos para los índices de compacidad de la canal y de la pierna fueron menores a los señalados para corderos de raza Merina, sacrificados a similar peso (Landa *et al.*, 2001; Rodríguez, 2005). Medel *et al.* (2002) señalan valores de ICC para corderos de Rasa Aragonesa ecotipo Valle y Turolense inferiores a los registrados en el presente estudio.

#### **6.2.3.4. Composición regional (despiece)**

El sistema de alimentación únicamente influyó en el peso de la pierna, si bien las diferencias entre tratamientos fueron de escasa magnitud (alrededor del 3%) y no guardaron relación con diferencias en su longitud. La ausencia de un mayor efecto

concuenda con la ausencia de diferencias en las medidas morfológicas y en el grado de engrasamiento de la canal. Cabe indicar que Rodríguez (2005), utilizando el mismo esquema experimental en corderos de raza Merina sacrificados a los 25 kg de peso vivo, observó el efecto opuesto, presentando los animales del grupo control un menor peso de la pierna.

En general, el efecto de la alimentación sobre la composición regional es muy limitado cuando se sacrifica los animales a similar peso y no se producen diferencias importantes en el grado de engrasamiento. Así, por ejemplo, Manso *et al.* (2009) evaluando corderos machos de raza Merina, sacrificados a los 25 kg de peso no hallaron diferencias en el peso de ninguna de las piezas comerciales debidas al efecto de la alimentación cuando incorporaron diferentes aceites vegetales a una dieta basada en la administración a voluntad de un pienso concentrado y paja de cereal. Ahmed-Salek *et al.* (2002) tampoco hallaron diferencias por efecto de la alimentación, en el despiece de la canal de corderos de raza Ovina Canaria de Pelo sacrificados a los 24 kg de peso y criados con una ración convencional (heno + pienso) o con una ecológica (cereales + subproductos de plataneras en forma de hoja o rollo). En este mismo sentido, Sinclair *et al.* (1991) y Fahmy *et al.* (1992) no observaron diferencias en la composición regional al comparar la canal de corderos criados con dietas con diferente contenido o fuentes de proteína.

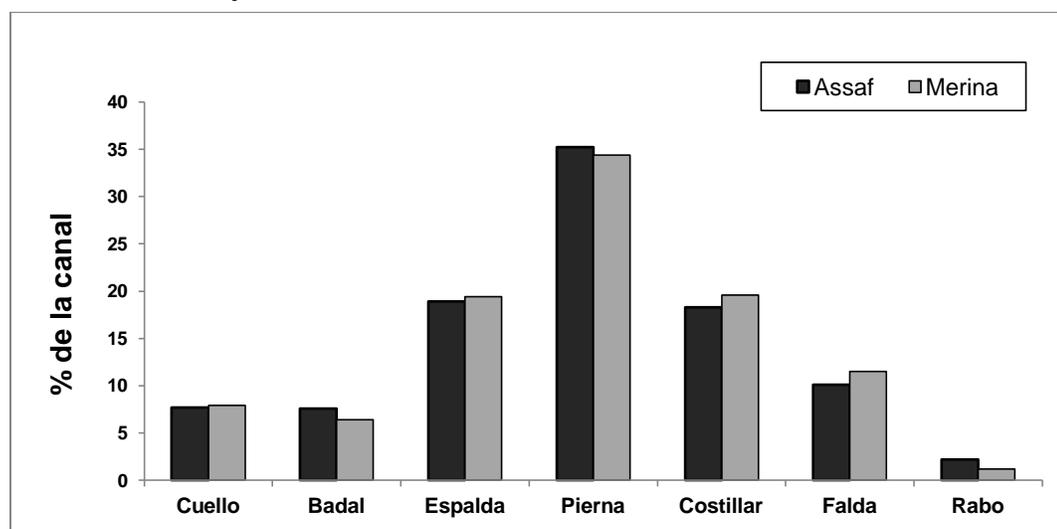
En lo referido al efecto del sexo, las hembras presentaron valores superiores en el peso de la falda y el rabo que los machos estudiados ( $678 \pm 67,9$  vs.  $607 \pm 63,2$  y  $312 \pm 123,1$  vs.  $199 \pm 123,2$ , respectivamente) y en sus respectivos porcentajes ( $11,2 \pm 1,09$  vs.  $10,3 \pm 085$  y  $5,1 \pm 1,91$  vs.  $3,4 \pm 2,14$ ). En la raza Assaf se deposita una importante cantidad de grasa en la zona de la cola, como corresponde a los genotipos de cola grasa. Las diferencias observadas en esta pieza entre sexos lógicamente obedecen a la mayor precocidad de las hembras, que determina una mayor deposición de grasa a edades más tempranas (Hammond, 1932; Domenech, 1988; Peña *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2007).

Las diferencias observadas en el peso de la falda posiblemente guarden relación con la mayor deposición de grasa observada en las hembras y que se hace patente en esta pieza porque se traza de una porción anatómica sin tejido óseo y en la que el tejido

graso suele representar un porcentaje cuantitativamente importante (Huidobro y Cañeque, 1993b; Santos *et al.*, 2007).

Cuando se comparó la composición regional de la canal de los corderos de raza Assaf con la de la raza Merina (Rodríguez, 2005) destacó, como cabría esperar el mayor % representado por el rabo en la raza Assaf. Las diferencias observadas en el costillar, la espalda y la falda podrían estar relacionadas con diferencias en la precocidad y el desarrollo de tejido adiposo en estas piezas (ver Figura 6.4). De hecho, el contenido de grasa subcutánea e intermuscular (16,9 vs. 10,7%) de la espalda y de grasa intramuscular (4,1 vs. 2,1%) del L.Dorsi fueron mayores en los corderos de raza Merina.

**Figura 6.4. Porcentaje del peso de la canal correspondiente a las diferentes piezas comerciales en corderos de raza Assaf<sup>1</sup> y Merina<sup>2</sup>.**



<sup>1</sup> Assaf: datos propios; <sup>2</sup> Merina: Rodríguez (2005).

#### 6.2.3.5. Composición tisular de la espalda

A pesar de la diferente ingestión de energía y de proteína observada entre sistemas de alimentación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la composición tisular de la espalda de los corderos del grupo Control y la de aquellos criados con el sistema de Libre elección. Aunque la interacción entre sistema de alimentación y sexo tampoco fue estadísticamente significativa, cabe señalar que la proporción de tejido muscular fue numéricamente mayor y la de tejido adiposo (suma de grasa subcutánea e intermuscular) menor en los corderos machos criados con el sistema de Libre elección, lo que estuvo en consonancia con la mayor ingestión de proteína y la mayor velocidad de crecimiento.

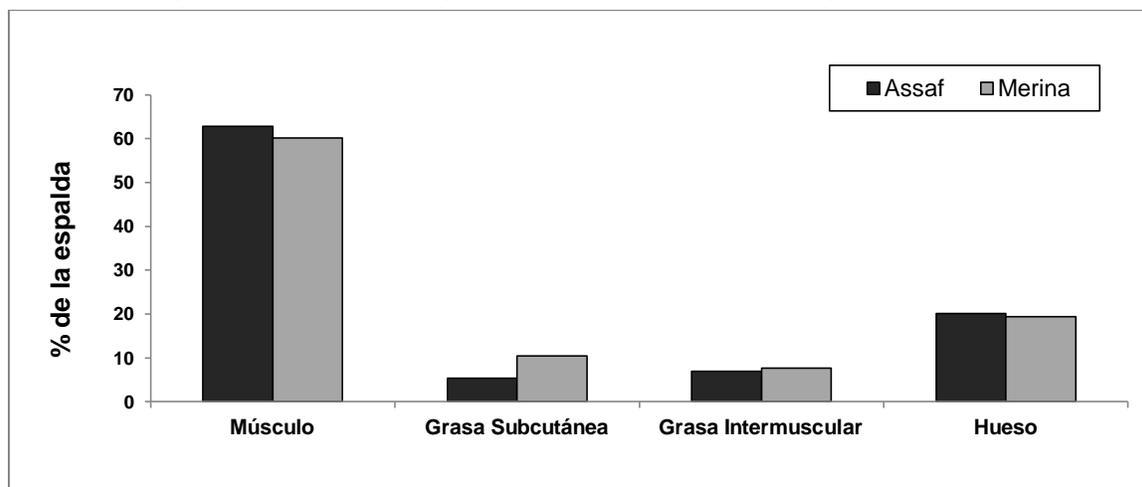
La ausencia de diferencia en el caso de las hembras estuvo en concordancia con la ausencia de diferencias en la ganancia de peso, posiblemente como consecuencia de un menor potencial para la deposición de proteína en las hembras respecto a los machos.

Estos resultados están en concordancia con aquellos estudios que indican que un incremento de la ingestión proteica puede determinar un incremento del tejido magro del animal (Ørskov *et al.*, 1971; Sinclair *et al.*, 1991; Atti *et al.*, 2004). De hecho, en nuestro estudio se observó una correlación significativa y negativa entre el contenido de proteína de la dieta ingerida por los machos y el contenido (g) de grasa intermuscular ( $r=-0,77$ ;  $p<0,05$ ).

Cabe indicar, no obstante, que otros autores no encontraron diferencias en la composición tisular de la canal comparando dietas con diferente contenido de proteína (Solomon y Elsasser, 1991; Bonanno *et al.*, 2011). Es interesante destacar el trabajo realizado por Rodríguez (2005), en corderos machos de raza Merina, comparando dos sistemas de alimentación similares a los empleados en el presente estudio. Esta autora no observó diferencias en la composición tisular de la espalda aunque los animales del grupo sistema libre elección ingirieron una mayor cantidad de proteína bruta que los del grupo sistema convencional. Es oportuno señalar que esta autora tampoco observó diferencias entre los tratamientos implementados en la ganancia diaria de peso, efecto que, sin embargo, sí se observó en nuestro estudio.

Como cabría esperar, la espalda de las hembras presentó una mayor proporción de grasa subcutánea e intermuscular y una menor proporción de hueso. Otros autores han descrito resultados similares en corderos de raza Rasa Aragonesa, sacrificados aproximadamente a los 22 kg (Sañudo *et al.*, 1998b), en corderos de raza Manchega, sacrificados a los 22 kg de peso (Peña *et al.*, 2001) o en corderos Santa Inés y sus cruzamientos con razas especializadas para la producción de carne, sacrificados entre los 28 y 30 kg de peso (Santos *et al.*, 2002).

Cuando se comparó la composición tisular de la espalda de los corderos de raza Assaf con la composición de la misma pieza en corderos de raza Merina (Rodríguez, 2005), se observó que la proporción de músculo fue mayor y la de grasa subcutánea menor que las respectivas proporciones señaladas para la raza Merina, posiblemente debido a que al peso de sacrificio estudiado el grado de desarrollo difirió en ambas razas (ver Figura 6.5).

**Figura 6.5. Composición tisular de la espalda de corderos de raza Assaf<sup>1</sup> y Merina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Datos propios; <sup>2</sup> Rodríguez (2005).

#### 6.2.3.6. Composición química de la canal

Como cabría esperar, dada la ausencia de efecto o la escasa magnitud del mismo en los diferentes parámetros de la canal estudiados (conformación, engrasamiento, composición regional o tisular), no se encontraron diferencias en la composición química de la canal atribuibles al sistema de alimentación.

El sexo influyó en los contenidos de agua y de grasa que fueron menor y mayor, respectivamente, en las hembras. Resultados similares han sido observados por otros autores en corderos de otras razas de ovino sacrificados a pesos similares o inferiores a los del presente estudio (Everitt y Jury, 1966 a y b; Fourier *et al.*, 1970, Castrillo, 1975) y pone de manifiesto la mayor precocidad de las hembras para la deposición de grasa.

Por otra parte, los valores obtenidos se encontraron dentro del rango de valores recogidos en la literatura para corderos de similares características y alimentados en condiciones de cebo intensivo (Manso, 1994; Bodas, 2004; Rodríguez 2005).

#### 6.2.4. Calidad de la carne

##### 6.2.4.1. Área del músculo

Solomon y Elsasser (1991) y Sinclair *et al.* (1991) observaron que la superficie del músculo L.Dorsi se incrementaba al hacerlo la concentración de energía o de proteína de la dieta. En el presente estudio, sin embargo, las diferencias observadas en la ingestión de materia seca y de proteína no se tradujeron en diferencias en el área del músculo

L.Dorsi, en concordancia con lo señalado por Rodríguez (2005), quien tampoco observó efecto al comparar dos sistemas de alimentación similares a los empleados en el presente estudio en corderos de raza Merina.

El sexo tampoco influyó en el área del músculo L.Dorsi, lo que concuerda con la ausencia de diferencias en el peso de la canal y más concretamente del costillar. Estos resultados, no obstante, difirieron de los señalados por Peña *et al.* (2001) en corderos de raza Segureña.

Independientemente del sistema de alimentación, los valores obtenidos se encontraron dentro del rango de valores registrados para corderos de raza Merina, sacrificados con edades y pesos similares a las del presente estudio (Bodas, 2004; Rodríguez, 2005).

#### **6.2.4.2. pH**

Los valores de pH a las 24 horas de oreo, medidos en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* tras el despiece de la canal, como es lógico, fueron ligeramente inferiores a aquellos obtenidos en la canal pero se encontraron dentro del rango de valores que según Cornforth (1999) son deseables para proporcionar a la carne sus propiedades organolépticas particulares y concuerdan con los señalados por otros autores para corderos alimentados en sistemas intensivos de cebo (Sañudo *et al.*, 1998b; Díaz *et al.*, 2002; Priolo *et al.*, 2002; Rodríguez, 2005; Ripoll *et al.*, 2008 y 2012; Nuerenberg *et al.*, 2008; Juárez *et al.*, 2009; López-Campos *et al.*, 2011; Ekiz *et al.*, 2012c; Blanco *et al.*, 2014a; Aguayo-Ulloa *et al.*, 2015).

Desde el punto de vista de la alimentación, las diferencias entre los dos sistemas evaluados se centran fundamentalmente en una mayor ingestión de los corderos criados con el sistema de Libre elección, unido a un mayor contenido de proteína de la dieta consumida y un consumo de cereal en gran parte ingerido en forma de grano entero.

Por lo que se refiere al posible efecto del contenido proteico de la dieta, Lanza *et al.* (2003) no observaron diferencias en el pH de la carne, tras 24 horas de oreo, empleando dietas con diferente contenido de proteína (entre un 14 y un 17%). Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez (2005), en corderos de raza Merina, o por Bonanno *et al.* (2011), en corderos de raza Comisana, al consumir dietas con diferentes contenidos de proteína bruta.

Respecto a la forma de administración de los alimentos, Rodríguez (2005) no halló diferencias en los valores de pH en el *Longissimus dorsi thoracis*, tras 24 horas de oreo, al comparar un sistema de alimentación convencional con uno de libre elección, en el que también se ofertaba a los animales cebada en grano y un suplemento proteico. Cañeque *et al.* (2003) y Velasco *et al.* (2004), ambos en corderos de raza Talaverana, obtuvieron resultados similares.

En lo que respecta al sexo, la ausencia de efecto está en concordancia con lo señalado por otros autores (Horcada *et al.*, 1998; Sañudo *et al.*, 1998b; Vergara *et al.*, 1999d; Alcalde *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2005; Tejeda *et al.*, 2008; Cloete *et al.*, 2012).

#### **6.2.4.3. Color**

Ninguno de los parámetros colorimétricos de la carne, determinados en el presente estudio, se vieron afectados por las fuentes de variación evaluadas (sistema de alimentación y sexo), lo que concuerda con los resultados señalados por Rodríguez (2005), en corderos de raza Merina, y Cañeque *et al.* (2003) y Velasco *et al.* (2004), en corderos de raza Talaverana, quienes compararon sistemas de alimentación similares a los empleados en el presente estudio.

La ausencia de diferencias entre los sistemas de alimentación estudiados está en concordancia con la ausencia de efecto del contenido de proteína de la dieta observada por diferentes autores (White *et al.*, 2002; Lanza *et al.*, 2003; Bonanno *et al.*, 2011). No obstante, algunos trabajos sugieren que la forma de consumir el cereal (molido o en grano entero) sí puede influir en el color de la carne, siendo menor el índice de amarillo ( $b^*$ ) y el tono ( $H^*$ ) en la carne de corderos alimentados con cebada en grano (Velasco *et al.*, 2004).

En lo que se refiere al efecto del sexo, en aquellos trabajos que señalan diferencias debidas al sexo, en general, se detectó que los machos presentan valores para la luminosidad mayores que las hembras (Sañudo *et al.*, 1998b; Teixeira *et al.*, 2005; Cloete *et al.*, 2012). Algunos autores han atribuido este efecto del sexo a diferencias en la velocidad de crecimiento y edad al sacrificio (Bain *et al.*, 2009). En el presente estudio, los machos presentaron una ganancia diaria de peso significativamente más elevada que las hembras pero no se tradujo en diferencias ni en la luminosidad ni en ningún otro de los parámetros colorimétricos determinados, coincidiendo con la ausencia de efecto del sexo

señalada por otros autores (Horacada *et al.*, 1998; Vergara y Gallego, 1999c; Alcalde *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Bianchi *et al.*, 2006; Tejeda *et al.*, 2008).

Independientemente del sistema de alimentación empleado (convencional vs. alternativo) o del sexo, la luminosidad de la carne en los corderos de raza Assaf presentó valores que estuvieron dentro del rango considerado como aceptable, acorde a la cuantificación de este parámetro descrita por White *et al.* (2002). Cuando se compararon con valores registrados para la raza Merina, concordaron con los registrados por Tejeda *et al.* (2008) o López-Campos *et al.* (2012) pero fueron mayores a los publicados por Moran *et al.* (2012) y Blanco *et al.* (2014a). Respecto a otras razas autóctonas, los valores obtenidos fueron mayores a los publicados por Horcada *et al.* (1998) en Rasa Aragonesa, Alcalde *et al.* (2001) y por Cano-Expósito *et al.* (2003) en corderos de raza Segureña o Vergara *et al.* (1999d) en corderos de raza Manchega.

Así mismo, los valores medios obtenidos en el índice de rojo, comparados con los de la raza Merina, fueron semejantes a los publicados por Rodríguez (2005), López-Campos *et al.* (2011) y Morán *et al.* (2012), ligeramente superiores al señalado por Blanco *et al.* (2014a) e inferiores al registrado por Tejeda *et al.* (2008). En cambio, los valores de índice de amarillo fueron ligeramente mayores a los publicados por Rodríguez (2005), López-Campos *et al.* (2011) pero menores a los señalados por Tejeda *et al.* (2008), Morán *et al.* (2012) y Blanco *et al.* (2014a).

#### **6.2.4.4. Capacidad de retención de agua y textura**

La capacidad de retención de agua de la carne depende básicamente de la capacidad de las proteínas para retener el agua y en gran medida esta capacidad está relacionada con el pH del músculo (Forrest *et al.*, 1979; López, 1987; Honikel, 1991; Miller, 2000). Por tanto, la ausencia de efecto del sistema de alimentación y del sexo sobre las pérdidas de agua por presión podría estar relacionada con la ausencia de diferencias en el pH de la carne observada en el presente estudio.

Diferentes estudios señalan que el sexo pueden influir en las pérdidas por cocinado (Johnson *et al.*, 2005; Cloete *et al.*, 2012; Yarali *et al.*, 2014). En el presente estudio, sin embargo, no se observaron diferencias atribuibles al sexo, coincidiendo con los resultados obtenidos por Sañudo *et al.* (1998b), en corderos de raza Rasa Aragonesa, y por Johnson *et al.* (2005), en corderos de raza Texel y Texel x Coopworth y por Santos *et al.* (2007), en corderos de raza Churra da Terra Quente. Cabe indicar que en nuestro

estudio el sexo influyó en el contenido de grasa de la carne pero no influyó en el contenido de proteína y no se observaron diferencias en la relación entre el contenido de agua y de proteína (3,68 vs. 3,66 g agua/g proteína para los machos y hembras, respectivamente).

El sistema de alimentación, sin embargo, sí influyó en las pérdidas por cocinado, que fueron mayores en los animales cebados con el sistema convencional. Rodríguez (2005) observó el fenómeno opuesto, al comparar la carne de corderos de raza Marina criados con el sistema convencional y con un sistema de libre elección. No obstante, al contrario de lo observado en el presente estudio, esta autora no observó diferencias en la ganancia diaria de peso pero sí en la composición de la carne, siendo mayor el contenido de grasa y menor el de agua en los corderos criados con el sistema convencional.

La ausencia de efecto sobre la composición química de la carne, en nuestro estudio, sugiere, por tanto, diferencias en la sensibilidad de la carne de ambos sistemas al efecto de la temperatura. Es oportuno señalar que las diferencias observadas son debidas fundamentalmente a un bajo valor en la carne procedente de los machos del grupo de Libre elección. Estos animales presentaron un ritmo de crecimiento muy superior al resto de los grupos y esto podría haber afectado a la estructura del músculo, ya que la edad al sacrificio de los machos de este grupo (sistema alternativo) fue claramente inferior ( $29,2 \pm 3,06$  días) al del resto de los grupos ( $41,6 \pm 7,06$  días).

Independientemente del efecto del sistema de alimentación, cabe indicar que los valores obtenidos tanto para las pérdidas por presión como por cocinado se encontraron dentro del rango de valores recogidos en la bibliografía para corderos de raza Merina (Bodas, 2004; Rodríguez, 2005; López-Campos *et al.*, 2011; Cloete *et al.*, 2012).

La dureza de la carne (resistencia al corte) depende de múltiples factores, siendo el contenido de grasa intramuscular uno de los factores señalados (Fishell *et al.*, 1985; Kinsella, 1988; Kadim *et al.*, 1993; Dubeski *et al.*, 1997; Sañudo, 2006). En el presente estudio no se observaron diferencias atribuibles al sistema de alimentación en el contenido de grasa de la carne pero sí entre sexos.

Algunos autores han observado diferencias en la dureza de la carne de cordero entre sexos, que se relacionaron con las diferencias en el contenido de grasa (Alcalde *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Johnson *et al.*, 2005; Cloete *et al.*, 2012). En el presente estudio, se observaron diferencias en el contenido de grasa debidas al sexo pero

no al sistema de alimentación. Sin embargo, ni el sistema de alimentación ni el sexo influyeron en la dureza de la carne.

Cabe indicar, que estos resultados estuvieron en concordancia con los obtenidos por otros autores. Así, por ejemplo, Sañudo *et al.* (1998b) y Teixeira *et al.* (2005) tampoco observaron diferencias en la dureza de la carne debidas al sexo. De igual modo, Rodríguez (2005) tampoco encontró diferencias al comparar la carne de corderos cebados con un sistema convencional con aquella otra procedente de animales criados con un sistema de libre elección, incluso con diferencias en el contenido de grasa.

La dureza de la carne depende también de otros factores, tales como la estructura y composición del tejido conectivo o del proceso de degradación de las fibras proteicas *post mortem* (Miller, 2000; Purslow, 2005; Koochmarai y Geeskin, 2006).

La composición y estructura del tejido conectivo depende, en gran medida, de la edad de los animales, de manera que la densidad de la fibra y el grosor del endomisio y perimisio aumentan con la edad, disminuyendo paralelamente el contenido de colágeno soluble (Veiseth *et al.*, 2004; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005; McCormick, 2009; Wottysiak, 2013). La velocidad de degradación de la proteína está condicionada, fundamentalmente, por la evolución *post mortem* del pH y de la temperatura (Geesink *et al.*, 2000).

En el presente estudio no se observaron diferencias en el pH a las 24 horas ni debidas al sistema de alimentación ni al sexo y cabe esperar que la evolución *post mortem* fuese similar, ya que se emplearon siempre las mismas condiciones de oreo.

Respecto a la edad, es oportuno mencionar que los corderos macho cebados con el sistema de Libre elección de alimentos se sacrificaron a una edad inferior al resto de los sistemas. Como se mencionó anteriormente, con la edad, en términos generales, se incrementa la dureza de la carne, lo que sugiere que las diferencias observadas en la edad al sacrificio en el presente estudio no han sido de suficiente magnitud como para determinar cambios en la dureza de la carne.

En cualquier caso, los valores medios obtenidos para los corderos de raza Assaf se encontraron dentro del rango de valores hallados en corderos de raza Merina, sacrificados a los 25 kg de peso y cebados en sistemas intensivos (Bodas, 2004; Rodríguez, 2005; Blanco *et al.*, 2014a y b).

#### 6.2.4.5. Composición química de la carne

Es bien conocido que tanto la alimentación que reciben los animales como el sexo pueden influir en la composición de la carne, en especial en el contenido de grasa.

Las hembras son más precoces que los machos y a un peso de sacrificio similar, en la etapa de crecimiento, suelen presentar un mayor desarrollo del tejido adiposo, tanto en la no canal como en la canal (Velasco *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2003a y b; Peña *et al.*, 2005).

Los resultados obtenidos en el presente estudio concordaron con este marco biológico general, poniendo de manifiesto que el dimorfismo sexual se manifiesta también en la composición de la carne a una edad temprana, en consonancia con lo observado en otras razas, como la Suffolk y Merina Precoz (Teixeira *et al.*, 1996), Lacha y Rasa Aragonesa (Horcada *et al.*, 1998), Manchega (Díaz *et al.*, 2003a), Churra da Terra Quente (Santos *et al.*, 2007), Merina, Merina Dohne, Merina Mutton Sudafricana y Dormer (Cloete *et al.* 2012) y cruces de diferentes genotipos de razas de la industria cárnica Australiana (Pannier *et al.* 2014b).

En concordancia con los resultados obtenidos en la composición tisular de la espalda y la composición química de la canal, tampoco se observaron diferencias en la composición de la carne atribuibles al sistema de alimentación.

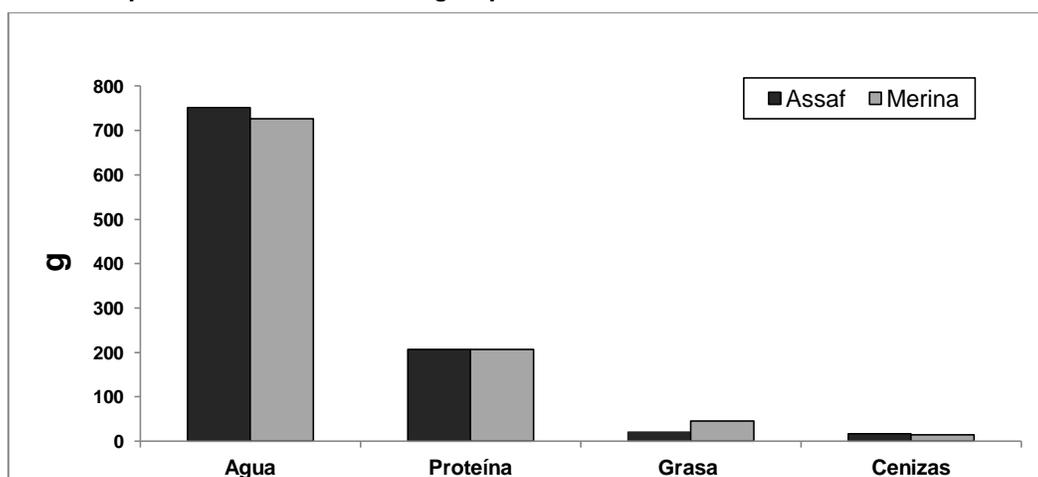
Algunos trabajos señalan que el contenido de proteína de la dieta consumida puede modificar la composición de la carne, si bien depende de los niveles que se estén comparando. Así, por ejemplo, en un estudio realizado, en corderos de raza Comisana, por Bonanno *et al.* (2011), se observó que los animales que habían consumido una dieta con un aporte de proteína bruta del 18% presentaban, en el músculo *Longissimus dorsi*, un menor porcentaje de agua y mayor de proteína bruta que aquellos corderos alimentados con una dieta con 12% en proteína bruta. Por el contrario, Lanza *et al.* (2003) en corderos de raza Barbaresca, sacrificados entre los 28 y 30 kg de peso, no observaron diferencias en ninguno de estos parámetros, en el músculo *Longissimus dorsi*, como resultado de la inclusión de un 14, 15 y 17% de proteína bruta en la ración.

Respecto a la relación entre el contenido de grasa de la carne y el contenido de proteína en la dieta, la mayoría de los autores concuerdan que este nutriente no afectaría directamente los niveles de contenido de grasa intramuscular (Fahmy *et al.*, 1992; Lanza

*et al.*, 2003; Rodríguez, 2005; Bonanno *et al.*, 2011), excepto con dietas deficientes en este nutriente (Manso *et al.*, 1998b).

En el presente estudio, los animales del grupo Libre elección consumieron una dieta con un mayor contenido de proteína que los del grupo Control ( $205 \pm 24,6$  vs.  $123 \pm 10,4\text{g/MS}$ ). Por ello, la ausencia de diferencias entre sistemas de alimentación en la composición de la carne sugiere que el aporte de proteína, a pesar del efecto causado en la ganancia diaria de peso en los machos, no influyó en la composición de la ganancia.

**Figura 6.6. Composición química del *Longissimus dorsi pars lumborum* (g) de raza Assaf<sup>1</sup> y Merina<sup>2</sup>, sacrificados aproximadamente a los 25 kg de peso.**



<sup>1</sup> Datos propios; <sup>2</sup> Rodríguez (2005).

En la Figura 6.6 se presenta una comparación de la composición química de la carne de los machos de raza Assaf con datos de la bibliografía para corderos de raza Merina, sacrificados también a los 25 kg y criados en sistemas convencionales o de libre elección. Como puede apreciarse, los valores medios observados fueron similares, excepto en la cantidad de grasa intramuscular, que fue muy inferior en la raza Assaf. Este menor contenido, inicialmente, ofrece una ventaja a la carne de corderos de raza Assaf, desde la perspectiva de la salud de los consumidores. No obstante, sería necesario evaluar las diferencias en su perfil de ácidos grasos, así como otras propiedades organolépticas, como el sabor o la jugosidad, muy relacionadas con el contenido de grasa intramuscular.

### 6.3. Prueba 3

#### 6.3.1. Ingestión, ganancia diaria de peso e índice de conversión

El cruzamiento permite la combinación de las características de las dos razas y, en algunas ocasiones, se puede generar vigor híbrido (heterosis), de manera que el primer cruce poseería características más deseables que el promedio de los padres (Fogarty *et al.*, 1984; Bianchi *et al.*, 1998; Leymaster, 2002; Shrestha y Heaney, 2004; Fogarty, 2006; Legaz *et al.*, 2008; Rosov y Gootwine, 2013; Hopkins y Mortimer, 2014; Zishiri *et al.*, 2014). En general, los corderos híbridos se adaptan mejor que los de raza pura a un rango más amplio de condiciones ambientales y suelen presentar una mayor tasa de crecimiento en edades tempranas (Valls *et al.*, 1984; Falagán y García de Siles, 1986a; Gatenby *et al.*, 1997; Lewis y Beatson, 1999; Karim y Santra, 2000; Lee *et al.*, 2002; Freking y Leymaster, 2004). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que tanto las hembras como los machos del cruce de Assaf x Merina presentaron un mayor potencial de crecimiento que los de raza Assaf, si bien el diseño experimental no permitió establecer si este efecto fue consecuencia de diferencias en el potencial de crecimiento entre las razas empleadas o de un fenómeno de heterosis.

Las diferencias en la ganancia diaria de peso atribuibles al genotipo guardaron relación con la ingestión, si bien únicamente en el caso de los machos. En este caso, las diferencias tampoco pudieron atribuirse exclusivamente a las diferencias observadas en la ingestión, que únicamente permitió explicar el 20% de la variación observada en la ganancia de peso.

Como se discute en apartados posteriores, las diferencias observadas en la composición química tanto de la canal como de la no canal sugieren que la proporción de grasa en el incremento diario de peso fue mayor en los animales de raza Assaf que en los del cruce Assaf x Merina. Esta diferencia en la composición de la ganancia de peso, lógicamente, determinaría la necesidad de consumir una mayor cantidad de alimento por kg de ganancia de peso. De hecho, en ambos genotipos, se observaron diferencias en la ganancia diaria de peso y en el índice de conversión entre sexos pero únicamente en el genotipo Assaf se observaron diferencias numéricas (12,9%) en la ingestión entre sexos. Además, en este caso incluso la ingestión fue mayor y la ganancia diaria de peso menor en las hembras que en los machos, corroborando el papel clave que ejerce la composición de la ganancia de peso en la ganancia de peso y en el índice de conversión.

De la bibliografía consultada, este es el primer estudio que compara el genotipo Assaf con el cruce resultante de hembras Assaf con machos de raza Merina (Blanca), por lo que no se dispone de bibliografía que permita contrastar los resultados obtenidos.

No obstante, en un estudio de crecimiento utilizando corderos de raza Assaf y su cruce con Merina Booroola, Gootwine *et al.* (1993) no observaron diferencias entre genotipos en el peso de los corderos macho a los 150 días de edad. Sin embargo, las hembras del cruce Assaf x Merina Booroola presentaron un menor peso, circunstancia que atribuyeron a que los genes que codifican para el tamaño corporal de la raza Booroola podría estar localizados en el cromosoma X. En el presente estudio, sin embargo, el dimorfismo sexual se manifestó en los dos genotipos en lo que respecta a la ganancia diaria de peso.

Por último, respecto al patrón de ingestión, cabe señalar que, en condiciones de cebo intensivo, cuando se ofrece tanto paja de cereal como pienso compuesto a voluntad, los animales suelen consumir mayoritariamente pienso compuesto, representando el consumo de forraje menos del 10% de la ración (Manso *et al.*, 1998b; Rodríguez, 2005; Bodas *et al.*, 2007; López-Campos *et al.*, 2011; Blanco *et al.*, 2014a). Los resultados obtenidos en el presente estudio estuvieron en concordancia con este patrón y no se detectaron diferencias cuantitativamente relevantes atribuibles al genotipo o al sexo, representando el consumo de paja menor del 5% de la materia seca total ingerida.

### **6.3.2. Características de la no canal**

#### **6.3.2.1. Peso de la no canal y de sus componentes**

El peso de la no canal fue mayor en los animales de raza Assaf que en el cruce Assaf x Merina, si bien el comportamiento fue variable cuando se consideraron los componentes de la no canal de forma separada.

Así, el mayor peso de la no canal en los corderos de raza Assaf fue consecuencia de un mayor peso de los caídos, de la lana y de los depósitos de grasa (omental y mesentérica).

La capacidad de producción de lana está determinada genéticamente pero puede verse modulada por diferentes factores ambientales, tales como la nutrición (Kahn, 1996; Oddy, 1999; Li *et al.*, 2008; Herd y Arthur, 2009; Poppi y McLennan, 2010; Almeida *et al.*, 2014; De Barbieri *et al.*, 2015). En el presente estudio, la composición de la dieta fue

similar para ambos genotipos y la ingestión no fue mayor en los animales del cruce Assaf x Merina. Por tanto, las diferencias observadas no pueden atribuirse a la alimentación.

Recibiendo una alimentación similar, la edad de los animales al sacrificio obviamente determina el peso de la lana y en nuestro estudio los corderos de raza Assaf se sacrificaron a una mayor edad ( $25,3 \pm 4,37$  vs.  $20,4 \pm 3,01$  días) como consecuencia de la menor velocidad de crecimiento. Este mismo efecto podría, en parte, explicar las diferencias observadas entre machos y hembras en el peso de la lana.

No obstante, tampoco se puede descartar un efecto genético. De hecho, el peso de la lana de los animales de raza Assaf fue muy superior al registrado por Brusa (1998) para corderos de raza Merina sacrificados a los 20 kg de peso, con una ganancia diaria de peso durante el periodo de cebo similar a la observada en nuestro experimento.

Respecto a las diferencias observadas en el peso de los caídos, algunos autores sostienen que las diferencias raciales en el porcentaje total del quinto cuarto podrían estar relacionadas con la morfología y precocidad de las razas. La piel es considerada un órgano de desarrollo precoz (Atti *et al.*, 2003; Mahouachi y Atti, 2005), al igual que la cabeza (Hammond, 1966) y las diferencias observadas en la deposición de grasa sugieren que la raza Assaf es más precoz que la raza Merina, aspecto que se discute en un apartado posterior.

Al contrario de los componentes anteriormente mencionados, el peso de la sangre fue mayor en los animales del cruce Assaf x Merina. En general, el volumen sanguíneo aumenta con el peso corporal, en especial en el tejido muscular (Courtice, 1943; Durotoye y Oyewale, 2000). El mayor peso de la sangre de los corderos del cruce Assaf x Merina podría estar en concordancia con este principio biológico, considerando que cabría esperar una relación inversa entre el desarrollo de tejido muscular y adiposo. De hecho, la mayor proporción de músculo y menor de grasa en la espalda sugiere que el desarrollo muscular podría haber sido mayor en los animales del cruce Assaf x Merina.

De acuerdo con este planteamiento también cabría esperar diferencias en el peso de la sangre atribuibles al sexo, dada las diferencias en la deposición de grasa entre machos y hembras. Sin embargo, no se observaron diferencias, lo que sugiere un diferente efecto del genotipo, asociado a la raza, y del sexo sobre la relación entre el tejido muscular y el adiposo.

### 6.3.2.2. Depósitos de grasa interna

Las diferencias observadas entre razas y entre sexos, dentro de cada genotipo, en el peso de los diferentes depósitos adiposos, cuando se comparan a un peso de sacrificio similar, están relacionadas con el grado de madurez. Por ello, tanto el efecto de genotipo como del sexo sobre la composición corporal tiende a atenuarse cuando se comparan los animales en el mismo estado de desarrollo (McClelland *et al.*, 1976).

Las diferencias observadas entre sexos en el presente estudio estuvieron en consonancia con este hecho, ya que el peso corporal adulto de las hembras de raza Assaf y Merina, y por extensión del cruce Assaf x Merina, fue menor que el de los machos. Como consecuencia, a los 20 kg de peso cabría esperar que las hembras tuviesen un mayor grado de madurez y, por tanto, de engrasamiento.

El tejido adiposo presenta una alometría positiva, si bien varía con el tipo de depósito. Así, la grasa pélvico-renal y la intermuscular son las primeras en depositarse, siendo de deposición más tardía los depósitos de grasa subcutánea, intramuscular, omental y mesentérica (Wood *et al.*, 1980; Kempster, 1981; Arousseau, 1986) De acuerdo con este rango, cabría esperar que las diferencias entre sexos se manifestasen más en las zonas de deposición tardía. De hecho, no se observaron diferencias atribuibles al sexo en el peso de la grasa pélvico-renal ni en la grasa intermuscular, esta última determinada en la disección de la espalda. Sin embargo, sí se observaron diferencias en los depósitos de grasa omental y mesentérica.

Estudios comparativos de razas especializadas en la producción de leche o carne indican que la distribución de los depósitos adiposos es diferente, presentado las razas de carne una mayor deposición de grasa subcutánea y una menor deposición de grasa digestiva, es decir, omental u mesentérica (Wood *et al.*, 1980; Kempster, 1981; Jones, 1982; Truscott *et al.*, 1983). Las diferencias observadas en el presente estudio en el contenido de grasa omental están, por tanto, en concordancia con estos hechos. Cabe señalar, no obstante, que no se observaron diferencias entre genotipos en el contenido de grasa subcutánea, si bien los datos se limitan a la disección de la espalda y podría no ser extrapolable al conjunto de la canal (Huidobro *et al.*, 1994b; Pérez *et al.*, 2006).

Por otra parte, es obligado mencionar que la raza Assaf es una raza de cola grasa, que deposita una importante cantidad de tejido adiposo en esta zona anatómica, y ello

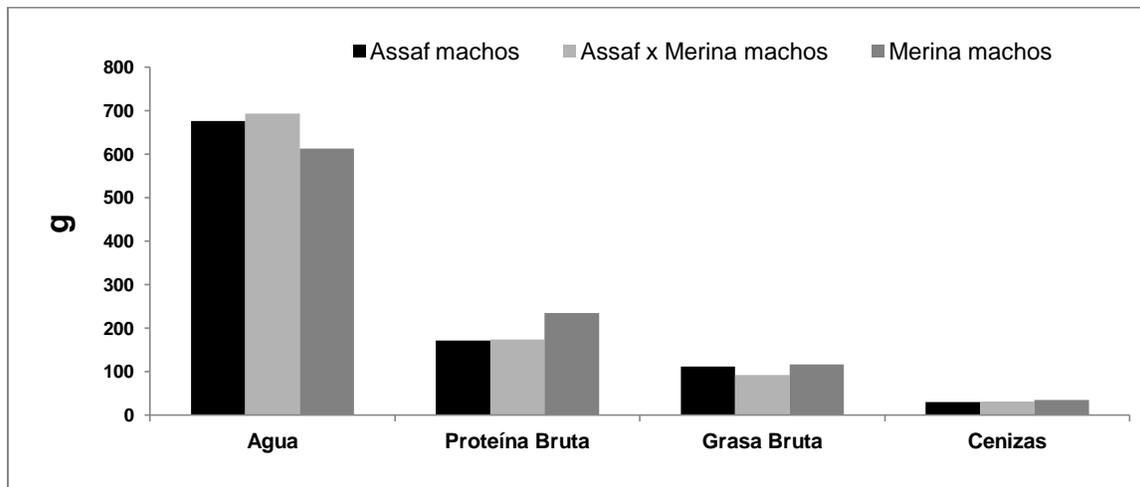
pudo haber determinado que no se hayan encontrado mayores diferencias en los depósitos de grasa interna.

### 6.3.2.3. Composición química de la no canal

Como cabría esperar, la composición química reflejó los resultados observados en los componentes de la no canal, discutidos en los apartados anteriores.

La mayor precocidad de las hembras determinó un mayor grado de engrasamiento y, en consecuencia, un menor contenido de agua, siendo este efecto observado en los dos genotipos.

**Figura 6.7. Comparación de los datos de composición química de la no canal de los corderos machos Assaf<sup>1</sup> y Assaf x Merina<sup>1</sup> con datos de corderos de raza Merina<sup>2</sup> recogidos en la bibliografía<sup>1</sup>.**



Fuente: <sup>1</sup>Datos propios; <sup>2</sup>Brusa (1998).

Así mismo, tanto en el caso de las hembras como de los machos, los animales de raza Assaf presentaron un mayor contenido de grasa y menor de agua que los del cruce Assaf x Merina. En la Figura 6.7 se comparan los datos de composición química de la no canal obtenidos en el presente estudio con datos obtenidos por otros autores para la raza Merina. Como puede apreciarse, la no canal de los corderos de raza Assaf presentó un menor contenido de proteína y de grasa y mayor de agua que la de corderos de raza Merina, presentando los animales del cruce Assaf x Merina valores intermedios a los hallados para los animales de la raza Assaf y Merina.

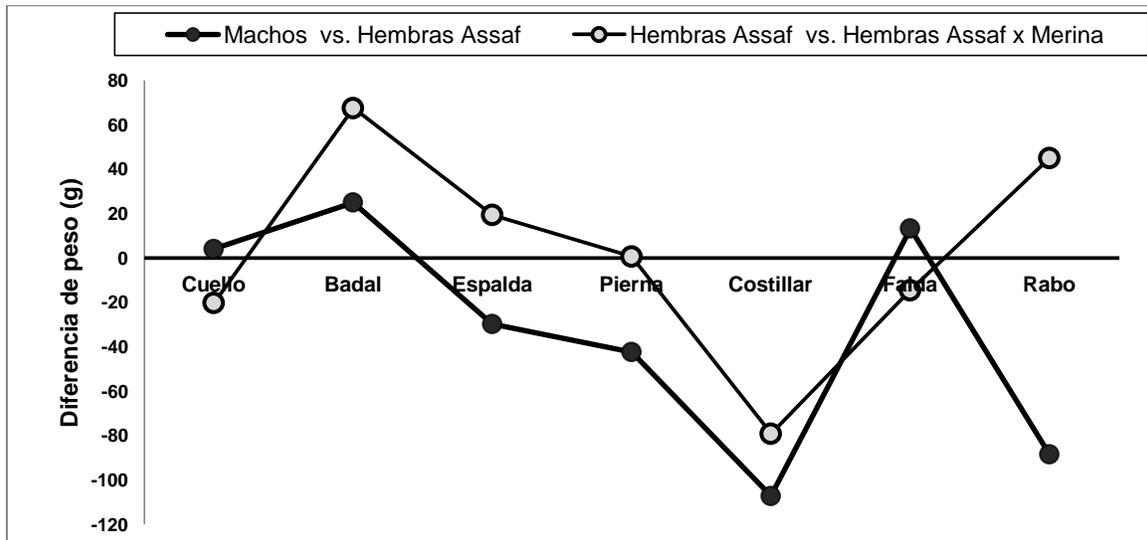
### 6.3.3. Calidad de la canal

#### 6.3.3.1. Peso canal caliente y fría, pérdidas por oreo y rendimientos

Cuando se sacrifican los animales a similar peso vivo, el peso de la canal y el rendimiento comercial pueden verse modificados por la deposición de grasa en la canal, que suele ser mayor en las hembras que en los machos, así como en las razas más precoces, si bien estos efectos también pueden variar con el peso al sacrificio (Vergara y Gallego, 1999c; Peña *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2007; Cloete *et al.*, 2012).

En el presente estudio sólo se observaron diferencias atribuibles al sexo en los animales de raza Assaf, presentando las hembras un mayor peso de la canal y, por consiguiente, también un mayor rendimiento comercial. La ausencia de efecto del sexo en los animales del cruce Assaf x Merina estuvo en concordancia con lo observado en otros trabajos (Peña *et al.*, 2001; Medel *et al.*, 2002; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Zgur *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2007), poniendo de manifiesto que el efecto del sexo puede variar con el genotipo.

**Figura 6.8. Diferencia en el peso de las piezas de la media canal izquierda entre machos y hembras de la raza Assaf y entre hembras de raza Assaf con hembras del cruce Assaf x Merina.**



El efecto del sexo observado en la raza Assaf estuvo relacionado, fundamentalmente, con un mayor peso del costillar (60 % de la diferencia de peso en la media canal izquierda), contribuyendo también de forma significativa el rabo (ver Figura 6.8). Estas diferencias probablemente guarden relación con una mayor deposición de grasa, ya que ambas son piezas de desarrollo tardío.

Las diferencias observadas entre hembras de la raza Assaf y del cruce Assaf x Merina en el peso de la canal son reflejo de la suma pequeñas diferencias en prácticamente todas las piezas, que no alcanzaron significación estadística cuando se analizan de forma independiente pero sí consideradas en conjunto. La mayor contribución en la diferencia de peso de la canal residió en el peso de la cola (40% de la diferencia de peso de la canal). Las razas de cola grasa, como se mencionó anteriormente, depositan una importante cantidad de grasa en esta zona anatómica (Fraid, 1991; Sañudo *et al.*, 1997; Esenbuga *et al.*, 2001; Gül *et al.*, 2005). Ni los machos ni las hembras del cruce Assaf x Merina manifestaron esta característica y ello determinó las diferencias observadas, únicamente evidentes en el caso de las hembras por su mayor precocidad.

Las pérdidas por oreo durante el proceso de maduración están condicionadas, entre otros factores, por el desarrollo de la grasa subcutánea, que protege la canal, reduciendo las pérdidas de agua (Marsh *et al.*, 1981; Guía y Cañeque, 1992; Brusa, 1998). Los datos de disección de la espalda indican que la deposición de grasa subcutánea fue mayor en los animales de raza Assaf que en los del cruce Assaf x Merina y tal vez esta circunstancia podría explicar las diferencias observadas en las pérdidas por oreo. De hecho, las PO de los animales del cruce Assaf x Merina presentaron valores inferiores a los recogidos en la bibliografía para corderos de raza Merina sacrificados a los 20 kg de peso, los cuales, por el contrario, presentaron también un menor contenido en grasa subcutánea en la espalda (Brusa, 1998).

Independientemente del efecto del genotipo y del sexo sobre el rendimiento comercial, anteriormente discutido, cabe señalar que los valores obtenidos para este parámetro, así como para el rendimiento verdadero, fueron, en general, superiores a los registrados para la raza Merina (Brusa, 1998) y similares en el rendimiento comercial aunque superiores en rendimiento verdadero a los señalados para la raza Churra (Manso, 1994), a similar peso al sacrificio. A la vista de estos resultados, se podría considerar que la raza Assaf presenta un rendimiento adecuado, acorde a las exigencias del mercado y de consideración, sobre todo como una alternativa en relación al cruce con razas productoras de carne.

### **6.3.3.2. pH y color**

La mayoría de los trabajos revisados no encontraron variaciones en el pH debidas al genotipo (Dransfield *et al.*, 1979; Sañudo *et al.*, 1992a y 1997; Martínez-Cerezo *et al.*,

2005; Teixeira *et al.*, 2005; Juárez *et al.*, 2006; Bianchi *et al.*, 2006; Esenbuga *et al.*, 2009; Ekiz *et al.*, 2009; Komprda *et al.*, 2012) o al sexo de los animales (Sierra, 1973; Dransfiel *et al.*, 1990; Horcada *et al.*, 1998; Vergara y Gallego, 1999c; Vergara *et al.*, 1999d; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2007; Tejeda *et al.*, 2008). No obstante, algunos autores sí observaron diferencias significativas en el pH de la carne, fundamentalmente en aquél medido a las 24 horas del sacrificio, atribuibles al genotipo (Sañudo *et al.*, 1986; Hopkins y Fogarty, 1998a; Beriain *et al.*, 2000) o al sexo (McGeehin *et al.*, 2001; Sañudo *et al.*, 2005).

Las diferencias atribuibles al genotipo o al sexo se han atribuido a diferencias en el contenido de glucógeno o factores como la edad, susceptibilidad al estrés o grado de engrasamiento (Sañudo *et al.*, 1986; MCGeehin *et al.*, 2001; Bello Dronda *et al.*, 2009; Cloete *et al.*, 2012; Hopkins y Mortimer, 2014). Se considera que las hembras son menos susceptibles al estrés que los machos y, a similar peso al sacrificio, suelen presentar un mayor grado de engrasamiento. El mayor desarrollo del tejido adiposo ejerce una acción protectora en relación al frío durante el oreo, lo que permitiría acelerar el metabolismo muscular y causar una caída más rápida del pH (Vergara *et al.*, 2005; Sañudo *et al.*, 2005; Bello Dronda *et al.*, 2009).

En el presente experimento todos los animales recibieron la misma alimentación y se sacrificaron en las mismas condiciones, si bien hubo diferencias en el plano de alimentación y en el grado de engrasamiento de la canal, fundamentalmente en la grasa subcutánea, atribuibles al genotipo y al sexo. A pesar de estas diferencias, no se observaron diferencias atribuibles a las fuentes de variación estudiadas en el pH de la carne, determinado en los músculos *Longissimus dorsi thoracis* y *Semimembranosus* ni a las 0 ni a las 24 horas *post mortem*, encontrándose los valores dentro del rango considerado normal para corderos de diferentes genotipos (Dransfield *et al.*, 1979; Sañudo *et al.*, 1997; Safari *et al.*, 2001; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2005; Juárez *et al.*, 2006; Esenbuga *et al.*, 2009; Ekiz *et al.*, 2009; Komprda *et al.*, 2012) o sexo (Sierra, 1973; Dransfiel *et al.*, 1990; Horcada *et al.*, 1998; Vergara y Gallego, 1999c; Vergara *et al.*, 1999d; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Žgur *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2007; Tejeda *et al.*, 2008).

Es interesante resaltar que los valores obtenidos fueron similares a los hallados en los animales de raza Assaf sacrificados a los 25 kg de peso (ver datos Prueba 2), que

tuvieron un mayor grado de engrasamiento de la canal. Estos datos sugieren que el grado de engrasamiento de la canal de los animales sacrificados a los 20 kg fue suficiente para permitir una evolución normal del pH durante el periodo de oreo.

El color de la grasa subcutánea se utiliza como criterio en la clasificación de las canales, considerando que las canales de corderos ternascos y pascuales oscila entre el color blanco cremoso y el cremoso-amarillento (Delfa, 1992a).

El color de la grasa está muy condicionado por la alimentación que reciben los animales, jugando un papel esencial el aporte de pigmentos liposolubles (carotenos, xantofilas, etc) (Cepero y Sañudo, 1996; Lynch *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2002; Joy *et al.*, 2008a; Ripoll *et al.*, 2008, 2012 y 2013; Carrasco *et al.*, 2009; Dunne *et al.*, 2009; Zawadzki *et al.*, 2013). En el presente estudio todos los animales recibieron la misma alimentación, por tanto, las diferencias observadas entre los animales de raza Assaf y el cruce Assaf x Merina en los índices de rojo y amarillo y en el tono y saturación de la grasa subcutánea o entre machos y hembras en el índice de rojo obedecerían a otros factores.

En este sentido, asumiendo que no hubiera diferencias entre genotipos en la absorción y deposición de pigmentos en los tejidos, se podía plantear la hipótesis de que cuando mayor fuese la deposición de grasa, menor sería la concentración de pigmentos debido a un efecto de dilución (Dunne *et al.*, 2009). Sobre esta base, cabría esperar, tal y como se ha observado, un menor índice de amarillo en los animales de raza Assaf respecto a los animales del cruce Assaf x Merina.

No obstante, de ser un efecto exclusivo de dilución también cabría esperar que el índice de amarillo fuese mayor en los machos que las hembras, dada la mayor deposición de grasa en las últimas. Los resultados obtenidos, sin embargo, no estuvieron en concordancia con esta teoría.

Es oportuno señalar que durante el oreo se pierde agua en la canal, incluido en el tejido adiposo, lo que determina que el índice de amarillo, en general, se incrementa durante el periodo de oreo (Dunne *et al.*, 2009). En el presente estudio se observó que las pérdidas por oreo fueron mayores en los animales del cruce Assaf x Merina y ello podría haber influido, por tanto, en el color de la grasa.

Zhou *et al.* (1993) también relacionaron el aumento en el parámetro  $b^*$  en la grasa con un incremento en la proporción de ácidos grasos monoinsaturados y un descenso de

los ácidos grasos saturados. En el presente ensayo no se determinó el perfil de ácidos grasos pero cabría la posibilidad de encontrar diferencias debidas al genotipo. En este sentido, Zapletal *et al.* (2010) observaron diferencias entre genotipos de ovino en el perfil del ácidos grasos en el músculo *Quadriceps femoris* y Al-Suwaiegh (2015) en la grasa subcutánea y en el músculo L.Dorsi. Boylan *et al.* (1976) encontraron diferencias significativas en distintas razas de ovino en la composición en ácidos grasos de la grasa subcutánea.

Por otra parte, el grado de engrasamiento también puede influir en la composición de ácidos grasos, independientemente del genotipo (De Smet *et al.*, 2004). En general, el contenido de ácidos grasos saturados y monoinsaturados se incrementa más rápido que el de ácidos grasos poliinsaturados a medida que aumenta el contenido de grasa de la canal (De Smet *et al.*, 2004). También se ha observado que al aumentar el grado de engrasamiento, en la grasa subcutánea disminuye la proporción de los ácidos C16:0 y C18:0 (principales ácidos grasos saturados) y aumenta la proporción del ácido C18:1 cis-9 (Leat, 1975; Wood *et al.*, 2008).

De acuerdo con estos resultados, cabría esperar que en la grasa subcutánea de los animales de raza Assaf, al tener un mayor grado de engrasamiento, la relación entre ácidos grasos insaturados y saturados y el índice de amarillo (b\*) fuera mayor que en los animales del cruce Assaf x Merina. Sin embargo, se ha observado el efecto opuesto al que podría esperarse teniendo en cuenta las diferencias entre genotipos en el grado de engrasamiento.

Otra posible explicación de las diferencias observadas en el índice de amarillo de la grasa podría residir en diferencias entre genotipos en el metabolismo de los pigmentos. Así, por ejemplo, en ganado vacuno, se ha confirmado la relación entre algunos genes, como el BCO2 SNP W80X (codifica para una enzima implicada en la oxidación de  $\beta$ -caroteno), la concentración de  $\beta$ -caroteno en la grasa y su color (Tian *et al.*, 2009). En lo que nosotros conocemos, no se han realizado estudios similares en ganado ovino.

Como cabría esperar el índice de rojo (a\*) de la grasa subcutánea presentó valores muy bajos en relación con los valores registrados en la carne. El menor valor observado en las hembras podría estar relacionado con la mayor deposición de grasa, que causaría una menor interferencia del músculo subyacente en la medición del color.

Los animales de raza Assaf probablemente presentaron una mayor proporción de grasa subcutánea, tal y como sugieren las diferencias observadas en el peso de la cola y en la composición tisular de la espalda. Por tanto, de acuerdo con la hipótesis planteada para explicar el efecto del sexo, cabría esperar que el índice de rojo fuese también menor en los animales de raza Assaf. Sin embargo, se observó el resultado opuesto, lo cual sugiere la participación de otros factores.

En la carne, este parámetro está relacionado, fundamentalmente, con la concentración de mioglobina y su estado de oxidación. En el tejido adiposo, el transporte de oxígeno se realiza a través de la hemoglobina, por lo que este compuesto ejercería un papel más importante en la determinación del índice de rojo. Por tanto, el mayor valor de este parámetro en los corderos de raza Assaf podría reflejar una mayor vascularización asociada con el mayor desarrollo del tejido adiposo, en especial con la deposición de grasa en la zona de la cola, que determinase que tras el sacrificio quedase más residuo sanguíneo en esta zona.

Es interesante señalar que el peso de la sangre fue menor en los animales de raza Assaf en comparación con los del cruce Assaf x Merina. No obstante, este efecto del genotipo podría ser debido tanto a diferencias en la eficiencia del sangrado durante el sacrificio como a diferencias en el volumen sanguíneo *ante mortem*. En cualquier caso, otros autores también han observado variaciones entre genotipos en el peso de la sangre (Pérez *et al.*, 2007).

El genotipo también influyó en la luminosidad de la carne, si bien únicamente en los machos, siendo ligeramente menor en los machos Assaf que en los del cruce Assaf x Merina. En general la luminosidad de la grasa subcutánea en la zona caudal aumenta al hacerlo la cantidad de tejido adiposo depositado (Velasco *et al.*, 1998b) pero en el presente estudio no se observó relación entre la luminosidad y el grado de engrasamiento de la canal, lo que sugiere la intervención de otros factores.

A esta misma conclusión se llegó cuando se comparó la luminosidad de la grasa medida en los animales de raza Assaf de la Prueba 2, sacrificados a los 25 kg, con los datos obtenidos en los animales sacrificados a los 20 kg. La deposición de grasa aumenta también con el peso de sacrificio y, en consecuencia, cabría esperar que la luminosidad de la grasa subcutánea medida en la base de la cola fuese mayor en los animales sacrificados a los 25 kg (Prueba 2) que en los animales sacrificados a los 20 kg (Prueba

3). Los valores de luminosidad, sin embargo, fueron ligeramente superiores en los animales de 20 kg, lo que sugiere la existencia de otros factores.

A medida que avanza la edad de los animales y la deposición de grasa puede modificarse también la composición del tejido adiposo, disminuyendo la proporción de fosfolípidos y el contenido de agua y aumentando el tamaño de los adipocitos y el contenido de triglicéridos, lo que podría influir en su reflectancia (Link, 1970; Zervas y Tsiplakou, 2011). Por tanto, es posible también que la diferente duración del cebo de los machos de raza Assaf y los del cruce Assaf x Merina ( $23,7 \pm 1,87$  vs.  $19,2 \pm 1,03$  días) pudiera ser uno de los factores responsables de las diferencias observadas en la luminosidad.

La grasa subcutánea de las canales de los corderos del cruce Assaf x Merina presentó mayores valores de tono y de saturación, lo que sugiere la presencia de una grasa más blanca. Como se señaló anteriormente, el contenido de grasa subcutánea fue mayor en los corderos de raza Assaf y esa deposición mayor podría haber producido un efecto de dilución, asumiendo que no hubo diferencias, entre tratamientos, en la ingestión total de alimento y, por extensión y considerando las materias primas consumidas, posiblemente de pigmentos. No obstante, también se ha sugerido que las diferencias entre genotipos en el color de la grasa subcutánea podrían estar relacionadas con algún factor genético que determine la deposición de pigmentos en la grasa (Kirton *et al.*, 1975).

#### **6.3.3.3. Medidas morfológicas**

Los animales de raza Assaf presentaron, en comparación con los del cruce Assaf x Merina, canales con una mayor anchura y perímetro de la grupa y con un mayor índice de compacidad de la pierna. Estas diferencias obedecen básicamente a las particularidades zootécnicas de la raza Assaf, producto del cruzamiento entre ovejas de raza Awassi y machos de raza Milschscaf, con la finalidad que dicha raza mejore tres características de gran interés productivo: precocidad, prolificidad y conformación.

Los resultados obtenidos de B y G fueron mayores a los registrados por Horcada *et al.* (2005) en corderos de raza Montesina, sacrificados a los 20 kg de peso, por Martínez-Cerezo *et al.* (2005) en corderos de las razas Rasa de Aragón, Churra y Merina con pesos al sacrificio entre 20-22 kg, por Cano-Expósito *et al.* (2003) y Peña *et al.* (2005) en corderos de raza Segureña, sacrificados a los 22 kg de peso. Cabe indicar que cuando se

compararon estas medidas en corderos de raza Assaf (datos propios obtenidos en la Prueba 2) y de raza Merina (Rodríguez, 2005; Bodas, 2004), sacrificados a los 25 kg, se observó el mismo patrón de diferencias en la anchura y perímetro de la grupa.

El sexo influyó en la longitud interna de la canal y en la profundidad de la pared del tórax, presentando los machos canales más cortas y pared menos profunda. Las diferencias halladas en la profundidad de tórax podrían estar asociadas a un mayor engrasamiento de la canal por parte de las hembras como consecuencia de una mayor precocidad, si bien las diferencias fueron en cualquier caso de escasa magnitud.

#### **6.3.3.4. Composición regional (despiece)**

Las diferencias entre los diferentes tipos de animal se centraron básicamente en el badal, el costillar y el rabo.

Los animales de raza Assaf como cabría esperar presentaron un mayor peso de la cola, consecuencia de la mayor deposición de grasa que caracteriza a los animales integrados en el grupo de animales de cola grasa. Es interesante destacar que el peso de la cola de los corderos del cruce Assaf x Merina fue similar al registrado para corderos de raza Merina pura sacrificados al mismo peso, de lo que se deduce que el carácter de cola grasa no se manifestó en el cruzamiento.

El acumulo de grasa en la cola se considera una característica negativa desde el punto de vista comercial y desde un punto de vista productivo implica un coste energético con nula repercusión en la calidad de la canal. Por este motivo, la reducción observada en la deposición de grasa en los animales del cruce Assaf x Merina, en especial en el peso del rabo (reducción del 46% en los machos y del 65% en las hembras) se puede considerar un efecto beneficioso.

En ovino de raza Gallega se ha observado que el ritmo de crecimiento aumenta en sentido postero-anterior y antero-posterior, confluyendo en el badal que tiene la madurez más tardía (Luaces *et al.*, 2007). Sobre esta base, se podría plantear la hipótesis de que las diferencias observadas en el badal entre los genotipos estudiados podrían guardar relación con diferencias en la precocidad. Sin embargo, los autores antes citados, también en la raza Gallega pero en corderos tipo ternasco, observaron que el costillar es el punto de mayor ritmo de crecimiento y madurez más tardía.

Luaces *et al.* (2007) también observaron que la proporción de piezas de primera categoría (pierna + badal + costillar) era mayor en las hembras que los machos, fundamentalmente como consecuencia de diferencias en el peso del costillar. En el presente estudio también se observó que la proporción del costillar es mayor en las hembras que en los machos pero no se tradujo en diferencias entre sexos en la proporción de piezas de primera categoría, que también fue similar para los dos genotipos (60,0 y 59,8 % para machos y hembras de razas Assaf y 59,8 y 60,5 % para machos y hembras del cruce Assaf x Merina). Estos valores estuvieron en concordancia con los registrados en otras razas españolas (Manso *et al.*, 1998a; Peña *et al.*, 2001; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2007; Joy *et al.*, 2008a; Sanz *et al.*, 2008).

En lo que respecta a las proporciones representadas por las piezas de segunda categoría (espalda) no se observaron diferencias entre genotipos, siendo los valores medios obtenidos ligeramente superiores a los registrados por Brusa (1998) en corderos de raza Merina.

En general, se considera que la espalda es una pieza de desarrollo temprano, en comparación con el conjunto de la canal, si bien el coeficiente de alometría varía con la raza (Aparicio *et al.*, 1989; Sancha *et al.*, 1996; Cañeque *et al.*, 1999; Furusho-García *et al.*, 2006). En consecuencia, dependiendo del peso al sacrificio, es normal que la proporción representada por la espalda sea mayor en los machos, tal y como se ha observado en el presente estudio en los animales del cruce Assaf x Merina.

#### **6.3.3.5. Composición tisular de la espalda**

Como se discutió en el apartado anterior, el genotipo no influyó significativamente en la proporción que representa la espalda en el peso de la canal. La composición de la espalda, sin embargo, sí varió con el genotipo, presentando los animales de raza Assaf una mayor proporción de grasa subcutánea y una menor proporción de músculo.

En líneas generales, el genotipo desempeña un papel fundamental sobre la composición tisular de la canal y de la carne y numerosos autores coinciden en señalar que las razas de aptitud cárnica presentan un mayor porcentaje de grasa que los genotipos de aptitud lechera (Wood *et al.*, 1980; Osório *et al.*, 1995; Vergara *et al.*, 1999a). No obstante, cuando se sacrifica a los animales a una edad joven la raza

determina variaciones importantes en la composición, presentando las razas precoces un mayor engrasamiento (Castrillo, 1979a; Kempster *et al.*, 1987; Lord *et al.*, 1988; Sierra *et al.*, 1994; Sañudo *et al.*, 1997; Cloete *et al.*, 2012).

Dentro de la espalda, el tejido adiposo es de crecimiento tardío y el óseo de desarrollo precoz, presentando el tejido muscular un crecimiento intermedio entre ambos (Aparicio *et al.*, 1989; Huidobro y Cañequé, 1994a). Las diferencias observadas en la deposición de grasa subcutánea, entre los animales de raza Assaf y los del cruce Assaf x Merina, unido a la ausencia de diferencias en el peso y proporción del tejido óseo, sugiere una mayor precocidad en los animales de la raza Assaf.

La deposición de grasa en relación con el incremento de peso corporal varía dependiendo de la localización anatómica, de manera que la grasa intermuscular se deposita de forma más precoz que la grasa subcutánea e intramuscular (Hammond, 1932; Domenech, 1988). Este crecimiento diferencial según la localización anatómica permitiría explicar la ausencia de diferencias entre genotipos en la deposición de grasa intermuscular.

Las diferencias entre razas de diferente precocidad en la mayor parte de las ocasiones desaparecen cuando la composición se expresa en función del grado de desarrollo, es decir, de la proporción del peso adulto (Martínez-Cerezo *et al.*, 2002). Dentro de cada raza existen también diferencias en el desarrollo entre hembras y machos. Las hembras son más precoces que los machos y ello determina variaciones en la composición corporal, que se traduce en una mayor proporción de grasa y una menor proporción de hueso (Aparicio *et al.*, 1989; Teixeira *et al.*, 1996; Vergara *et al.*, 1999d; Diaz *et al.*, 2003a y b), lo que concuerda con lo observado en el presente estudio.

#### **6.3.3.6. Composición química de la canal**

No se observaron diferencias estadísticamente significativas debidas a la interacción entre la raza y el sexo para ninguna de las variables estudiadas. Sin embargo, se observaron algunas diferencias en la composición química de la canal debidas al genotipo y al sexo.

En lo que se refiere al genotipo, los animales de raza Assaf presentaron un mayor contenido de cenizas y de grasa y menor de proteína en la canal, respecto al cruce Assaf x Merina.

Las diferencias observadas en el contenido de grasa total en la canal probablemente fueron consecuencia de diferencias en el contenido de grasa subcutánea y en la depositada en la cola, consecuencia de la mayor precocidad de la raza Assaf y de su predisposición genética a la acumulación de tejido adiposo en la zona de la cola. Cabe indicar que no se observaron diferencias en el contenido de grasa intramuscular, si bien ésta únicamente se determinó en el músculo L.Dorsi y no se puede hacer una extrapolación general a todos los músculos de la canal.

Respecto a las diferencias observadas en el contenido de cenizas, en el presente estudio no se determinó su composición y, por tanto, se desconoce si esta diferencia se podría atribuir a algún elemento en particular. La ausencia de diferencias claras en la composición regional, a excepción de la cola, en la morfología de la canal y en la disección de la espalda, sugieren que el mayor contenido mineral no parece estar relacionado con una mayor proporción de hueso en la canal de los animales de raza Assaf. Considerando los datos de composición de la carne se podría formular la hipótesis de que las diferencias entre los genotipos en el contenido mineral de la canal serían consecuencia de un mayor contenido mineral en la carne de los animales de raza Assaf.

Cabe indicar que cuando se comparó el contenido de minerales en el músculo *Longissimus dorsi* registrado en la Prueba 2 ( $18,5 \pm 1,29$  g/kg) con datos publicados para corderos de raza Merina, criados también en condiciones de cebo intensivo y sacrificados a los 25 kg (e.g.  $16,3 \pm 1,03$  g/kg, Rodríguez, 2005;  $14,5 \pm 1,06$ , Bodas, 2004) se observó también un contenido ligeramente mayor en los animales de raza Assaf, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Respecto a las diferencias observadas en el contenido de proteína, cabe indicar que éstas desaparecieron cuando se comparó el contenido de proteína en la canal expresado sobre materia seca desengrasada ( $78,7 \pm 0,0$  y  $77,9 \pm 0,0$  g de PB/kg MS sin grasa de canal para los corderos de raza Assaf y del cruce Assaf x Merina, respectivamente), lo que indica que es el efecto observado es un artefacto matemático asociado con la mayor deposición de grasa en las canales de los animales de raza Assaf, anteriormente discutido.

Contrariamente a lo esperado, dada la mayor precocidad de las hembras claramente observada en otros parámetros medidos en la canal, no se observaron diferencias estadísticamente significativas atribuibles al sexo en el contenido total de grasa en la

canal. No obstante, ello fue consecuencia de la elevada variación individual observada en este parámetro (CV= 20,7%), ya que, por término medio la diferencia entre sexos en el contenido de grasa fue de alrededor del 13%.

#### **6.3.4. Calidad de la carne**

##### **6.3.4.1. Área del músculo**

Diferentes estudios señalan variaciones entre razas y entre sexos en el área del lomo (Hopkins *et al.*, 1996; Cunha *et al.*, 2001; Esenbuga *et al.*, 2001; Peña *et al.*, 2001; Burke y Apple, 2007; Pérez *et al.*, 2007). No obstante, en la mayor parte de los estudios estuvieron asociadas con diferencias marcadas en el peso de la canal o en la composición tisular de la canal, siendo mayor, en general, cuanto mayor era la proporción de músculo en la canal (Olthoff y Boylan, 1991; Ellis *et al.*, 1997; Oliveira *et al.*, 1998; Osório *et al.*, 1999; Fogarty *et al.*, 2000; Safari *et al.*, 2001; Burke *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2007; Bünger *et al.*, 2009).

En el presente estudio no se observaron diferencias atribuibles al genotipo o al sexo en el área del lomo, resultado que estuvo en concordancia con la ausencia de diferencias en el peso de la canal. Sin embargo, el peso y proporción del costillar varió entre machos y hembras, siendo mayor los valores registrados en las hembras. Estas diferencias, no obstante, posiblemente no fueron reflejo de diferencias en el peso del músculo, sino en la grasa subcutánea, tal y como sugieren los datos de composición tisular de la espalda.

##### **6.3.4.2. pH**

Los valores de pH de la carne medidos a las 24 horas *post mortem* se encontraron dentro del rango de valores considerado normal en carne de corderos, que oscila entre 5,3 y 5,8 (Smulders *et al.*, 1992; Warris, 2000).

El sexo no influyó en el valor final del pH, aunque se considera que los machos son más sensibles al estrés y ello puede determinar un mayor metabolismo del glucógeno previo al sacrificio y, por tanto, un menor pH de la carne tras el oreo (Devine *et al.*, 1993; Vergara y Gallego, 1999c; Cloete *et al.*, 2012).

En general, no se considera que la raza sea un factor con influencia en el pH de la carne, si bien algunos trabajos, en concordancia con lo observado en el presente estudio, han señalado pequeñas diferencias, aunque significativas, en el pH tras 24 horas de oreo

atribuibles a este factor. Así, por ejemplo, Hopkins y Fogarty (1998a) observaron diferencias en los valores de pH entre distintos genotipos, oscilando entre 5,51 y 5,56. Cloete *et al.* (2012) observaron que los corderos de raza Merina Mutton Sudafricana presentaron menores valores de pH, hasta 0,2 unidades inferior al registrado en las razas Merina, Merina Dohne y Dromer. Sañudo *et al.* (1986) también hallaron mínimas diferencias en el valor final del pH del músculo *Longissimus dorsi* entre las razas Roya Bilbilitana (5,95), Lacha (5,89), Rasa Aragonesa (5,85), Ojinegra (5,75) y en cruces de Romanov x Rasa Aragonesa (5,71).

Diferentes estudios han demostrado que la carne de corderos de raza Merina tiende a mostrar valores de pH superiores al registrado en otras razas (Gardner *et al.*, 1999; Hopkins *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1993b), resultados que estuvieron en consonancia con el mayor valor del pH registrado en los corderos del cruce Assaf x Merina respecto a los de raza Assaf.

El efecto del genotipo sobre el pH observado en el presente estudio, entre otras causas, podría obedecer a diferencias en el metabolismo *post mortem* del glucógeno como consecuencia de diferencias en la velocidad de enfriamiento asociadas al grado de engrasamiento subcutáneo de la canal (McGeehin *et al.*, 2002; Bello Drona *et al.*, 2009). De hecho, los animales de raza Assaf presentaron un mayor grado de engrasamiento y, en concordancia con esta circunstancia, también unas menores pérdidas por oreo.

Por otra parte, la capacidad oxidativa de los músculos puede variar con el tipo de fibras que lo componen y se ha observado que una mayor velocidad de crecimiento de los animales durante el cebo puede disminuir las fibras ricas en enzimas oxidativas, ralentizando el proceso de acidificación de la carne (Klosowski y Klosowska, 1993; Mlynek y Gulinski, 2007). Los animales del cruce Assaf x Merina presentaron una mayor ganancia diaria de peso durante el cebo, lo que podría haber determinado también variaciones en la estructura muscular y en la capacidad de acidificación *post mortem*.

Por último, es oportuno mencionar que los mismos componentes que regulan el pH en el músculo vivo también lo regulan *post mortem* y la capacidad buffer del músculo parece estar condicionada genéticamente (Puolanne y Kivikari, 2000; Vetharanim y Daly, 2000). En lo que nosotros conocemos, no se han realizado estudios comparativos entre razas de ovino sobre la capacidad tampón de la carne pero estudios realizados en otras especies sí apuntan diferencias asociadas al genotipo (Fujii *et al.*, 1991; Henckel *et al.*,

1992; Puolanne y Kivikari, 2000; Marco-Ramell *et al.*, 2012; Dunner *et al.*, 2013; Kayan *et al.*, 2013; Paredi *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2015).

#### 6.3.4.3. Color

En concordancia con otros estudios (Palombo y Wijngaards, 1990; Sañudo *et al.*, 1997; Hopkins y Fogarty, 1998a; Beriain *et al.*, 2000; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2005; Esenbuga *et al.*, 2009), en el presente trabajo también se observó un efecto del genotipo sobre el color de la carne. Así, los valores de luminosidad ( $L^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ) fueron mayores en los animales de raza Assaf que en los del cruce Assaf x Merina, independientemente del sexo.

El pH final de la carne y la velocidad de descenso pueden influir en los parámetros colorimétricos. En nuestro estudio se determinó el pH inmediatamente tras el sacrificio y a las 24 horas, por tanto, no se puede evaluar si el genotipo influyó en la cinética de variación del pH. Sin embargo, sí se observaron diferencias en el pH a las 24 horas, siendo ligeramente menor en los animales de raza Assaf.

Cambios en el pH pueden afectar a la carga eléctrica de las proteínas, modificando el espacio entre las fibras, lo cual afecta a como la luz se refleja y se absorbe (Heffron y Hegarty, 1974; Sellier, 1988; Vestergaard *et al.* 2000; Priolo *et al.*, 2002; Swatland, 2002). Un pH alto también reduce la cantidad de oxígeno capaz de penetrar a través de la superficie de la carne y aumenta la utilización de oxígeno por las mitocondrias, reduciendo la disponibilidad de oxígeno para forma oximioglobina, influyendo en la luminosidad y en el índice de rojo (Calnan *et al.*, 2014).

Valores más altos de pH, por tanto, suelen determinar una menor luminosidad, lo que estaría en concordancia con lo observado en el presente experimento. No obstante, es obligado destacar que las diferencias de pH aunque significativas fueron de escasa magnitud (5,50 vs. 5,60 para los animales de raza Assaf del cruce Assaf x Merina, respectivamente) y Menzies y Hopkins (1996), en un estudio realizado en ovino, encontraron una correlación muy baja entre el pH y las medidas del color de la carne dentro del rango de pH comprendido entre 5,34 y 6,11.

Algunos estudios señalan una relación directa entre la luminosidad de la carne y el contenido de agua e inversa con el contenido de grasa intermuscular (Kadim *et al.*, 1993; Vergara *et al.*, 1999d). En el presente estudio, el genotipo no influyó en estos parámetros

químicos pero sí lo hizo el sexo. Sin embargo, ninguno de los parámetros colorimétricos medidos resultó afectado por el sexo de los animales.

Respecto al efecto observado sobre el índice de amarillo, diferentes estudios señalan que el valor de este parámetro en la carne es mayor cuanto mayor es la edad del animal y el contenido de grasa de la carne, ya que una mayor infiltración de grasa y una reducción en la permeabilidad de los capilares dificultan la transferencia de oxígeno y como consecuencia aumenta el contenido de mioglobina (Renerre y Valin, 1979; Pérez-Álvarez *et al.*, 1998). De hecho, el valor de este parámetro fue menor en los corderos lechales (ver resultados de Prueba 1) y mayor en los corderos sacrificados a los 25 kg de peso (ver resultados Prueba 2).

Los datos de composición de la no canal y de la canal han puesto de manifiesto un mayor engrasamiento en los animales de raza Assaf respecto al cruce Assaf x Merina. Sin embargo, en nuestro estudio no se observaron diferencias en el contenido de grasa intramuscular atribuibles al genotipo, de lo que se deduce que las diferencias registradas en el índice de amarillo deben obedecer a otro causa.

Algunos estudios señalan que la ganancia diaria de peso previa al sacrificio puede influir en el color de la carne. En este sentido, en un estudio realizado en la especie bovina, Mlynek y Gulinski (2007) observaron que animales sacrificados a similar peso, pero con diferente tasa de crecimiento previo al sacrificio (923 vs. 790 g/día) y, por tanto, con diferente edad al sacrificio, presentaban diferencias en el índice de amarillo de la carne, siendo mayor el valor de este parámetro colorimétrico en los animales que expresaron una menor ganancia diaria de peso (11,0 vs. 9,1). Esta relación entre ganancia diaria de peso y color de la carne está en concordancia con los resultados observados en el presente experimento, si bien en nuestro estudio las diferencias observadas en la ganancia diaria de peso estuvieron relacionadas con una diferente composición de la ganancia en los dos genotipos evaluados y no con diferencias en la ingestión, como sucedió en el trabajo citado.

De forma similar a lo observado en la Prueba 2, no se observaron diferencias atribuibles al sexo en ninguno de los parámetros colorimétricos medidos en el músculo L.Dorsi. Algunos autores han observado diferencias en el color de la carne atribuibles al sexo pero este efecto parece depender del músculo objeto de estudio. Así, por ejemplo, en un estudio realizado en la raza Texel, Craigie *et al.* (2012) observaron una mayor

luminosidad en la carne de machos, si bien este efecto lo observaron en el músculo *Semimembranosus* pero no en el *Longissimus dorsi lumborum*. Por otra parte, las diferencias atribuibles al sexo en algunos estudios estuvieron asociadas con diferencias en el peso al sacrificio (Teixeira *et al.*, 2005), circunstancia que no se produjo en el presente experimento.

Independientemente de las diferencias observadas entre genotipos, los parámetros colorimétricos se pueden considerar aceptables desde una perspectiva comercial para ambos genotipos. Así, se considera que la luminosidad debe presentar un valor superior a 32 (White *et al.*, 2002) y los valores de luminosidad oscilaron entre 41 y 45. Respecto al índice de rojo, los valores se encontraron dentro del rango de valores de la carne de cordero de cebo de las razas explotadas en España (Martínez-Cerezo *et al.*, 2005; Luciano *et al.*, 2012). En cambio, al comparar los valores de índice de amarillo con otras razas, observamos que nuestros resultados fueron inferiores a los publicados en corderos Rasa Aragonesa (Sañudo *et al.*, 1998b), Rasa Aragonesa, Churra y Merina (Martínez-Cerezo *et al.*, 2005) pero semejantes a los corderos de raza Montesina (Horcada *et al.*, 2005).

#### **6.3.4.4. Capacidad de retención de agua y textura**

Algunos trabajos señalan diferencias entre razas de ovino en las pérdidas de agua por presión (Berain *et al.*, 2000; Burke *et al.*, 2003) pero la mayor parte de los trabajos publicados (Dransfield *et al.*, 1990; Hopkins y Fogarty, 1998a; Sañudo *et al.*, 1997; Santos-Silva *et al.*, 2002b; Hoffman *et al.*, 2003; Ekiz *et al.*, 2009; Komprda *et al.*, 2012) sobre el tema coinciden en que la raza no parece desempeñar un efecto importante sobre este parámetro, lo que concuerda con lo observado en nuestro estudio.

El pH puede influir en la capacidad de retención de agua de la carne (Hamm, 1975; Gault, 1985; Renner, 1986; Purchas, 1990; Miller, 2000; Swatland, 2002) pero la ausencia de relación entre estos parámetros en el presente estudio coincide con lo observado por otros autores (Santos-Silva *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2003a), posiblemente debido a que las diferencias observadas en el pH final fueron de escasa magnitud.

Es oportuno destacar, no obstante, que algunos autores han señalado que la carne de la raza Merina parece ser más exudativa que la procedente de otras razas (Sañudo *et al.*, 1986) y que la capacidad de retención es menor en las razas con mayor grado de

engrasamiento (Cross, 1977). En nuestro caso, los animales del cruce de Assaf x Merina, no presentaron diferencias, respecto a los de raza Assaf, en las pérdidas de agua por presión, medida en el músculo *Longissimus dorsi thoracis*, pero tampoco en el contenido de grasa intramuscular.

Sí se observaron, sin embargo, diferencias atribuibles al sexo en la cantidad de grasa intramuscular y en las pérdidas por presión, siendo la relación entre ambas variables opuesta, lo que concuerda con la relación también inversa entre el contenido de agua y de grasa en la carne ( $r = -0,71$ ;  $P < 0,0001$ ).

Las pérdidas por cocinado presentaron un patrón similar al observado para las pérdidas por presión, si bien las diferencias entre sexos fueron ligeramente inferiores (7 %) y no alcanzaron significación estadística. En un trabajo reciente, Craigie *et al.* (2012) observaron mayores pérdidas por cocinado en la carne procedente de machos que hembras de animales de la raza Texel. En este trabajo, no obstante, el peso de sacrificio fue diferente para machos y hembras. Cloete *et al.* (2012) observaron resultados similares en diferentes genotipos de razas de aptitud productiva dual pero también con diferentes pesos al sacrificio.

Otros autores, en concordancia con lo observado en el presente estudio, no observaron efecto del sexo sobre las pérdidas por cocinado, a pesar de encontrar diferencias en el grado de engrasamiento (Sañudo *et al.*, 1998b; Johnson *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2007). Cabe indicar que durante el cocinado se pierde agua pero también lípidos y, en consecuencia, las diferencias observadas en las pérdidas por presión observadas en carnes con diferente grado de infiltración grasa podrían atenuarse como consecuencia de una mayor pérdida de grasa, especialmente si existen además diferencias en el perfil lipídico (Alfaia *et al.*, 2010).

Independientemente del efecto del sexo, los valores registrado para las pérdidas por presión fueron inferiores a los publicados en corderos de las razas Awassi (Abdullah y Qudsieh, 2009), Lacha y Rasa Aragonesa (Beriain *et al.*, 2000), Segureña (Cano-Expósito *et al.*, 2003), Talaverana (Díaz *et al.*, 2002). En lo que respecta a las pérdidas por cocinado, los valores fueron superiores a los señalados en carne procedente de corderos de la raza Rasa Aragonesa (Sañudo *et al.*, 1998b y Ripoll *et al.*, 2012) e inferiores a los registrado en carne procedente de corderos de las razas Apenninica (Russo *et al.*, 2003), Awassi (Abdullah y Qudsieh, 2009) o Churra da Terra Quente (Santos *et al.*, 2007).

Los valores de fuerza de corte de la carne presentaron una elevada variación individual, oscilando entre 1,94 y 8,02 kg/cm<sup>2</sup>. Esta elevada variación también se observó en la literatura consultada, con valores publicados para carne de cordero que pueden variar entre 1,5 a más de 15 kg/cm<sup>2</sup> (Hopkins y Fogarty, 1998a; Sañudo *et al.*, 1998b; Vergara *et al.*, 1999d; Beriain *et al.*, 2000; Cano-Expósito *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2005; Bonanno *et al.*, 2011; Aguayo-Ulloa *et al.*, 2015).

Como consecuencia de la elevada variación individual, y del reducido número de animales utilizado, las diferencias observadas entre genotipos en el presente estudio (un 16% menor en la carne de los animales de raza Assaf respecto a los del cruce Assaf x Merina) no alcanzaron significación estadística.

El efecto de la raza sobre la fuerza de corte de la carne es controvertido, existiendo trabajos en lo que no se encontraron diferencias al comparar diferentes razas de ovino (Hopkins y Fogarty, 1998a; Beriain *et al.*, 2000; Esenbuga *et al.*, 2009) y estudios en lo que sí se observaron diferencias (Santos-Silva *et al.*, 2002a; Burke *et al.*, 2003; Hoffman *et al.*, 2003; Snowden y Duckett, 2003; Martínez-Cerezo *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2005; Burke y Apple, 2007; Ekiz *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2009).

Las diferencias observadas entre razas pueden ir asociadas a diferentes causas, tales como diferencias en el pH final de la carne, en el grado de engrasamiento o en el peso al sacrificio (Hoffman *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2005; Juárez *et al.*, 2009).

Generalmente, un mayor contenido de grasa intramuscular está asociado a menores fuerzas de corte de la carne (Mortimer *et al.*, 2014; Pannier *et al.*, 2014a y b). De igual modo, parece existir una relación curvilínea entre el pH, la fragmentación miofibrilar y la fuerza de corte, de manera que a medida que el pH aumenta desde 5,4 hasta alrededor de 6.0-6,5, disminuye la fragmentación y aumenta la fuerza de corte (Devine *et al.*, 1993; Watanabe *et al.*, 1996).

En el presente estudio no se observaron diferencias en el contenido de grasa intramuscular entre genotipos, pero el pH de la carne, tras 24 h de oreo, fue ligeramente menor los animales de raza Assaf y tal vez ello pudiera haber influido en los valores de la fuerza de corte de la carne.

El efecto del sexo sobre la fuerza de corte tampoco fue significativo pero la diferencia entre los valores medios registrados para los machos y las hembras fue

superior al 15%. En este caso, si cabe indicar que el contenido de grasa intramuscular fue mayor en las hembras, lo que podría explicar el efecto observado sobre la fuerza de corte de la carne.

#### **6.3.4.5. Composición química de la carne**

Tanto el genotipo como el sexo influyeron en la composición química del músculo, si bien el primero de los factores afectó únicamente al contenido de cenizas y el segundo afectó a los restantes parámetros medidos (agua, proteína y grasa).

El efecto de la raza sobre la composición química parece depender de las razas evaluadas y del parámetro químico considerado. Así, por ejemplo Esenbuga *et al.* (2001) no observaron diferencias en los contenidos de agua, proteína, grasa y cenizas en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* procedentes de corderos de las razas Awassi, Red Karaman, Tushin y Awassi x Tushin. Kremer *et al.* (2004) tampoco hallaron diferencias en los parámetros de humedad, proteína y grasa en el músculo *Longissimus dorsi* de corderos de las razas Corriedale, Southdown, Hampshire Down, Suffolk, Texel y East Friesian. Sin embargo, Hoffman *et al.* (2003), al comparar diferentes razas, no registraron diferencias en los contenidos de humedad, grasa y cenizas del músculo *Semimembranosus* pero sí en el contenido de proteína. Por su parte, Komprda *et al.* (2012) registraron diferencias en los contenidos de humedad y cenizas del músculo *Quadriceps femoris* pertenecientes a corderos de las razas Zwartbles, Suffolk y Oxford Down. Resultados similares fueron obtenidos por Esenbuga *et al.* (2009) al comparar la composición química de la carne de razas Awassi y Morkaraman.

El contenido mineral en la carne aumenta con el peso y edad al sacrificio y los animales de raza Assaf se sacrificaron a una mayor edad, como consecuencia de una menor ganancia diaria de peso. La diferencia en edad, no obstante, fue de escasa magnitud ( $25,2 \pm 1,3$  vs.  $21,5 \pm 0,87$  días).

Por otra parte, no se puede descartar un efecto propio de la raza sobre la composición de la carne. De hecho, el contenido mineral del *Longissimus dorsi lumborum* de corderos de raza Assaf registrado en este estudio (ver datos Prueba 2) fue superior a los valores publicados para la raza Merina (Bodas, 2004; Rodríguez, 2005; Tejeda *et al.*, 2008; López-Campos *et al.*, 2011; Cloete *et al.*, 2012). De mantenerse esta diferencia con

pesos menores de sacrificio, entraría dentro de lo esperable que los animales del cruce Assaf x Merina presentasen valores también inferiores a los de la raza Assaf.

En la bibliografía consultada, la mayor parte de los trabajos en los que se observó un efecto del sexo sobre la composición química de la carne, las diferencias se registraron fundamentalmente en el contenido de grasa y de agua, con mayor y menor contenido, respectivamente, en las hembras, reflejo de su mayor precocidad (Horcada *et al.*, 1988; Teixeira *et al.*, 1996; Díaz *et al.*, 2003a; Santos *et al.*, 2007; Cloete *et al.*, 2012; Pannier *et al.*, 2014a). Los resultados obtenidos en el presente estudio, por tanto, se encontraron en concordancia con los resultados encontrados en la bibliografía.

La diferencia observada en el contenido de proteína del *Longissimus dorsi lumborum* entre machos y hembras mostró una tendencia a la significación, presentando las hembras un mayor contenido. Este resultado está en consonancia con el observado por Cloete *et al.* (2012), al comparar diferentes razas de ovino. No obstante, las diferencias fueron de escasa magnitud y desaparecieron cuando se expresó el contenido de proteína de la carne sobre materia seca sin grasa.

## 7. Conclusiones

### Primera

El sistema de alimentación empleado en la lactancia de corderos de raza Assaf (lactancia natural vs. lactancia artificial, con leche de vaca reconstituida, administrada *ad libitum* o de forma restringida) influyó en la ganancia diaria de peso, en las características morfológicas y deposición de grasa en la canal, presentado los corderos criados mediante lactancia natural una mayor velocidad de crecimiento y canales más cortas, ligeramente más engrasadas y compactas.

Ni la composición química de la carne, ni su pH, color y textura variaron con el sistema de alimentación.

### Segunda

En los corderos lechales de raza Assaf, el sexo no influyó en la ganancia diaria de peso durante el periodo de lactancia ni en el peso de la canal pero éstas fueron más cortas y menos engrasadas en los machos que en las hembras. Los datos de composición tisular y química sugieren que las diferencias observadas en el grado de engrasamiento serían más atribuibles a diferencias en la deposición de grasa intramuscular que en los depósitos de grasa subcutánea e intermuscular.

La carne de las hembras presentó un mayor contenido de grasa y un menor contenido de agua que la de los machos pero estas diferencias no se reflejaron ni en el pH, ni en el color o textura de la carne.

### Tercera

El sistema de libre elección de alimentos, basado en la administración separada y a voluntad de cebada en grano y un suplemento proteico (36 % de PB), permitió expresar a los corderos de raza Assaf, criados desde el destete hasta los 25 kg de peso, una mayor ingestión de alimento. Este efecto fue independiente del sexo de los animales pero únicamente en los machos se tradujo en una mayor ganancia diaria de peso y un menor índice de conversión.

El sistema de alimentación no influyó en la composición química de la canal ni de la carne ni tampoco en el pH, color y textura de esta última.

#### **Cuarta**

En corderos de raza Assaf, criados desde el destete hasta los 25 kg de peso, con diferentes sistemas de alimentación, el sexo no influyó en la ingestión pero sí en la ganancia diaria de peso y en el índice de conversión, que fueron menor y mayor, respectivamente, en las hembras que en los machos. Las diferencias en los parámetros citados estuvieron asociadas con una mayor deposición de grasa en las hembras.

Las hembras presentaron canales más engrasadas, con mayor perímetro de grupa pero menor profundidad de tórax y longitud de pierna. Estas diferencias no estuvieron asociadas con diferencias en la composición regional de la canal, a excepción de un mayor peso de la falda y del rabo en las hembras. Las hembras también presentaron un mayor contenido de grasa en la carne pero el sexo no influyó en el pH ni en el color ni en la textura.

#### **Quinta**

En corderos cebados en un sistema intensivo desde el destete hasta los 20 kg de peso, los animales de genotipo Assaf y Assaf x Merina presentaron similares valores de ingestión pero la ganancia diaria de peso y índice de conversión fueron mayor y menor, respectivamente, en los animales del genotipo Assaf x Merina.

Este efecto estuvo asociado con una mayor deposición de grasa corporal tanto en la no canal como en la canal en los animales de raza Assaf. En el caso de la canal, las diferencias parecen ser debidas a una mayor deposición de grasa subcutánea en la raza Assaf, que determinó un mayor peso del rabo y también una grasa de apariencia más blanca.

El genotipo no influyó en la textura de la carne ni en los contenidos de agua, proteína y grasa pero sí afectó al pH, al contenido de cenizas y al brillo, siendo el pH menor y el contenido de cenizas y el brillo mayor en la carne de los animales de raza Assaf.

#### **Sexta**

En corderos de raza Assaf y Assaf x Merina, criados desde el destete hasta los 20 kg de peso en un sistema de cebo intensivo, las hembras depositaron mayor cantidad de grasa corporal, fundamentalmente en la no canal. Este efecto se tradujo en una menor ganancia de diaria de peso y un mayor índice de conversión en las hembras.

El sexo no influyó en el pH ni en el color ni en la textura de la carne pero sí en la composición química, presentando las hembras mayores contenidos de grasa y menores de agua.

## 8.1. Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del sistema de alimentación y sexo en corderos de raza Assaf o Assaf x Merina en diferentes etapas de crecimiento sobre la ingestión, el rendimiento productivo, las características de la no canal (peso, componentes y composición química) y de la canal (peso, pérdidas por oreo, rendimiento, conformación, grado de engrasamiento, color de la grasa subcutánea, morfología, composición regional, composición tisular y química) y de la carne (pH, color, capacidad de retención de agua, textura y composición química). Para lograr este objetivo se plantearon 3 pruebas experimentales, abarcando diferentes etapas de crecimiento.

En la **primera prueba** se estudió el efecto del sistema de alimentación (lactancia natural vs. lactancia artificial) y del sexo sobre la ganancia diaria de peso, la composición corporal y las características de la canal y de la carne de corderos lechales de raza Assaf. Para ello, se utilizaron un total de 36 corderos (18 machos y 18 hembras) recién nacidos, de los cuales 12 corderos (6 machos y 6 hembras) fueron destinados para realizar la prueba de lactancia natural y los 24 restantes (12 machos y 12 hembras) para la prueba de lactancia artificial. La distribución de los corderos en los grupos experimentales se realizó en función del peso vivo al nacimiento, de acuerdo con un diseño experimental de tipo factorial 3 x 2, definido por 2 sexos (machos vs. hembras) y 3 sistemas de alimentación (LN: lactancia natural; LA-ad: lactancia artificial ofrecida la leche a voluntad en dos tomas diarias y LA-rest: lactancia artificial ofrecida la leche en una cantidad del 80% de la ingestión del grupo anterior). Una vez que todos los corderos (lactancia natural y artificial) alcanzaron un peso de 10 kg se procedió a su sacrificio.

El sexo no influyó ( $P > 0,10$ ) en la ganancia diaria de peso pero sí se observaron diferencias atribuibles al sistema de alimentación ( $P < 0,05$ ), correspondiendo los mayores valores al grupo LN y los menores al grupo LA-rest (307, 253 y 150 g/día para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente).

No se observaron diferencias ( $P > 0,10$ ) debidas al sexo en el peso de la no canal aunque el peso de la lana y de los depósitos de grasa interna total y digestiva fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en las hembras. El contenido total de grasa de la no canal fue también mayor ( $P < 0,05$ ) en las hembras.

El sistema de alimentación no influyó significativamente ( $P > 0,10$ ) ni en el peso de la no canal ni en su composición química. Sin embargo, sí se observaron diferencias

significativas ( $P < 0,05$ ) en los pesos de la lana (145, 160 y 199 g para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente), los despojos rojos (432, 470 y 497 g) y blancos (629, 620 y 560 g), así como de la grasa interna total (216, 202 y 187 g), siendo los valores de los dos primeros parámetros mayores en el grupo LA-rest que en el grupo LN. La situación opuesta se observó para los otros dos parámetros.

El sexo no influyó ( $P > 0,05$ ) en el peso, en las pérdidas por oreo, en el rendimiento comercial ni en el grado de conformación o engrasamiento de la canal. El sistema de alimentación, por el contrario, influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) en todos los parámetros señalados, excepto en el rendimiento comercial. El grado de conformación y engrasamiento fueron mayores en los animales del grupo LN que en los del grupo LA-rest, registrándose valores intermedios en el grupo LA-ad. En oposición, las pérdidas por oreo fueron mayores en el grupo LA-rest que en el grupo LA-ad, presentado valores intermedios el grupo LN.

El sexo tampoco afectó significativamente ( $P > 0,10$ ) ni al pH de la canal medido a las 24 h *post mortem* ni a los parámetros colorimétricos de la grasa subcutánea de la canal. El sistema de alimentación tampoco afectó ( $P > 0,10$ ) al pH de la canal pero sí se observó una tendencia a la significación ( $P < 0,10$ ) en la luminosidad de la grasa, siendo mayor el valor de este parámetro en los animales del grupo LA-ad que en los de los otros dos grupos.

No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,10$ ) en el peso de las diferentes piezas de la canal atribuibles al sexo, si bien la longitud interna de la canal fue significativamente mayor en las hembras (40,3 vs. 39,1 cm). El sexo tampoco afectó significativamente al peso de los principales componentes tisulares obtenidos por disección de la espalda (músculo, grasa y hueso), si bien la relación entre los pesos del músculo y de la grasa fue significativamente ( $P < 0,05$ ) menor en el caso de las hembras.

El sistema de alimentación influyó ( $P > 0,05$ ) en el peso de la espalda y en su composición tisular, siendo mayor el peso (297, 306 y 332 g para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente) y la proporción de músculo (58,1; 61,5 y 62,0 %) en los animales del grupo LA-rest y menor en los animales del grupo LN. Por el contrario, el contenido de grasa subcutánea (37, 28 y 30 g para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente) e intermuscular (36, 28 y 32 g) en la espalda fue mayor en los animales del grupo LN, respecto al grupo LA-rest. Estas diferencias en el contenido de grasa de la espalda también se reflejaron en el contenido de grasa de la canal, que fue significativamente

( $P < 0,05$ ) mayor en las hembras (11 vs. 8 g/kg) y en los animales del grupo LN (11, 10 y 8 g/kg para para los grupos LN, LA-ad y LA-rest, respectivamente).

El sexo no influyó en ninguno de los parámetros determinados indicativos de la calidad de la carne (área, pH, color, capacidad de retención de agua, dureza), a excepción de su composición química, presentando la carne de las hembras menores contenidos de agua (744 vs. 766 g/kg) y mayores de grasa (29 vs. 16 g/kg). El sistema de alimentación únicamente afectó a las pérdidas de agua por presión, cuyo valor fue superior en la carne de los animales del grupo LA-rest y menores en los del grupo LN (10,0; 11,6 y 11,8 %).

**En la segunda prueba** se comparó el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso, la composición corporal y las características de la canal y de la carne de corderos criados, hasta los 25 kg de peso, con un sistema de cebo intensivo convencional y con un sistema de cebo alternativo, basado en la administración separada de cereal entero y de un suplemento proteico. Para ello, se utilizaron un total de 24 corderos de raza Assaf (12 machos y 12 hembras), recién destetados con una edad de 37 días (eem 1,9) y un peso vivo de 14,5 kg (eem 0,08), que se distribuyeron en cuatro grupos, equilibrados en función del peso, de acuerdo con el diseño experimental 2 x 2, definido por 2 sexos (machos y hembras) y 2 sistemas de alimentación [sistema convencional (Control) vs. sistema alternativo (Libre elección)].

Los corderos criados con sistema Libre elección presentaron valores medios de ingestión, tanto de materia seca (861 vs. 765 g·animal<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>;  $P < 0,001$ ) como de proteína (205 vs. 123 g·animal<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>;  $P < 0,001$ ) superiores a los criados con el sistema convencional. Esta diferencia en la ingestión se tradujo en diferencias significativas en la ganancia diaria de peso (371 vs. 272 g/día) y en el índice de conversión (2,40 vs. 2,83 g alimento/g ganancia de peso), aunque únicamente en el caso de los machos. Las diferencias en los parámetros citados estuvieron asociadas con una mayor deposición de grasa, tanto en la canal (16,08 vs. 13,14 %;  $P < 0,05$ ) como en la no canal (15,18 vs. 10,04 %;  $P < 0,05$ ), en las hembras.

El sexo no afectó significativamente ( $P > 0,10$ ) a la ingestión pero sí a la ganancia diaria de peso (238 vs. 321 g/día;  $P < 0,05$ ) y al índice de conversión (3,39 vs. 2,61 g alimento/g ganancia de peso,  $P < 0,05$ ) que fueron menor y mayor, respectivamente, en las hembras que en los machos.

Ni el sistema de alimentación ni el sexo influyeron significativamente ( $P>0,10$ ) en el peso de la canal ( $12254 \pm 466,7$  g) y de la no canal ( $9569 \pm 438,1$  g), ni en el rendimiento comercial ( $47,5 \pm 1,01$  %) o verdadero ( $56,2 \pm 0,83$  %). No obstante, en el caso del sistema de alimentación, los animales criados con el sistema Libre elección presentaron un mayor peso de la sangre ( $1258$  vs.  $1161$  g;  $P<0,05$ ) y de los despojos rojos ( $1500$  vs.  $1400$  g;  $P<0,05$ ). Los machos también presentaron un mayor peso de la sangre ( $1250$  vs.  $1170$  g;  $P<0,05$ ) y de los despojos blancos ( $1802$  vs.  $1635$  g;  $P<0,05$ ) que las hembras.

Las características de la canal, a excepción del peso de la pierna, del perímetro de la grupa y del color de la grasa subcutánea no variaron ( $P>0,05$ ) con el sistema de alimentación. Tanto el perímetro de la grupa ( $55,2$  vs.  $56,3$  cm;  $P<0,05$ ) como el peso de la pierna ( $2017$  vs.  $2082$  g;  $P<0,05$ ) fueron menores en los animales criados con el sistema de Libre elección de alimentos. La grasa subcutánea en las canales de los corderos criados con el sistema Libre elección presentó mayores valores de índice de rojo ( $4,68$  vs.  $3,18$ ;  $P<0,05$ ) y de amarillo ( $10,25$  vs.  $8,96$ ;  $P<0,05$ ) y como consecuencia un menor tono ( $64,94$  vs.  $71,00$ ;  $P<0,05$ ) y una mayor saturación ( $11,36$  vs.  $9,55$ ;  $P<0,05$ ).

El sexo no influyó en el color de la grasa subcutánea pero las hembras presentaron canales más engrasadas, con mayor perímetro de grupa ( $56,4$  vs.  $55,2$  cm;  $P<0,05$ ) pero menor profundidad de tórax ( $24,2$  vs.  $24,8$  cm;  $P<0,05$ ) y longitud de pierna ( $34,2$  vs.  $35,3$  cm;  $P>0,05$ ). Estas diferencias no estuvieron asociadas con diferencias en la composición regional de la canal, a excepción de un mayor peso de la falda ( $678$  vs.  $606$  g;  $P<0,05$ ) y del rabo ( $312$  vs.  $199$  g;  $P<0,05$ ) en las hembras.

El sistema de alimentación no influyó significativamente ( $P>0,05$ ) en ninguna de las características de la carne, a excepción de las pérdidas de agua por cocinado que fueron menores en los animales criados con el sistema Libre elección ( $11,9$  vs.  $14,7$  %;  $P<0,05$ ). El sexo únicamente influyó en la composición química, presentado la carne de las hembras un mayor contenido de grasa ( $28,1$  vs.  $21,0$  g/kg  $P<0,05$ ).

**En la tercera prueba** se estudió el efecto del genotipo y del sexo sobre la ingestión, la ganancia diaria de peso, la composición corporal y las características de la canal y de la carne de corderos criados, hasta los 20 kg de peso, de acuerdo con un sistema de cebo intensivo convencional. Para ello, se utilizaron un total de 24 corderos recién destetados con un peso vivo de 14,4 kg (eem 0,09). Los animales se distribuyeron en 4 grupos de

acuerdo con un diseño factorial definido por 2 sexos (machos y hembras) y 2 genotipos (Assaf puro y Assaf x Merina).

El genotipo no influyó en la ingestión total de alimento pero los animales del genotipo Assaf x Merina presentaron una mayor ganancia diaria de peso (299 vs. 224 g/día;  $P<0,05$ ) y un menor índice de conversión (2,40 vs. 3,05 g alimento/g ganancia de peso;  $P<0,05$ ). El sexo también influyó en ambos parámetros, presentando los machos una mayor ganancia de diaria de peso y un menor índice de conversión.

Los animales del genotipo Assaf x Merina presentaron un menor peso de la no canal (7887 vs. 8294 g;  $P<0,05$ ), consecuencia de un menor peso de los caídos (3521 vs. 3901 g;  $P<0,05$ ) y de la lana (338 vs. 501 g;  $P<0,05$ ). El sexo no influyó significativamente ( $P>0,10$ ) en el peso de la no canal pero las hembras tuvieron un mayor peso de la lana (478 vs. 373 g;  $P<0,05$ ). Tanto el sexo como el genotipo influyeron en la composición química de la no canal, siendo el contenido de grasa menor en los animales del genotipo Assaf x Merina (95,0 vs. 120,0 g/kg;  $P<0,05$ ) y en los machos (101,4 vs. 117,8 g/kg;  $P<0,05$ ).

El peso de la canal tanto caliente (PCC) como fría (PCF) varió con el genotipo pero únicamente en el caso de las hembras, siendo mayor el peso en las hembras de raza Assaf (PCC: 9986 vs. 9604 g; PCF: 9754 vs 9344 g;  $P<0,05$ ). El peso de la canal en las hembras de raza Assaf también fue significativamente ( $P<0,05$ ) mayor que en los machos (PCC: 9589 g; PCF: 9367 g).

Las canales de los animales del genotipo Assaf x Merina presentaron un menor perímetro (51,1 vs. 53,1 cm;  $P<0,05$ ) y anchura de grupa (18,6 vs. 19,3 cm;  $P<0,05$ ) y un menor peso del badal (305 vs. 356 g;  $P<0,05$ ) y del rabo (69 vs. 163 g;  $P<0,05$ ), siendo menor también el contenido de cenizas (38,0 vs. 40,7 g/kg;  $P<0,05$ ) y de grasa (131,7 vs. 156,1 g/kg;  $P<0,10$ ) y mayor el de proteína (173,0 vs. 167,5 g/kg;  $P<0,05$ ).

El sexo no influyó en el peso de la canal pero sí en el rendimiento comercial (47,8 vs. 46,4 %;  $P<0,05$ ), el peso del costillar (871 vs. 795 g;  $P<0,05$ ) y la longitud interna (49,8 vs. 48,3 cm;  $P<0,05$ ) de la canal que fueron mayores en las hembras. No se observaron diferencias atribuibles al sexo en la composición química de la canal, aunque las hembras presentaron una mayor proporción de grasa subcutánea en la espalda (5,9 vs. 3,8 %;  $P<0,05$ ), con un menor índice de rojo (3,9 vs. 2,9;  $P<0,05$ ).

El genotipo influyó en el pH y en el contenido de cenizas de la carne, siendo el valor de pH menor (5,54 vs. 5,62;  $P < 0,05$ ) y el de contenido de cenizas mayor (16,7 vs. 12,8 g/kg;  $P < 0,05$ ) en los animales de raza Assaf. El sexo no influyó en el pH pero sí en la composición química de la carne, presentando las hembras mayores contenidos de grasa (27,2 vs. 19,0 g/kg;  $P < 0,05$ ) y menores de agua (739,5 vs. 754,5 g/kg;  $P < 0,05$ ).

La textura de la carne no varió ( $P > 0,10$ ) ni con el genotipo ni con el sexo pero la luminosidad de la carne fue mayor (44,0 vs. 42,1;  $P < 0,05$ ) en los corderos de raza Assaf.

## 8.2. Abstrac

The aim of the present study was to examine the effect of feeding system and sex on Assaf or Assaf x Merino lambs at different stages of growth on feed intake, animal performance and non-carcass (weight, components and chemical composition), carcass (weight, loss during chilling, yield, conformation, degree of fat cover, colour of subcutaneous fat, morphology, and primal cut, tissue and chemical composition) and meat (pH, colour, water-holding capacity, texture and chemical composition) characteristics. To achieve this objective, 3 experimental trials were conducted, using animals at different stages of growth.

In the **first trial**, 36 new born lambs (18 males and 18 females) were used to study the effect of feeding system (natural suckling vs. artificial rearing) and sex on daily weight gain, body composition, and carcass and meat characteristics of milk-fed Assaf lambs. The lambs were divided into 6 experimental groups according to a 3 x 2 factorial design defined by 2 sexes (males vs. females) and 3 feeding systems (NS: natural suckling; AR-ad: artificial rearing with ad libitum milk intake twice a day; and AR-rest: artificial rearing with a milk intake amounting to 80% of the previous group's intake). Groups were equilibrated according the live weight at birth. All lambs (natural suckling and artificially reared) were slaughtered once they had reached 10 kg of live body weight (LBW).

Average daily weight gain (ADG) was not affected by sex ( $P > 0,10$ ), but significant differences were observed according to feeding system ( $P < 0,05$ ). The highest values obtained corresponded to the NS group, and the lowest values to the AR-rest group (307, 253 and 150 g/day for groups NS, AR-ad and AR-rest, respectively).

Sex did not affect ( $P>0.10$ ) non-carcass weight although wool weight and total internal and digestive fat deposits were higher in females ( $P<0.05$ ). Females also presented a higher total fat content in non-carcass component ( $P<0.05$ ).

Feeding system did not significantly affect either the weight or chemical composition of non-carcass ( $P>0.10$ ). However, significant differences were observed ( $P<0.05$ ) in the weight of wool (145, 160 and 199 g for groups NS, AR-ad and AR-rest, respectively), red offal (432, 470 and 497 g), white offal (629, 620 and 560 g), and total internal fat (216, 202 and 187 g), with the AR-rest group presenting higher values than the NS group for the first two parameters, but lower values than the same group for the other two parameters.

Sex had no effect ( $P>0.05$ ) on carcass weight, chilling losses, dressing percentage or carcass conformation and fatness. In contrast, feeding system had a significant effect on all parameters above mentioned ( $P<0.05$ ) except in dressing percentage. Both conformation and fatness score were higher in NS than AR-rest animals, while intermediate values were obtained for AR-ad lambs. In contrast, values for chilling losses were higher in the AR-rest group than in the AR-ad group, while the NS group presented intermediate values.

Sex did not significantly affect carcass pH at 24 h *post mortem* nor the colorimetric parameters for subcutaneous fat ( $P>0.10$ ). Feeding system did not affect carcass pH either ( $P>0.10$ ), but a trend towards significance was observed for fat brightness ( $P<0.10$ ), with AR-ad animals obtaining a higher value for this parameter than animals in the other two groups.

No significant differences were observed in the weight of the different commercial carcass cuts by sex ( $P>0.10$ ), although internal carcass length was significantly higher in females (40.3 vs. 39.1 cm). Neither did sex significantly affect the weight of the main tissue components obtained by dissection of the shoulder (muscle, fat and bone), although the ratio between muscle and fat weight was significantly lower in females ( $P<0.05$ ).

In contrast, feeding system did affect the weight and tissue composition of the shoulder ( $P>0.05$ ), with a higher weight (297, 306 and 332 g for NS, AR-ad and AR-rest groups, respectively) and proportion of muscle (58.1, 61.5 and 62.0%) in AR-rest animals than in NS animals. However, content of subcutaneous fat (37, 28 and 30 g for NS, AR-ad and AR-rest groups, respectively) and intermuscular fat (36, 28 and 32 g) in the shoulder was higher in the NS group than in AR-rest animals. These differences in shoulder fat content

was also reflected in carcass fat content, which was significantly higher ( $P<0.05$ ) in females (11 vs. 8 g/kg) and in NS animals (11, 10 and 8 g/kg for NS, AR-ad and AR-rest groups, respectively).

Sex did not affect any of the recorded parameters indicative of meat quality (area, pH, colour, water-holding capacity, tenderness), with the exception of chemical composition, where meat from female lambs had a lower water content (744 vs. 766 g g/kg) and a higher fat content (29 vs. 16 g/kg). Feeding system only affected ( $P<0.05$ ) water holding capacity (water losses under pressure); meat from AR-rest animals presented the highest value obtained for this parameter, while the lowest value corresponded to the NS group (10.0, 11.6 and 11.8%).

**In the second trial**, 24 recently weaned ( $37 \pm 1.9$  days of age and  $14.5 \pm 0.08$  kg of LBW) Assaf lambs (12 males and 12 females) were divided into four groups of equal weight, according to a 2 x 2 factorial design to study the effect of sex (male and female) and feeding system [conventional system (animals were fed long form barley straw and concentrate pellet offered ad libitum in separated feeding troughs)] vs. alternative free choice system [animals were fed whole-grain cereal and a protein supplement, offered ad libitum in different troughs) on feed intake, daily weight gain, body composition and carcass and meat characteristics. All lambs were slaughtered once when they had reached 25 kg of LBW.

Lambs reared on the free choice system presented higher mean values of dry matter ( $861$  vs.  $765$  g·animal<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>;  $P<0.001$ ) and protein ( $205$  vs.  $123$  g·animal<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>;  $P<0,001$ ) intake than those reared on the conventional system. This difference in intake resulted in significant ( $P<0.05$ ) differences in ADG ( $371$  vs.  $272$  g/day) and feed to gain conversion rate (FCR,  $2.40$  vs.  $2.83$  g DM intake/g ADG), although only in the case of males. The differences in these parameters were associated with a greater deposition of fat both in the carcass ( $16.08$  vs.  $13.14$  %;  $P<0.05$ ) and in non-carcass ( $15.18$  vs.  $10.04$ %;  $P<0.05$ ) in females.

Sex did not significantly affect feed intake ( $P>0.10$ ), but did affect ADG ( $238$  vs.  $321$  g/day;  $P<0.05$ ) and FCR ( $3.39$  vs.  $2.61$  g food/g weight gain,  $P<0.05$ ), which were lower and higher, respectively, in females than in males.

Neither sex nor feeding system significantly affected carcass weight ( $12254 \pm 466.7$  g), non-carcass weight ( $9569 \pm 438.1$  g), dressing percentage ( $47.5 \pm 1.01$ %) or true yield

( $56.2 \pm 0.83\%$ ) ( $P > 0.10$ ). However, animals raised on the free choice system presented a higher blood weight (1258 vs. 1161 g;  $P < 0.05$ ) and red offal weight (1500 vs. 1400 g;  $P < 0.05$ ). Males also presented a higher blood weight (1250 vs. 1170 g;  $P < 0.05$ ) and white offal weight (1802 vs. 1635 g;  $P < 0.05$ ) than females.

The only carcass characteristics that differed according to feeding system were leg weight, buttock perimeter and colour of subcutaneous fat ( $P > 0.05$ ). Both buttock perimeter (55.2 vs. 56.3 cm;  $P < 0.05$ ) and leg weight (2017 vs. 2082 g;  $P < 0.05$ ) were lower in animals raised on the free choice feeding system. Subcutaneous fat of lambs reared on the free choice system presented higher values for the red index (4.68 vs. 3.18;  $P < 0.05$ ) and the yellow index (10.25 vs. 8.96;  $P < 0.05$ ), and therefore showed a lower hue (64.94 vs. 71.00;  $P < 0.05$ ) and higher chroma (11.36 vs. 9.55;  $P < 0.05$ ) values.

Sex did not affect the colour of subcutaneous fat, but females carcasses presented more fatness and a greater buttock perimeter (56.4 vs. 55.2 cm;  $P < 0.05$ ) but lower values for thorax depth (24.2 vs. 24.8 cm;  $P < 0.05$ ) and leg length (34.2 vs. 35.3 cm;  $P > 0.05$ ). These differences were not associated with differences in the carcass cut weights, except that breast-flank (678 vs. 606 g;  $P < 0.05$ ) and tail (312 vs. 199 g;  $P < 0.05$ ) weighed more in females.

Feeding system did not significantly affect any meat characteristics ( $P > 0.05$ ), except water loss during cooking, which was lower in animals reared on the free choice system (11.9 vs. 14.7%;  $P < 0.05$ ). The only parameter affected by sex was chemical composition, with meat from females presenting a higher fat content (28.1 vs. 21.0 g/kg  $P < 0.05$ ).

**In the third trial**, 24 newly weaned lambs ( $14.4 \pm 0.09$  kg of LBW) were divided into 4 groups, according to a 2 x 2 factorial design to study the effect of sex (male vs female) and genotype (pure Assaf vs Assaf x Merino) on feed intake, daily weight gain, body composition and carcass and meat characteristics. Lambs were using a conventional intensive feeding system (animals were fed long form barley straw and concentrate pellet offered ad libitum in separated feeding troughs) and they were slaughtered when they reached 20 kg of LBW.

Genotype had no effect on total feed intake, but Assaf x Merino genotype animals presented a higher ADG (299 vs. 224 g/day;  $P < 0.05$ ) and a lower FCR (2.40 vs. 3.05 g DM intake/g ADG;  $P < 0.05$ ). Sex affected both parameters, with males presenting a higher ADG and a lower FCR.

Non-carcass from Assaf x Merino genotype animals weighed less (7887 vs. 8294 g;  $P < 0.05$ ), because of the lower weight of offal (3521 vs. 3901 g;  $P < 0.05$ ) and wool (338 vs. 501 g;  $P < 0.05$ ). Sex did not significantly affect non-carcass weight ( $P > 0.10$ ), but the wool from female animals weighed more (478 vs. 373 g;  $P < 0.05$ ). Both sex and genotype influenced chemical composition of non-carcass, with a lower fat content in Assaf x Merino animals (95.0 vs. 120.0 g/kg;  $P < 0.05$ ) and in males (101.4 vs. 117.8 g/kg;  $P < 0.05$ ).

Both hot (HCW) and (CCW) cold carcass weight varied with genotype, but only in the case of females, with Assaf females presenting a higher weight (HCW: 9986 vs. 9604 g; CCW: 9754 vs. 9344 g;  $P < 0.05$ ). Assaf females also yielded a significantly ( $P < 0.05$ ) higher carcass weight than males of the same breed (HCW: 9589 g; CCW: 9367 g).

Carcass from Assaf x Merino animals presented a lower buttock perimeter (51.1 vs. 53.1 cm;  $P < 0.05$ ) and width (18.6 vs. 19.3 cm;  $P < 0.05$ ), and a lower weight for the best-end (305 vs. 356 g;  $P < 0.05$ ) and tail (69 vs. 163 g;  $P < 0.05$ ). They also presented a lower ash content (38.0 vs. 606 g;  $P < 0.05$ ) and fat content (131.7 vs. 156.1 g/kg;  $P < 0.10$ ), whereas protein content was higher (173.0 vs. 167.5 g/kg;  $P < 0.05$ ).

Sex did not affect carcass weight, but it did affect dressing percentage (47.8 vs. 46.4 %;  $P < 0.05$ ), loin-rib weight (871 vs. 795 g;  $P < 0.05$ ) and carcass internal length (49.8 vs. 48.3 cm;  $P < 0.05$ ), which were all higher in female. No differences were observed by sex in the carcass chemical composition, although females had a higher proportion of subcutaneous fat on the shoulder (5.9 vs. 3.8 %;  $P < 0.05$ ), with a lower red index (3.9 vs. 2.9;  $P < 0.05$ ).

Genotype affected meat pH and ash content, with Assaf animals presenting a lower pH value (5.54 vs. 5.62;  $P < 0.05$ ) and a higher ash content (16.7 vs. 12.8 g/kg;  $P < 0.05$ ). Sex did not affect meat pH, but did affect chemical composition of meat, with females showing a higher fat content (27.2 vs. 19.0 g/kg;  $P < 0.05$ ) and a lower water content (739.5 vs. 754.5 g/kg;  $P < 0.05$ ).

Meat texture did not vary ( $P > 0.10$ ) with genotype or sex, but meat brightness was higher (44.0 vs. 12.8 g/kg;  $P < 0.05$ ) in Assaf lambs.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Aalhus, J.L.; Price, M.A. (1991).** Endurance-exercised growing sheep: I. Post mortem and histological changes in skeletal muscles. *Meat Science*, 29: 43-56.
- Abdullah, A.Y.; Qudsieh, R.L. (2009).** Effect of slaughter weight and time on the quality of meat from Awassi ram lambs. *Meat Science*, 82: 309-316.
- AFRC (1995).** *Energy and protein requirements of ruminants*. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford (Reino Unido). 159 p.
- Aguayo-Ulloa, L.A.; Pascual-Alonso, M.; Olleta, J.L.; Sañudo, C.; Miranda-de la Lama, G.C.; María, G.A. (2015).** Effect of a screen with flaps and straw on behaviour, stress response, productive performance and meat quality in indoor feedlot lambs. *Meat Science*, 105: 16-24.
- Ahmed-Salek, S.; Navarro, S.; Argüello, A.; Flores, M.P.; Rodríguez, R.; López, J.L.; Ventura, M.R. (2002).** Efecto del engorde con dos tipos de raciones (convencional vs. ecológica) de corderos (24kg) de la raza Ovino Canario de Pelo sobre la composición regional y tisular de la canal y el pH y color muscular. *XXVII Jornadas Científicas de la SEOC*, 208-212.
- Alarcón, R.A.D. (2005).** Industrialización de la carne de ovino. Cría de ovinos productores de carne en el norte de México. *Tecno publicaciones S DE R.L.MI.*, pp. 345.
- Alberti, P.; Sañudo, C.; Lahoz, F.; Jaime, J.; Tena, T. (1988).** Características de la canal y de la carne de terneros cebados con dietas forrajeras y suplementadas con distinta cantidad de pienso. *ITEA*, 76: 3-14.
- Alcalde, M.J.; Cano, T.; Peña, F.; Doménech, V.; Martos, J.; Herrera, M.; García Martínez, A.; Rodero, E.; Varela, M.; Molina, A. (2001).** Valoración subjetiva de la canal e instrumental de la carne de corderos de la raza Segureña. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 140-147.
- Alcalde, M.J.; Horcada, A.; Juárez, M.; Siles, A.; Porras, C.; Valera, M. (2005).** Calidad de la canal de corderos (ternasco y lechal) de la raza autóctona andaluza Churra Lebrijana. *XXX Jornadas Científicas de la SEOC*, 35-37.
- Aldai, N.; Dugan, M.E.R.; Rolland, D.C.; Kramer, J.K.G. (2009).** Survey of the fatty acid composition of Canadian beef: Backfat and longissimus lumborum muscle. *Canadian Journal of Animal Science*, 89: 315-329.
- Alfaia, C.M.M.; Alves, S.P.; Lopes, A.F.; Fernandes, M.J.E; Costa, A.S.H.; Carlos Fontes, C.M.G.A.; Castro, M.L.F.; Bessa, R.J.B.; José, A.M; Prates, J.A.M. (2010).** Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science*, 84: 769-777.
- Alizadeh, A.; Shahneh, A.Z.; Yousefi, A.R.; Omran, M.H.; Campbell, A.W. (2013).** Determining the effect of the fat-tail and carcass weight on meat fatty acid composition of Iranian lambs. *Small Ruminant Research*, 115: 34-39.
- Al-Jassim, R.A.M.; Aziz, D.I.; Zorah, K.; Black, J.L. (1999).** Effect of concentrate feeding on milk yield and body-weight change of Awassi ewes and growth of their lambs. *Animal Science*, 69: 441-446.
- Al-Suwaiegh, S.B. (2015).** Comparative study of carcasses characteristics and fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat of Awassi and Najdi Sheep. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10: 119-131.

- Almeida, A.M.; Plowman, J.E.; Harland, D.P.; Thomas, A.; Kilminster, T.; Scanlon, T.; Milton, J.; Greeff, J.; Oldham, C.; Clerens, S. (2014). Influence of feed restriction on the wool proteome: A combined iTRAQ and fiber structural study. *Journal of Proteomics*, 103: 170-177.
- Álvarez-Rodríguez, J.; Sanz, A.; Joy, M.; Carrasco, S.; Ripoll, G.; Teixeira, A. (2009). Development of organs and tissues in lambs raised on Spanish mountain grassland. *Canadian Journal of Animal Science*, 89: 37-45.
- Álvarez, J.M.; García Vinent, J.C.; Giorgetti, H.; Rodríguez, G.; Mayo, A. (2013). Capítulo 5: Características de la carcasa de corderos de diferentes genotipos. En: *Calidad de carnes*. (Editor: Anibal J. Pordomingo). *Avances en calidad de carne de ovinos, caprinos, porcinos y aves, Avances en Bienestar*, pp. 28-32.
- Alzón, M.; Arana, A.; Santamaría, C.; Mendizábal, J.A.; Erburu, J.A.; Eguinoa, P.; Purroy, A. (2000). Parámetros de crecimiento y características de la canal de corderos de raza Navarra producidos en pasto o en cebadero. *XXV Jornadas Científicas de la SEOC*, 119-121.
- Anadón, A.; Martínez-Larrañaga, M.R. (1999). Residues of antimicrobial drugs and feed additives in animal products: Regulatory aspects. *Livestock Production Science*, 59, 2-3:183-198.
- Andrés, S.; Bodas, R.; Rodríguez-Calleja, J.M.; Blanco, C.; Peláez, R.; Javier Giráldez, F. (2015). Effects of dietary inclusion of sunflower soapstocks on color and microbiological food-safety of meat from light fattening lambs. *61st International Congress of Meat Science and Technology, 23-28th August 2015, Clermont-Ferrand, France*.
- Anon, M.C.; Calvelo, A. (1980). Freezing rate effect on the drip loss on frozen beef. *Meat Science*, 4: 1-14.
- AOAC (1999). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist (16th Ed.)*. AOAC International, Gaithersburg (Estados Unidos).
- Aparicio, F.; Domenech, V.; Peña, F.; Cruz, M.; Tovar, J.; Méndez, D. (1989). Estudio del crecimiento relativo de los tejidos que componen las piezas de las canales de corderos de raza Segureña. *Archivos de Zootecnia*, 38: 223-227.
- Apple, J.; Dikerman, M.E.; Minton, J.E.; McMurphy, R.M.; Fedde, M.R.; Leiyh, D.E. (1995). Effects of restraint and insolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status muscle glycogen metabolism and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. *Journal of Animal Science*, 73: 2295-2307.
- Aporta, J.; Hernández, B.; Sañudo, C. (1994). La medida del color en alimentos: El color de la carne. *Óptica pura y aplicada*, 27:125-132.
- ARC (1980). *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureaux, London (Reino Unido).
- Archimède, H.; Pellonde, P.; Despois, P.; Etienne, T.; Alexandre, G. (2008). Growth performances and carcass traits of Ovin Martinik lambs fed various ratios of tropical forage to concentrate under intensive conditions. *Small Ruminant Research*, 75: 162-170.
- Arnold, A.M.; Meyer, H.H. (1988). Effects of gender, time of castration, genotype and feeding regimen on lamb growth and carcass fatness. *Journal of Animal Science*, 66: 2468-2475.
- Askar, A.R.; Guada, J.A.; González, J.M.; Oliva, N.; Ferrer, L.M. (2001). Selección de la dieta por corderos alimentados con cebada en grano y un núcleo proteico. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 538-542.

- Askar, A.R.; Guada, J.A.; De Vega, A.; González, J.M.; Ferrer, L.M. (2002).** Selección de la dieta por corderos alimentados con cebada en grano y un núcleo proteico con o sin bicarbonato. *XXVII Jornadas Científicas de la SEOC*, 121-126.
- Askar, A.R.T. (2004).** *Alimentación de corderos con cebada en grano y suplemento proteico a libre elección: digestión ruminal, síntesis microbiana y rendimientos productivos*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
- Askar, A.R.; Guada, J.A.; González, J.M.; de Vega, A.; Castrillo, C. (2006).** Diet selection by growing lambs offered whole barley and protein supplemented, free choice: Effects on performance and digestion. *Livestock Science*, 101: 81-93.
- Atti, N.; Ben Salem, H.; Priolo, A. (2003).** Effects of polyethylene glycol in concentrate or feed blocks on carcass composition and offal weight of Barbarine lambs fed *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage. *Animal Research*, 52: 363-375.
- Atti, N.; Rouissi, H.; Mahouachi, M. (2004).** The effect of dietary crude protein level on growth, carcass and meat composition of male goat kids in Tunisia. *Small Ruminant Research*, 54: 89-97.
- Aurousseau, B.; Vigneron P. (1985).** Influence du mode d'élevage et du poids d'abattage sur les caractéristiques des lipides musculaires de l'agneau de boucherie. *Reproduction Nutrition Development*, 26. 351-352.
- Aurousseau, B. (1986).** Influence de l'alimentation et des facteurs d'élevage sur l'état d'engríssement et la qualité des carcasses chez les ovins. *11èmes Journées de la recherche ovine et caprine. INRA-ITOVIC*, Paris, pp. 210-235.
- Aurousseau, B.; Bauchart, D.; Calichon, E.; Micol, D.; Priolo, A. (2004).** Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the *M. longissimus thoracis* of lambs. *Meat Science*, 66: 531-541.
- Barnard, R.J.; Edgerton, V.R.; Peter, J.B. (1970).** Effect of exercise on skeletal muscle biochemical and histochemical properties. *Journal of Applied Physiology*, 28: 762-766.
- Barone, C.M.A.; Colatruglio, P.; Girolami, A.; Matassino, D.; Zullo, A. (2007).** Genetic type, sex, age at slaughter and feeding system effects on carcass and cut composition in lambs. *Livestock Science*, 112: 133-142.
- Barton, R.A.; Phillips, T.O.; Clarke, E.A. (1949).** Influence of sex on fat lamb quality. *Proceedings of the Annual Conference of New Zealand Society of Animal Production*, 9: 66-84.
- Barton-Gade, P.A. (1980).** The measurement of meat quality in pigs postmortem. En: *Porcine stress and meat quality-causes and possible solutions to the problems. Agricultural Food Research Society*, 205-218. Noruega.
- Bas, P.; Morand-Fehr, P. (2000).** Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Livestock Production Science*, 64: 61-79.
- Bello Drona, J.M.; Beltrán García, J.A.; Sañudo Astiz, C.; Marco García, L. (2009).** Variación del pH de las canales comerciales de cordero. *XXXIV Jornadas Científicas de la SEOC, Comunicaciones*, 301-306.
- Beltrán, J.A.; Roncalés, P. (2005).** Determinación de la textura. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en rumiantes. INIA*, 3: 237-242. Madrid, España.

- Berg, R.T.; Butterfield, R.M. (1976).** New concepts of cattie growth. Ed.: *Sidney University*. Press. Australia.
- Beriain, M.J.; Lizaso, G. (1997).** Calidad de la carne de vacuno. En: *Vacuno de carne: aspectos clave*. Ed.: Buxadé, Mundi Prensa, Madrid, España. pp. 493-510.
- Beriain, M.J.; Horcada, A.; Purroy, A.; Lizaso, G.; Chasco, J.; Mendizabal, J.A. (2000).** Characteristics of Lacha and Raza Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *Journal of Animal Science*, 78: 3070-3077.
- Berthelot, V.; Bas, P.; Schmidely, P.; Duvaux-Ponter, C. (2001a).** Effect of dietary propionate on intake patterns and fatty acid composition of adipose tissues in lambs. *Small Ruminant Research*, 40: 29-39.
- Berthelot, V.; Normand, J.; Bas, P.; Kristensen, N.B. (2001b).** Softness and fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue and methylmalonic acid concentrations in the plasma of intensively reared lambs. *Small Ruminant Research*, 41: 29-38.
- Bessa, R.J.B.; Lourenço, M.; Portugal, P.V.; Santos-Silva, J. (2008).** Effects of previous diet and duration of soybean oil supplementation on light lambs carcass composition, meat quality and fatty acid composition. *Meat Science*, 80: 1100-1105.
- Bianchi, G.; Olivera, G.; Garibotto, G.; Bentancur, O.; Morros, J.; Nin, J.; Platero, M. (1998).** Cruzamientos entre padres Corriedale, Texel, Hampshire Down y Southdown sobre ovejas C. Corriedale. 1. Evaluación de la velocidad de crecimiento y grado de terminación en corderos livianos y pesados. *Revista Argentina de Producción Animal*, 18, S1: 303-304.
- Bianchi, G.; Garbiotto, A.; Betancur, O.; Forichi, S.; Ballesteros, F.; Nan, F.; Franco, J.; Feed, O. (2006).** Confinamiento de corderos de diferente genotipo y peso vivo: Efecto sobre las características de la canal y de la carne. *Agrociencia*, 10: 15-22.
- Black, J.L. (1974).** Manipulation of body composition through nutrition. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 10: 211-218.
- Black, H.J.; Chestnutt, D.M.B. (1992).** Effect of shearing and level of concentrate feeding on the performance of finishing lambs. *Animal Production*, 54: 221-228.
- Blanco, C.; Bodas, R.; Prieto, N.; Andrés, S.; López, S.; Giráldez, F.J. (2014a).** Concentrate plus ground barley straw pellets can replace conventional feeding systems for light fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 116: 137-143.
- Blanco, C.; Giráldez, F.J.; Prieto, N.; Morán, L.; Andrés, S.; Benavides, J.; Tejido L.M.; Bodas, R. (2014b).** Effects of dietary inclusion of sunflower soap stocks on nutrient digestibility, growth performance, and ruminal and blood metabolites of light fattening lambs. *Journal of Animal Science*, 92: 4086-4094.
- Blázquez, B.; Miguel, E.; Onega, E.; Ruiz de Huidobro, F. (2001).** Evolución de la calidad de la canal y de la carne ovinas entre los 5 y los 25 kg de peso vivo. Información *ITEA*, Vol. Extra 22: 643-645.
- Boccard, R.; Dumont, B.L. (1955).** Étude de la production de la viande chez les ovins. I. La coupe des carcasses. Définition d'une découpe de référence. *Annales de Zootechnie*, 3: 241-257.
- Boccard, D.R.; Dumont, B.L.; Peyron, C. (1958).** Valeur significative de quelques mensurations pour apprecier la qualité des carcasses de l'agneau. En: *Proceedings 4th Meeting of the European Research Workers*, 15-19. Cambridge (UK).

- Boccard, D.R.; Dumont, B.L.; Peyron, C. (1964).** Étude de la production de la viande chez les ovins. VIII. Relations entre les dimensions de la carcasse d'agneau. *Annales Zootechnie*, 13: 367-378.
- Boccard, D.R.; Dumont, B.L.; Lefebvre, J. (1976).** Étude de la production de la viande chez les ovins. X. Relations entre la composition anatomique des différentes régions corporelles de l'agneau. *Annales de Zootechnie*, 25: 95-110.
- Boccard, R.; Bordes, P. (1986).** Caracteristiques qualitatives et technologiques des viandes bovines: influence des facteurs de production. En: *Production des viandes bovines*. INRA, Paris, Francia, pp. 61-84.
- Bodas, R. (2004).** *El bicarbonato sódico en la alimentación de corderos en la etapa de crecimiento-cebo y de ovejas en lactación*. Tesis Doctoral, Universidad de León, León (España).
- Bodas, R.; Giráldez, F.J.; López, S.; Rodríguez, A.B.; Mantecón, A.R. (2007).** Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 71: 250-254.
- Body, D.R. (1988).** The lipid composition of adipose tissue. *Progress in Lipid Research*, 27, 39-60.
- BOE (1967).** Boletín Oficial del Estado número 248. Real Decreto por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. 17/10/1967, pp. 14180-14187.
- Bonanno, A.; Di Miceli, G.; Di Grigoli, A.; Frenda, A.S.; Tornambè, G.; Giambalvo, D.; Amato, G. (2011).** Effects of feending green forage of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) on lamb growth and carcass and meat quality. *Animal*, 5: 148-154.
- Bond, J.J.; Can, L.A.; Warner, R.D. (2004).** The effect of exercise stress, adrenaline injection and electrical stimulation on changes in quality attributes an protein in *semimembranosus* muscle of lamb. *Meat Science*, 68: 469-477.
- Bond, J.J.; Warner, R.D. (2007).** Ion distribution and protein proteolysis affect water holding capacity of *Longissimus thoracis et lumborum* in meat of lamb subjected to antemortem exercise. *Meat Science*, 75: 406-414.
- Bórnez, R.; Linares, M.B.; Vergara, H. (2009).** Effects of stunning with different carbon dioxide concentrations and exposure times on suckling lamb meat quality. *Meat Science*, 81: 493-498.
- Borton, R.J.; Loerch, S.C.; McClure, K.E.; Wulf, D.M. (2005).** Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass on ryegrass to traditional heavy slaughter weights. I. Production, carcass and organoleptic characteristics. *Journal of Animal Science*, 83: 679-685.
- Bouton, P.E.; Harris, P.V.; Shorthose, W.R. (1971).** Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science*, 36: 435-439.
- Boylan, W.J.; Berger, Y.M.; Allen, C.E. (1976).** Fatty acid composition of Finnsheep crossbred lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, 42: 1421-1426.
- Bray, A.R.; Graafhuis, A.E.; Chrystall, B.B. (1989).** The cumulative effect of nutritional shearing and preslaughter washing stresses on the quality of lamb meat. *Meat Science*, 25: 59-67.
- Brayshaw, G.H.; Carpenter, E.M.; Phillips, R.A. (1965):** Butchers and their customers. Rep. Num. 1. *Dept. Agric. Mkting*. Uniersity Newcastle upon Tyne.
- Brendl, J.; Klein, S. (1971).** Die bestimmung des wasserbindungsvermögens des fleisches un die statitische auswertung der ergebnisser. *Deutsche Lebensmittel-Rundstchau*, 67: 353-368.

- Brusa, C.M. (1998).** *Crecimiento y composición corporal de corderos de raza Merina durante el cebo intensivo: efecto de la inclusión de una etapa previa de pastoreo y del suplemento proteico administrado.* Tesis Doctoral. Universidad de León, León (España).
- Bünger, L.; Navajas, E.A.; Stevenson, L.; Lambe, N.R.; Maltin, C.A.; Simm, G.; Fisher, A.V.; Chang, K.C. (2009).** Muscle fibre characteristics of two contrasting sheep breeds: Scottish Blackface and Texel. *Meat Science*, 81: 372-381.
- Burke, J.M.; Apple, J.K.; Roberts, W.J.; Boger, C.B.; Kegley, E.B. (2003).** Effect of breed-type on performance and carcass traits of intensively managed hair sheep. *Meat Science*, 63: 309-315.
- Burke, J.M.; Apple, J.K. (2007).** Growth performance and carcass traits of foragefed hair sheep wethers. *Small Ruminant Research*, 67, 2-3: 264-270.
- Butterfield, R.M.; Griffiths, D.A.; Thompson, J.M.; Zamora, J.; James, A.M. (1983).** Changes in body composition relative to weight and maturity in large and small strains of Australian Merino rams. I. Muscle bone and fat. *Animal Production*, 36: 29-37.
- Calcedo, V. (1982).** Lactancia artificial de corderos. *Comunicaciones INIA, Serie; Producción Animal*, 8-26 pp.
- Calnan, H.B.; Jacob, R.H.; Pethick, D.W.; Gardner, G.E. (2014).** Factors affecting the colour of lamb meat from the longissimus muscle during display: The influence of muscle weight and muscle oxidative capacity. *Meat Science*, 96: 1049-1057.
- Camacho, A.; Capote, J.; Mata, J.; Argüello, A.; Bermejo, L.A. (2009).** Influencia de la raza y el sexo en la calidad de la canal de corderos lechales en dos Razas Canarias. *XXXIV Jornadas Científicas de la SEOC, Comunicaciones*, 227-231.
- Campo, M.M.; Olleta, J.L.; Muela, E.; Resconi, V.; Sañudo, C. (2009).** Calidad de la canal de la raza Cartera. *XXXIV Jornadas de la SEOC, Comunicaciones*, 237-241.
- Cano-Expósito, T.; Peña Blanco, F.; Martos Peinado, J.; Domenech García, V.; Alcalde Aldea, M.J.; García Martínez, A.; Herrera García, M.; Rodero Serrano, E.; Acero de la Cruz, R. (2003).** Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de la raza Segureña. *Archivos de Zootecnia*, 325-326.
- Cantero, M.A.; López, D.; Pérez, C.; Velasco, S.; Sancha, J.L.; Cañeque, V.; Ruiz de Huidobro, F.; Gayán, J.; Gómez, A.; García, C. (1996).** Producción de carne en corderos lechales de raza Talaverana. III. Composición tisular de las piezas de la canal. *XXI Jornadas de la SEOC*, 595-601.
- Cañeque, V.; Guía, E.; Lauzurica, S. (1987).** Efecto sobre el consumo y la calidad de la canal de la utilización de heno de alfalfa o paja como alimento de volumen en el engorde intensivo de corderos. *ITEA*, 7: 156-161.
- Cañeque, V.; Lauzurica, S.; López, E. (1990).** Empleo de distintas cantidades de leche en lactancia artificial de corderos de raza Manchega. *ITEA*, 86: 164-171.
- Cañeque, V.; Sancha, J.L.; Cantero, M.A.; Velasco, S.; Ruiz de Huidobro, F.; López, D.; Lauzurica, S.; Pérez, C.; García, C. (1997).** Efecto del peso de sacrificio sobre el engrasamiento de la canal en corderos lechales de raza Talaverana. *ITEA*, Vol. Extra 18: 709-711.

- Cañeque, V.; Lauzurica, S.; Pérez, C.; Huidobro, F.; Velasco, S.; Gayán, J.; Díaz, M.T.; Sancha, J.L.; Cantero M.A. (1998).** Efecto del sistema de destete en la calidad de la canal de corderos de raza Talaverana sacrificados a dos pesos. I. Parámetros productivos al sacrificio. *XXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 113-116.
- Cañeque, V.; Pérez, C.; Velasco, S.; Díaz, M.T.; Lauzurica, S.; Ruiz de Huidobro, F.; Gayán, J. (1999).** Parámetros productivos del lechal Manchego III. Despique y composición tisular. *ITEA*, Vol. Extra 20: 110-112.
- Cañeque, V.; Sañudo, C. (2000).** Morfología de la canal ovina. *En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Monografías INIA: Ganadera*, Nº 1: 81-102.
- Cañeque, V.; Velasco, S.; Díaz, M.T.; Pérez, C.; Huidobro, F.R.; Lauzurica, S.; Manzanares, S.; González, J. (2001).** Effect of weaning age and slaughter weight on carcass and meat quality of Talaverana breed lambs raised at pasture. *Animal Science*, 73, 85-95.
- Cañeque, V.; Velasco, S.; Díaz, M.T.; Huidobro, F.R.; Pérez, C.; Lauzurica, S. (2003).** Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effects on meat and carcass quality. *Animal Research*, 52: 271-285.
- Cañeque, V.; Díaz, M.T.; Álvarez, I.; Lauzurica, S.; Pérez, C.; De la Fuente, J. (2005).** The influences of carcass weight and depot on the fatty acid composition of fats of suckling Manchego lambs. *Meat Science*, 70: 373-379.
- Capper, J.L.; Berger, L.; Brashears, M.M.; Jenses, H.H. (2013).** Animal Feed vs. Human Food: Challenges and Opportunities in Sustaining Animal Agriculture Towards 2050. *Rural Development in the EU. Statistical and Economic information. Report 2013*, CAST Issue paper, 53, 1-16.
- Carrasco, S.; Ripoll, G.; Panea, B.; Joy, M. (2008).** Efecto del sistema de producción sobre los rendimientos productivos y la calidad subjetiva de la canal de corderos de raza Rasa Aragonesa. *XXXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 436-441.
- Carrasco, S.; Panea, B.; Ripoll, G.; Sanz, A.; Joy, M. (2009).** Influence of feeding systems on cortisol levels, fat colour and instrumental meat quality in light lambs. *Meat Science*, 83: 50-56.
- Carson, A.F.; Moss, B.W.; Dawson, L.E.R.; Kilpatrick, D.J. (2001).** Effects of genotype and dietary forage to concentrate ratio during the finishing period on carcass characteristics and meat quality of lambs from hill sheep systems. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 137: 205-220.
- Carstens, G.E.; Johnson, D.E.; Ellenbergerand, M.A.; Tatum, J.D. (1991).** Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *Journal of Animal Science*, 69: 3251-3264.
- Castrillo, C. (1979a).** *Variaciones en la composición corporal de los corderos Churros en relación con el peso, el sexo y el contenido graso de la dieta.* Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de León, Universidad de Oviedo (España).
- Castrillo, C.; Sanz Arias, R. (1979b).** Efecto de la alimentación sobre la deposición de grasa en los corderos lechales sacrificados a distintos pesos. *IV Jornadas Científicas de la SEOC*, 263-274.
- Castrillo, C.; Guada, J.A.; Gasa, J. (1989).** Efecto del procesado de la cebada y la inclusión de paja en la dieta sobre su utilización por los corderos en cebo. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 4, 2: 111-119.

- Castrillo, O. (1976).** *La composición corporal de los corderos de raza Churra y su evolución en el transcurso del crecimiento.* Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de León. Universidad de Oviedo (España).
- Castro, T.; Manso, T.; Mantecón, A.R.; Guirao, J.; Jimeno, V. (2005).** Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lamb fed diets containing palm oil supplement. *Meat Science*, 69: 757-764.
- Cepero, R.; Sañudo, C. (1996).** Definición y medición de las características de la calidad sensorial de la carne de ave. En: *Jornadas técnicas de avicultura.* Arenys de Mar, 10-13 junio.
- Chambers, E.N.; Bowers, J.R. (1993).** Consumer perception of sensory quality in muscle Foods: sensory characteristics of meat influence consumer decisions. *Food Technology*, 47: 116-120.
- Charpentier, J.; Goutefongea, R. (1966).** Influence de l'excitation ante-mortem chez le porc sur quelques caractéristiques physico-chimiques du muscle. *Annales. Zootechnie*, 15: 353-359.
- Chen, H.Y.; Lewis, A.J.; Miller, P.S.; Yen, J.T. (1999).** The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 77: 3238-3247.
- Chestnutt, D.M.B. (1992).** Supplementation of silage-based diets for finishing lambs. *Animal Production*, 55: 137-145.
- Chestnutt D.M.B. (1994).** Effect of lamb growth rate and growth pattern on carcass fat levels. *Animal Production*, 58: 77-85.
- Chiou, P.W.S.; Jordan, R.M. (1973a).** Effect of ewe milk replacer diets on young lambs; II. Some effects of environmental temperature and dietary fat level on growth and feed utilization of young lambs. *Journal of Animal Science*, 36: 604-606.
- Chiou, P.W.S.; Jordan, R.M. (1973b).** Ewe milk replacer diets for young lambs. III. Effect of age of lambs and dietary protein and fat levels on the body composition of young lambs. *Journal of Animal Science*, 36: 607-612.
- Christodoulou, V.; Bampidis, V.A.; Sossidou, E.; Ambrosiadis, J. (2007).** Evaluation of Florina (Pelagonia) sheep breed for growth and carcass traits. *Small Ruminant Research*, 70: 239-247.
- Chrystall, B. (1994).** Meat texture measurement in *Advances in Meat Research*. Vol. 9. *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products.* Ed.: A.M. Pearson and T.R. Dutson. Blackie Academic & Professional, London. pp. 316-336.
- CIE (1986).** *Colorimetry, 2<sup>nd</sup> Edn.* CIE Publications, 15, 2. Commission International du l'Eclairage, Viena. Austria.
- Cloete, J.J.E.; Hoffman, L.C.; Cloete, S.W.P. (2012).** A comparison between slaughter traits and meat quality of various sheep breeds: Wool, dual-purpose and mutton. *Meat Science*, 91: 318-324.
- Colomer-Rocher, F.; Espejo Díaz, M. (1971).** Determinación del peso óptimo de sacrificio de los corderos procedentes de los cruzamientos Manchego x Rasa Aragonesa, en función del sexo. *Anales INIA, Servicio: Producción Animal*, 1: 103-132.
- Colomer-Rocher, F.; Espejo Díaz, M. (1972).** Influence du poids d'abattage et du sexe sur les performances de boucherie des agneaux du croisement Manchego x Rasa Aragonesa. *Annales de Zootechnie*, 21: 401-414.

- Colomer-Rocher, F. (1973a).** Exigencias de calidad en la canal. *Anales del INIA, Serie: Servicio de Producción Animal*, 4: 117-132.
- Colomer-Rocher, F.; Espejo Díaz, M. (1973b).** Influencia del peso al sacrificio y del sexo sobre las características de las canales de corderos de la raza Rasa Aragonesa. *Anales del INIA, Serie: Producción Animal*, 4: 133-150.
- Colomer-Rocher, F.; Kirton, A.H. (1975).** Las bases de clasificación de las canales ovinas. Análisis de la nueva clasificación de canales ovinas para exportación en Nueva Zelanda. *ITEA*, 21: 26-57.
- Colomer-Rocher, F. (1978).** La clasificación de canales ovinas y bovinas y su posible homologación. In Symposium sobre la problemática de la clasificación de canales ovinas y bovinas, *IAMZ*. pp. 34, Zaragoza. España.
- Colomer-Rocher, F. (1984).** *Metodología de clasificación de canales ovinas*. Madrid, Spain: Oleaginosas Españolas S.A.
- Colomer-Rocher, F. (1986).** Producción de canales ovinas frente al Mercado Común Europeo. Instituto Fernando el Católico. Zaragoza.
- Colomer-Rocher, F., Delfa, R., Sierra Alfranca, I. (1988).** Metodo normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el area Mediterránea, según los sistemas de producción (1). *Cuadernos del INIA*, 17: 19-41.
- Cornforth, D. (1999).** Color, Its basis and importance. En: *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Pearson, A.M., Dutson, T.R. Ed.: Aspen Publishers, Inc, Gaithersburg, Maryland, USA. pp. 34-78.
- Costa, J.C.C.; Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M.; Faria, H.V.; Mendonça, G.; Esteves, R.M.G.; Barbosa, J.A. (2008).** Producción de carne de ovinos Corriedale en tres sistemas de terminación. *XXXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 108-112.
- Courtice, F.C. (1943).** The blood volume of normal animals. *Journal of Physiology*, 102: 290-305.
- Craddock, P.R.; Yawata, Y.; Van Santen, L.; Gilberstadt, S.; Silvis, S.; Jacob, S. (1974).** Acquired phagocyte dysfunction: a complication of the hypophosphatemia of parenteral hyperalimentation. *New England Journal of Medicine*, 1403-1407.
- Craigie, C.R.; Lambe, N.R.; Richardson, R.I.; Haresign, W.; Maltin, C.A.; Rehfeldt, C.; Roehe, R.; Morris, S.T.; Bungler, L. (2012).** The effect of sex on some carcass and meat quality traits in Texel ewe and ram lambs. *Animal Production Science*, 52: 601-607.
- Cross, H.R.; Carpenter, Z.L.; Smith, G.C. (1973).** Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38: 998-1003.
- Cross, H.R. (1977).** Effects of amount, distribution and texture of marbling on cooking properties of beef Longissimus. *Journal Food Science*, 42: 182-185.
- Cuesta, A.; Ranilla, M.J.; Giráldez, F.J.; Mantecón, A.R.; Carro, M.D. (2003).** Efecto de la inclusión de malato en el pienso de corderos en cebo, sobre la ingestión, la digestibilidad y el rendimiento productivo. *ITEA*, 24, 2: 762-764.
- Cunha, E.A.; Bueno, M.S.; Santos, L.E. (2001).** Características de la canal de corderos de razas productoras de carne criadas intensivamente. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 206-211.
- Cunhal-Sendim, A.; Albiac, J.; Delfa, R.; Lahoz, F. (1999).** Percepción de la calidad de la canal de cordero ligero. *Archivos de Zootecnia*, 48: 187-196.

- Dabiri, N.; Thonney, M.L. (2004).** Source and level of supplemental protein for growing lambs. *Journal of Animal Science*, 82: 3237-3244.
- Daly, B.L.; Gardner, G.E.; Ferguson, D.M.; Thompson, J.M. (2005).** The effect of time off feed prior to slaughter on muscle glycogen metabolism and rate of pH decline. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 1229-1235.
- Davis, G.W.; Smith, G.C.; Carpenter, Z.L.; Dutson, T.R.; Cross, H.R. (1979).** Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. *Journal of Animal Science*, 49: 103-114.
- Delfa, R. (1992a).** Predicción de la composición corporal y de la canal a partir del animal vivo y de la canal. *OVIS*, 23: 25-26.
- Delfa, R.; Teixeira, A.; González, C. (1992b).** Composición de la canal. Medida de la composición. *OVIS*, 23: 9-22.
- Devine, C.E.; Graafhuis, A.E.; Muir, P.D.; Chrystall, B.B. (1993).** The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*, 35: 63-77.
- De Barbieri, I.; Hegarty, R.S.; Li, L.; Oddy, V.H. (2015).** Association of wool growth with gut metabolism and anatomy in sheep. *Livestock Science*, 173: 38-47.
- De Boer, H.; Dumont, B.L.; Pomeroy, R.W.; Weninger, J.H. (1974).** Manual on E.A.A.P. reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livestock Production Science*, 1: 151-164.
- De La Fuente, J.; Tejón, D.; Rey, A.; Thos, J.; LópezBote, C.J. (1998).** Effect of rearing system on growth, body composition and development of digestive system in young lambs. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, 78: 75-83.
- De La Fuente, J.; Pérez, C.; González de Chavarri, E.; Apeleo, E.; Lauzurica, S.; Vieira, C.; Díaz, M.T. (2013).** Efecto del tiempo de espera en el matadero sobre el bienestar de corderos lechales. *Revisión Complutense de Ciencias Veterinarias*, pp. 26-29.
- De La Fuente Crespo, F. (2009).** El Púlpito: Origen y mejora genética de la raza ASSAF Española. pp. 8-13: <http://consorciopromociondelovino.com/idi/9.pdf>.
- De Oliveira, L.; Carvalho, P.C.F.; Prache, S. (2012).** Fat spectro-colorimetric characteristics of lambs switched from a low to a high dietary carotenoid level for various durations before slaughter. *Meat Science*, 92: 644-650.
- De Smet, S.; Raes, K.; Demeyer, D. (2004).** Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53: 81-98.
- Díaz, M.T.; Ruiz de Huidobro, F.; Lauzurica, S.; Velasco, S.; Pérez, C.; Cañeque, V.; Gayán, J. (1999).** Parámetros productivos del lechal Manchego. II. Engrasamiento y conformación, *ITEA*, Vol. Extra 20, 107-109.
- Díaz, M.T. (2001).** *Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción.* Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. (España).
- Díaz, M.T.; Velasco, S.; Cañeque, V.; Lauzurica, S.; Ruiz de Huidobro, F.; Pérez, C.; Gonzáles, J.; Manzanares, C. (2002).** Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 43: 257-268.

- Díaz, M.T.; Velasco, S.; Pérez, C.; Lauzurica, S.; Huidobro, F.; Cañeque, V. (2003a). Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lamb slaughtered at different weights. *Meat Science*, 65: 1085-1093.
- Díaz, M.T.; Velasco, S.; Pérez, C.; Lauzurica, S.; Huidobro, F.; Cañeque, V. (2003b). Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lamb slaughtered at different weights. *Meat Science*, 65: 1247-1255.
- Díaz, M.T.; Vieira, C.; Pérez, C.; Lauzurica, L.; González de Chávarri, E.; Sánchez, M.; De La Fuente, J. (2014). Effect of lairage time (0 h, 3 h, 6 h or 12 h) on glycogen content and meat quality parameters in suckling lambs. *Meat Science*, 96: 653-660.
- Dolezal, H.G.; Murphey, C.E.; Smith, G.C.; Carpenter, Z.L. (1982). Muscle: bone ratios in beef rib sections. *Meat Science*, 6: 55-64.
- Domenech, V. (1988). *Contribución al estudio del crecimiento y características de la canal de corderos de raza Segureña en la comarca de Huesca (Granada)*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba (España).
- Domenech, V.; Cano, T.; Peña, F.; Alcalde, M.J.; Martos, J.; Herrera, M.; García Martínez, A.; Rodero, E.; Valera, M.; Molina, A. (2001). Características y evolución alométrica del quinto cuarto en corderos ligeros de raza Segureña. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 212-219.
- Dransfield, E.; Geoffrey, R.; Nute, G.R.; Mc Dougall, D.B.; Rhodes, D.N. (1979). Effect of breed on eating quality of cross breed lambs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30: 805-808.
- Dransfield, E.; Nute, G.R.; Hogg, B.W.; Walters, B.R. (1990). Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Animal Production*, 50: 291-299.
- Dubiski, P.L.; Jones, S.D.M.; Aalhus, J.L.; Robertson, W.M. (1997). Canadian, American, and Japanese carcass grades of heifers fed to heavy weights to enhance marbling. *Canadian Journal of Animal Science*, 77: 393-402.
- Duncan, W.R.H.; Ørskov, E.R.; Fraser, D.; Garton, G.A. (1974). Effect of processing of dietary barley and of supplementary cobalt and cyanocobalamin on the fatty acid composition of lamb triglycerides, with special reference to branched-chain components. *British Journal of Nutrition*, 32: 71-75.
- Dunne, P.G.; Keane, M.G.; O'Mara, F.P.; Monahan, F.J.; Moloney, A.P. (2004). Colour of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of high index dairy and beef x dairy cattle slaughtered at two live weights as bulls and steers. *Meat Science*, 68: 97-106.
- Dunne, P.G.; Monahan, F.J.; O'Mara, F.P.; Moloney, A.P. (2009). Review: Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science*, 81: 28-45.
- Dunner, S.; Sevana, N.; García, D.; Cortés, O.; Valentini, A.; Williams, J.L.; Mangin, B.; Cañón, J.; Levéziel, H. (2013). Association of genes involved in carcass and meat quality traits in 15 European bovine breeds. *Livestock Science*, 154: 34-44.
- Durotoye, L.A.; Oyewale, J.O. (2000). Short communication: Blood and plasma volumes in normal west african dwarf sheep. *Journal of Biomedical Research*, 3: 135-137.
- Dutson, R.T. (1983). The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. *Reciprocal meat conference proceeding*, 36: 92-97.

- Economides, S.; Koumas, A.; Georgiades, E.; Hadjipanayiotou, M. (1990).** The effect of barley-sorghum grain processing and form of concentrate mixture on the performance of lambs, kids and calves. *Animal Feed Science and Technology*, 31: 105-116.
- Eguinoa, P.; Granada, A.; Lanas, S. (2004).** Caracterización de las canales de cordero ternasco producido en Navarra. *Navarra Agraria-ITG Ganadero*, 147: 31-37.
- Ekiz, B.; Yilmaz, A.; Ozcan, M.; Kaptan, C.; Hanolgu, H. (2009).** Carcass measurements and meat quality of Turkish, Merino, Ramlic, Kivirik, Chios and Imroz lambs raised under intensive production system. *Meat Science*, 82: 64-70.
- Ekiz, B.; Yilmaz, A.; Ozcan, M.; Kocak, O. (2012a).** Effect of production system on carcass measurements and meat quality of Kivircik lambs. *Meat Science*, 90: 465-471.
- Ekiz, B.; Ekiz, E.E.; Kocak, O.; Yalcintan, H.; Yilmaz, A. (2012b).** Effect of pre-slaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress parameters, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Science*, 90: 967-976.
- Ekiz, B.; Ekiz, E.E.; Yalcintan, H.; Kocak, O.; Yilmaz, A. (2012c).** Effects of suckling length (45, 75 and 120 d) and rearing type on cortisol level, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Science*, 92: 53-61.
- Ellis, M.; Webster, G.M.; Merrell, B.G.; Brown, I. (1997).** The influence of terminal sire breed on carcass composition and eating quality of crossbred lambs. *Animal Science*, 64: 77-86.
- Enser, M.; Hallett, K.G.; Hewett, B.; Fursey, G.A.J.; Wood, J.D.; Harrington, G. (1998).** Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 3: 329-341.
- Esenbuga, N.; Yanar, M.; Dayioglu, H. (2001).** Physical, chemical and organoleptic properties of ram lamb carcasses from four fat-tailed genotypes. *Small Ruminant Research*, 39: 99-105.
- Esenbuga, N.; Macit, M.; Karaoglu, M.; Aksakal, V.; Irfan Aksu, M.; Akif Yoruk, M.; Gul, M. (2009).** Effect of breed on fattening performance, slaughter and meat quality characteristics of Awassi and Morkaraman lambs. *Livestock Science*, 123: 255-260.
- Espejo, M.; Colomer-Rocher, F. (1971).** Influencia del estado de engrasamiento y la conformación sobre el porcentaje de piezas de la canal ovina. *Anales del INIA, Serie: Servicio de Producción Animal*, 1: 77-92.
- Everitt, G.C.; Jury, K.E. (1966a).** Effects of sex and gonadectomy on the growth and development of Southdown × Romney cross lambs. Part I. Effects on live-weight growth and components of live weight. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 66: 1-14.
- Everitt, G.C.; Jury, K.E. (1966b).** Effects of sex and gonadectomy on the growth and development of Southdown × Romney cross lambs. Part II. Effects on Carcass grades, Measurements and chemical composition. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 66: 15-27.
- Fahmy, M.H.; Boucher, J.M.; Poste, L.M.; Grégoire, R.; Butler, G.; Comeau, J.E. (1992).** Feed efficiency, carcass characteristics and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements. *Journal of Animal Science*, 70: 1365-1374.
- Falagán, A.; García de Siles, J.L. (1986a).** Influencia de la raza paterna en la producción de corderos procedentes de cruzamientos industriales con "Rasa Aragonesa". *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 1, 1-2: 11-23.

- Falagán, A.; García de Siles, J.L. (1986b).** Influencia de la raza paterna en la producción de corderos procedentes de cruzamientos industriales con "Rasa Aragonesa". *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 1, 1-2: 25-38.
- FAO (2013).** Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Agriculture Towards 2013/2050. The 2012 Revision. FAO, Rome, Italy. Creover, rnmartado hoyrtado de rs: Lessons Learned and Future Directions. US Department of Agriculture-Economic Research Service. [www.fao.org/docrep/017/i3028s/i3028s.pdf](http://www.fao.org/docrep/017/i3028s/i3028s.pdf).
- Ferguson, D.M.; Warner, R.D. (2008a).** Review: Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80: 12-19.
- Ferguson, D. M.; Daly, B. I.; Gardner, G. E.; Tume, R. K. (2008b).** Effect of glycogen concentration and form on the response to electrical stimulation and rate of post-mortem glycolysis in ovine muscle. *Meat Science*, 78: 202-210.
- Fernández, M. (2000).** *El desarrollo testicular, la espermatogénesis, la capacidad de servicio y los niveles plasmáticos de Lh, Fsh y testosterona en corderos y moruecos Assaf en relación con los aportes dietéticos de proteína metabolizable.* Tesis Doctoral. Universidad de León. León (España).
- Ferrell, C.L.; Crouse, J.D.; Field, R.A.; Chant, J.L. (1979).** Effects of sex, diet and stage of growth upon energy utilization by lambs. *Journal of Animal Science*, 49, 3: 790-801.
- Ferret, A.; Torre, C.; Caja, G.; Fábregas, X. (1991).** Efectos del destete en el crecimiento y características de la canal de corderos de raza Ripollésa. *ITEA*, Vol. Extra 10, 2: 446-451.
- Field, R.A.; Maiorano, G.; McCormick, R.J.; Riley, M.L.; Russell, W.C.; Williams, F.L.Jr.; Crouse, J.D. (1990).** Effect of plane of nutrition and age on carcass maturity of sheep. *Journal of Animal Science*, 68: 1616-1623.
- Fishell, V.K.; Aberle, E.D.; Perry, T.W. (1985).** Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *Journal of Animal Science*, 61: 151-157.
- Fisher, A.V.; De Boer, H. (1994).** The EAAP standard method of sheep carcass assessment. Carcass measurements and dissection procedures. Report of the EAAP working group on carcass evaluation, in cooperation with the CIHEAM Instituto Agronómico Mediterraneo of Zaragoza and the CEC Directorate General for Agriculture in Brussels. *Livestock Production Science*, 38: 149-159.
- Fisher, A.V.; Enser, M.; Richardson, R.I.; Wood, J.D.; Nute, G.R.; Kurt, E.; Sinclair, L.A.; Wilkinson, R.G. (2000).** Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Science*, 55: 141-147.
- Fluharty, F.L.; McClure, K.E. (1997).** Effects of dietary energy intake and protein concentration on performance and visceral organ mass in lambs. *Journal of Animal Science*, 75: 604-610.
- Fluharty, F.L.; McClure, K.E.; Solomon, M.B.; Chevenger, D.D.; Lowe, G.D. (1999).** Energy source and ionophore supplementation on lamb growth, carcass characteristics, visceral organ mass, diet digestibility and nitrogen metabolism. *Journal of Animal Science*, 77: 816-823.
- Fogarty, N.M.; Dickerson, G.E.; Young, L.D. (1984).** Lamb production and its components in pure breeds and composite lines. II. Breed effects and heterosis. *Journal of Animal Science*, 58: 301-311.
- Fogarty, N.M.; Hopkins, D.L.; Van de Ven, R. (2000).** Lamb production from diverse genotypes. 2. Carcass characteristics. *Animal Science*, 70: 147-156.

- Fogarty, N.M. (2006).** Utilization of breed resources for sheep production. *8th World Congress on Genetic. App. to Livestock Production, Belo Horizonte, MG, Brazil.*
- Forcada, F. (1985).** *Estudio etnológico y productivo de la agrupación ovina Roya Bilblitana.* Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de Zaragoza. (España).
- Forrest, J.C.; Aberle, E.D.; Hedrick, H.B.; Judge, M.D.; Merkel, R.A. (1979).** *Fundamentos de ciencia de la carne.* Ed.: Aribia S.A. Zaragoza, España. pp. 364.
- Forrest J.C. (1981).** Effect of high concentrate feeding on the carcass quality and fat coloration of grass reared steer. *Canadian Journal of Animal Science*, 61: 575-580.
- Fourie, P.D.; Kirton, A.H.; Jury, K.E. (1970).** Growth and development of sheep. II. Effect of breed and sex on the growth and carcass composition of the Southdown and Romney and their cross. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 13: 753-70.
- Fraser, C.; Ørskov, E.R. (1974).** Cereal processing and food quality by sheep. *Animal Production*, 18: 75-83.
- Freking, B.A.; Leymaster, K.A. (2004).** Survival, growth, and carcass traits of F lambs<sup>1</sup> Evaluation of Dorset, Finnsheep, Romanov, Texel, and Montadale breeds of sheep. *Journal of Animal Science*, 82: 3144-3153.
- Fujii, J.; Otsu, K.; Zorzato, F.; De León, S.; Khanna, V.K.; Weiler, J.E.; O'Brien, P.J.; MacLennan, D.H. (1991).** Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*, 253:448-451.
- Furusho-García, I.F.; Pérez, J.R.O.; Bonagurio, S. (2006).** Estudio alométrico dos cortes de cordeiros Santa Inês puros e cruzas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35: 1416-1422.
- Gaebel, R.J.; Sansom, D.W.; Rush, I.G.; Riley, M.L.; Hixon, D.L.; Paisley, S.I. (1998).** Effects of extruded corn or grain sorghum in intake, digestibility, weight gain and carcasses of finishing steers. *Journal of Animal Science*, 76: 2001-2007.
- García, A.; Palacios, C. (2008).** Efecto del tipo de leche y la administración de aditivos en la ganancia media diaria de corderos de raza Assaf en lactancia artificial. *XXXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 118-122.
- García, J.M.; Rivera, L.M. (1997).** La respuesta de la agricultura española ante el cambio de escenario. *Economía Agraria*, 181: 321-346.
- García, J.M.; Valdés, A. (1997).** Las tendencias recientes del comercio mundial de productos agrarios. Interdependencia entre flujos y políticas. Una síntesis. *Economía Agraria*, 181: 9-30.
- García-Díaz, L.K.; Mantecón, A.R.; Wilmer, W.S.; Maza, M.T. (2012).** Producción de leche ovina como alternativa de negocio agropecuario: modelo de producción en Castilla y León (España). *Revista Mexicana de Agronegocios*, Sexta Época, Año XVI, Volumen 31: 6-18.
- García-Díez A.J. (1990).** Canales de lechales ovinos churros. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 30: 3-11.
- Gardner, G.E.; Kennedy, L.; Milton, J.T. B.; Pethick, D.W. (1999).** Glycogen metabolism and ultimate pH of muscle in merino, first-cross, and second-cross wether lambs as affected by stress before slaughter. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 175-181.
- Garrido, M.D.; Bañón, S. (2000).** Medidas del pH. *En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes.* Ministerio de Ciencia y Tecnología, Cuadernos INIA. Madrid, España. pp.: 147-155.

- Gatenby, R.M.; Bradford, G.E.; Doloksaribu, M.; Romjali, E.; Pitono, A.D.; Sakul, H. (1997).** Comparison of Sumatra sheep and three hair sheep crossbreds. I. Growth, mortality and wool cover of F1, lambs. *Small Ruminant Research*, 25: 1-7.
- Gault, N.F.S. (1985).** The relationship between water-holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. *Meat Science*, 15: 15-30.
- Geesink, G.H.; Bekhit, A.D.; Bickerstaffe, R. (2000).** Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 78: 2842-2848.
- Giráldez, F.J.; Mantecón, A.R.; González, J.S.; Bermúdez, F.F. (1991).** Efecto de la degradación ruminal de la proteína de la dieta sobre el desarrollo relativo del retículo-rumen en corderos alimentados a nivel de mantenimiento. *ITEA*, 11, 1: 190-192.
- Giráldez, F.J.; Mantecón, A.R.; Chaso, M.A.; Manso, T. (1994).** Efecto del tipo de dieta y de la frecuencia de alimentación sobre la actividad degradativa ruminal. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*, 9, 3: 245-259.
- Giráldez, F.J.; Landa, R.; Cerdeño, A.; Frutos, P.; Mantecón, A.R. (2001).** Estudio comparativo del crecimiento y de las características de la canal de corderos alimentados con piensos elaborados con maíz o cebada entera y suplementados o no con forraje. *ITEA*, 22, 1: 274-276.
- González, J.M.; Janacua, H.; Guada, J.A.; Castrillo, C.; Ferrer, L.M. (2000).** Cebo de corderos con cebada en grano y nucleo proteico. *XXV Jornadas Científicas de la SEOC*, 1: 283-286.
- Goot, H.; Foote, W.C.; Eyal, E.; Folman, Y. (1980).** Crossbreeding to increase meat production of the native Awassi sheep. *Special Publication Agricultural Research Organization Bet Dagan*, 175.
- Goot, H. (1986).** Development of Assaf, a synthetic breed of dairy sheep in Israel. *In: Proceedings of the 37th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Budapest*, pp. 1-29.
- Gootwine, E.; Bor, A.; Braw-Tal, R.; Zenou, A. (1993).** Inheritance of birthweight and growth traits in crosses between the Booroola Merino and Assaf sheep breeds. *Livestock Science*, 33, 1-2: 119-126.
- Grau, R.; Hamm, R. (1953).** Muscle as food Bechtel P.J. (ed) *Food Science and Technology*. A series of Monograph, 1985. Academic. Press. New York, USA.
- Gregory, N.G. (2005).** Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*, 70: 481-491.
- Guía, E.; Cañeque, V. (1992).** *Crecimiento y desarrollo del cordero Talaverano. Evolución de las características de su canal.* Área de Producción Animal. Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- Gül, M.; Yörük, M.A.; Macit, M.; Esenbuga, N.; Karaoğlu, M.; Aksakal, V.; Aksu, M.I. (2005).** The effects of diets containing different levels of common vetch seed (*Vicia sativa*) on fattening performance, carcass and meat quality characteristics of Awassi male lambs. *Journal of Science Food and Agriculture*, 85: 1439-1443.
- Gunn, P.J.; Weaver, A.D.; Lemenager, R.P.; Gerrard, D.E.; Claeys, M.C.; Lake, S.L. (2009).** Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass characteristics, and meat quality in finishing steers fed differing levels of dried distillers grains with solubles. *Journal of Animal Science*, 87: 2882-2890.

- Gutiérrez, J. (2006).** *Factores que influyen sobre el lechazo de raza Churra*. Tesina de licenciatura. Universidad de León (España), pp 35-69.
- Gutiérrez, J.P.; Legaz, E.; Goyache, F. (2007).** Genetic parameters affecting 180-days standardised milk yield, test-day milk yield and lactation length in Spanish Assaf (Assaf.E) dairy sheep. *Small Ruminant Research*, 70: 233-238.
- Haddad, S.G.; Husein, M.Q. (2004).** Effect of dietary energy density on growth performance and slaughtering characteristics of fattening Awassi lambs. *Livestock Production Science*, 87, 2-3: 171-177.
- Hadjipanayiotou, M. (1990).** Effect of grain processing on the performance of early-weaned lambs and kids. *Animal Production*, 51: 565-572. 240.
- Hamm, R. (1960).** Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, 10, 355.
- Hamm, R. (1963).** Die Mikrostruktur des muscels und ihre beziehung zum wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleischwirtschaft*, 15: 298.
- Hamm, R. (1975).** Water-Holding Capacity of Meat- En: *Meat*. Cole and Lawrie eds. Butterworths. London, UK. pp. 321.
- Hammond, J. (1932).** *Growth and Development of mutton qualities in the sheep*. Ed. Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
- Hammond, J. (1966).** *Principios de la explotación animal. Reproducción, crecimiento y herencia*. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- Hashimoto, J.H.; Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M.; Bonacina, M.S.; Lehmen, R.I.; Silva, C.L. (2009).** Calidad de la carne de corderos (AS) Texel x Corriedale terminados en tres sistema. *XXXIV Jornadas Científicas de la SEOC*, 313-318.
- Hatfield, P.G.; Hopkins, J.A.; Pritchard, G.T.; Hunt, C.W. (1997).** The effects of amount of whole barley, barley bulk density and form of roughage on feedlot lamb performance, carcass characteristics and digesta kinetics. *Journal of Animal Science*, 75: 3353-3366.
- Hawkins, R.R.; Kemp, J.D.; Ely, D.G.; Fox, J.D.; Moody, W.D.; Vimini, R.J. (1985).** Carcass and meat characteristics of crossbred lambs born to ewes of different genetic types and slaughtered at different weights. *Livestock Production Science*, 12: 241-250.
- Heffron, J.J.A.; Heggarty, P.V.J. (1974).** Evidence for a relationship between ATP hydrolysis and changes in extracellular space and fiber diameter during *rigor* development in skeletal muscle. *Comparative Biochemistry Physiology*, A49: 43-56.
- Hejazi, S.; Fluharty, F.L.; Perley, J.E.; Loerch, S.C.; Lowe, G.D. (1999).** Effects of corn processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility and nitrogen metabolism in lambs. *Journal of Animal Science*, 77: 507-515.
- Henckel, P.; Jörgensen, P.F.; Jensen, P. (1992).** Glycogen content, buffering capacity and resting pH in live muscles of pigs of different halotane genotypes (a pilot project). *Meat Science*, 32: 131-138.
- Herd, R.M.; Arthur, P.J. (2009).** Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science*, 87: E64-E71.
- Hill, F. (1962).** Xanthophyll pigmentation in sheep.fat. *Nature*, 194: 865-866.
- Hill, F. (1966).** The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science*, 31: 161-166.

- Hoffman, K. (1975).** Ein neues gerät zur bestimmun der wuasserbindung des fleisches: das kapillarvolumeter. *Fleischwirtschaft*, 55: 25-34.
- Hoffman, L.C.; Muller, M.; Cloete, W.P.; Schmidt, D. (2003).** Comparison of six crossbred lamb types: sensory, physical and nutritional meat quality characteristics. *Meat Science*, 65: 1265-1274.
- Honikel, K.O. (1991).** Assessment of meat quality. En: *Animal biotechnology and the quality of meat production*. (eds L.O. Fiems y B.G. Cotlyn), Elsevier, Amsterdam pp. 107-125.
- Honikel, K.O. (1998).** Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49: 447-457.
- Honikel, K.O. (2004).** Conversion of muscle to meat. W.K. Eds.: Jensen, WC, Devine, C.E., Dikeman, M. *Encyclopedia of meat sciences*, Elsevier Academic Press.
- Hopkins, D.L.; Fogarty, N.M.; Menzies, D.J. (1996).** Muscle pH of lamb genotypes. 477 *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 21. (pp. 347).
- Hopkins, D.L.; Fogarty, N.M. (1998a).** Diverse lamb genotypes-2. Meat pH, colour and tenderness. *Meat Science*, 49: 477-488.
- Hopkins, D.L.; Beattie, A.S.; Pirlot, K.L. (1998b).** Meat quality of cryptorchid lambs grazing either dryland or irrigated perennial pasture with some silage supplementation. *Meat Science*, 49: 267-275.
- Hopkins, D.L.; Nicholson, A. (1999).** Meat quality of wether lambs grazed on either saltbush (*Atriplex nummularia*) plus supplements or lucerne (*Medicago sativa*). *Meat Science*, 51: 91-95.
- Hopkins, D.L.; Hall, D.G.; Channon, H.A.; Holst, P.J. (2001).** Meat quality of mixed sex lambs grazing pasture and supplemented with roughage, oats or oats and sunflower meal. *Meat Science*, 59: 277-283.
- Hopkins, D.L.; Ponnampalam, E.N.; Warner, R.D. (2008).** Predicting the composition of lamb carcasses using alternative fat and muscle depth measures. *Meat Science*, 78: 400-405.
- Hopkins, D.L.; Allingham, P.J.; Colgrave, M.; Van de Ven, R.J. (2013).** Interrelationship between measures of collagen, compression, shear force and tenderness. *Meat Science*, 95: 219-223.
- Hopkins, D.L.; Mortimer, S.I. (2014).** Effect of genotype, gender and age on sheep meat quality and a case study illustrating integration of knowledge. *Meat Science*, 98: 544-555.
- Horcada, A. (1996).** *Calidad de la carne de los corderos de las razas Lacha y rasa Aragonesa*. Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. (España).
- 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: 541-547.
- Horcada, A.; Alcalde, M.J.; Juárez, M.; Valle, J.; Peña, F.; Molina, A. (2005).** Primeros resultados sobre la calidad de la canal de los corderos de la raza Autóctona Montesina. XXX *Jornadas Científicas de la SEOC*, 64-66.
- Howery, L.D.; Provenza, F.D.; Ruyle, G.B. (2001).** How do domestic ungulates select nutritious diets on rangelands? *Range Cattle Nutrition*, 26: 25-36.
- Huertas, G.G.; Pérez, M.A.; Hernández, F.; Alenda, R. (2007).** Estudio de la primera lactación de ovejas Lacaune y Assaf en sistema de producción intensivo. *ITEA*, Vol. Extra 28, 2: 498-500.

- Huidobro, F.R.; Jurado, J.J. (1989).** Producción de carne en el ovino Manchego en cruzamiento. *Investigaciones Agrarias. Producción Sanida Animal*, 4: 35-44.
- Huidobro, F.R.; Cañeque, V. (1993a).** Producción de carne en corderos de raza Manchega. I: Estudio de los rendimientos en la canal, de las pérdidas en el matadero y de la importancia de los despojos. *Investigaciones Agrarias. Producción Sanida Animal*, 8, 2: 111-126.
- Huidobro, F.R.; Cañeque, V. (1993b).** Producción de carne en corderos de raza Manchega. II: Conformación y estado de engrasamiento de la canal y proporción de piezas en dsitintos tipos comerciales. *Investigaciones Agrarias. Producción Sanida Animal*, 8, 2: 233-245.
- Huidobro, F.R.; Cañeque, V. (1994a).** Producción de carne en corderos de raza Manchega. III: Composición tisular de las canales y de las piezas. *Investigaciones Agrarias. Producción Sanida Animal*, 9, 1: 57-70.
- Huidobro, F.R.; Cañeque, V. (1994b).** Producción de carne en corderos de raza Manchega. IV Ecuaciones predictoras de la composición tisular de las canales. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*, 9, 2: 71-82.
- Huidobro, F.R.; Cañeque, V. (1994c).** Producción de carne en corderos de raza Manchega. V Crecimiento relativo del quinto cuarto y de los tejidos y piezas de la canal. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*, 9, 2: 95-108.
- Huidobro, F.R.; Velasco, S.; Pérez, C.; Cañeque, V.; Lauzurica, S.; Díaz, M.; Manzanares, C. (1999).** Parámetros productivos del lechal manchego. IV. pH, color y capacidad de retención de agua. *ITEA*, Vol. Extra 20, 1: 113-115.
- Huidobro, F.R.; Cañeque, V.; Onega, E.; Velasco, S. (2000).** Morfología de la canal ovina. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne de rumiantes*. Cañeque, V., Sañudo, C. (Eds.). Ministerio de Ciencia y Tecnología. INIA. Madrid (España). pp. 83-102.
- Hulot, F.; Ouhayoun, J. (1999).** Muscular pH and related traits in rabbits: A review. *World Rabbit Science*, 7: 15-36.
- Iason, G.R.; Mantecón, A.R. (1993).** The effects of dietary protein level during food restriction on carcass and non-carcass components, digestibility and subsequent compensatory growth in lambs. *Animal Production*, 56: 93-100.
- INRA (1981).** *Alimentación de los rumiantes*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid (España). 697 pp.
- Institut Technique du Porc (1988).** *La qualite de la viande de porc. Aspects genetiques, higieniques et technologiques*. 20<sup>a</sup> Journées Recherche Porcine en France, 98.
- Immonen, K.; Rossunen, M.; Hissa, K.; Poulanne, E. (2000).** Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*, 55: 25-31.
- Jackson, T.H.; Mansour, Y.A. (1974).** Differences between groups of lamb carcasses chosen for good and poor conformation. *Animal Production*, 19: 93-105.
- Jacob, R.H.; Pethick; D.W.; Chapman, H.M. (2005).** Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 543-552.
- Jacobs, J.A.; Field, R.A.; Botkin, M.P.; Riley, M.L.; Roehrkasse, G.P. (1972).** Effect of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *Journal of Animal Science*, 5: 926-930.

- Jennings, T.G.; Berry, B.W.; Joseph, A.L. (1978).** Influence of fat thickness, marbling and length of aging on beef palatability and shelf-life characteristics. *Journal of Animal Science*, 46, 3: 658-665.
- Jeremiah, L.E. (2000).** The effects of chronological age slaughter weight, and gender on lamb: A review. *Technical Bulletin Research Branch Agriculture and Agri-Food Canadian*, 1E: 1-19.
- Jerónimo, E.; Alfaia, C.M.M.; Alves, S.P.; Dentinho, M.T.P.; Prates, J.A.M.; Vasta, V.; Santos-Silva, J.; Bessa, R.J.B. (2012).** Effect of dietary grape seed extract and *Cistus ladanifer* L. in combination with vegetable oil supplementation on lamb meat quality. *Meat Science*, 92: 841-847.
- Jiménez, M.A.; Jurado, J.J. (2005).** La raza Assaf española en la provincia de León. Situación actual de la raza. *ITEA*, 101: 117-128.
- Jiménez, M.A.; Jurado, J.J. (2006).** Análisis del progreso genético en el programa de mejora de la raza Assaf. *ITEA*, 102: 231-237.
- Jiménez, M.A.; Jurado, J.J. (2009).** ¿Cuál es el potencial de la raza Assaf? ¿Qué hacer para maximizarlo en cada caso: Selección y Manejo? *Tierras*, 159: 92-99.
- Jiménez, M.A.; Jurado, J.J. (2010).** Programa nacional de selección genética de la raza ovina Assaf española.  
<http://acteon.webs.upv.es/CONGRESOS/XV%20Reunion%20MG%20VIGO%202010/Comunicaciones%20Vigo%202009.htm>.
- Johnson, C.B.; Purchas, R.W.; Burch, E.J. (1988).** Fatty acid composition of fats of differing melting points extracted from ram subcutaneous tissue. *Lipids*, 23: 1049-1052.
- Johnson, P.L.; Purchas, R.W.; McEwan, J.C.; Blair, H.T. (2005).** Carcass composition and meat quality differences between pasture-reared ewe and ram lambs. *Meat Science*, 71: 383-391.
- Jones, H.E.; Amer, P.R.; Lewis, R.M.; Emmans, G.C. (2004).** Economic values for changes in carcass lean and fat weights at a fixed age for terminal sire breeds of sheep in the UK. *Livestock Production Science*, 89: 1-17.
- Jones, S.D.M. (1982).** The accumulation and distribution of fat in ewe and ram lambs. *Canadian Journal of Animal Science*, 62: 381-386.
- Joy, M.; Congost, S.; Delfa, R.; Álvarez-Rodríguez, J.; Sanz, A. (2007).** Diversificación de las producciones ovinas: utilización de praderas en el cebo de corderos. Diputación General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria. *Informaciones técnicas*, 175: 12 pp.
- Joy, M.; Álvarez-Rodríguez, J.; Revilla, R.; Delfa, R.; Ripoll G. (2008a).** Ewe metabolic performance and lambs carcass traits in pasture and concentrate-base production systems in Churra Tensina breed. *Small Ruminant Research*, 75: 24-35.
- Joy, M.; Ripoll, G.; Delfa, R. (2008b).** Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. *Small Ruminant Research*, 78: 123-133.
- Joy, M.; Ripoll, G.; Molino, F.; Dervishi, E.; Álvarez-Rodríguez, J. (2012a).** Influence of the type of forage supplied to ewes in pre- and post-partum periods on the meat fatty acids of suckling lambs. *Meat Science*, 90: 775-782.
- Joy, M.; Sanz, A.; Ripoll, G.; Panea, B.; Ripoll-Bosch, R.; Blasco, I.; Álvarez-Rodríguez, J. (2012b).** Does forage type (grazing vs. hay) fed to ewes before and after lambing affect suckling lambs performance, meat quality and consumer purchase intention? *Small Ruminant Research*, 104: 1-9.

- Juárez, M.; Alcalde, M.J.; Horcada, A.; Casas, J.P.; Azor, P.; Torres, R. (2005).** Primeros resultados del estudio de la canal de corderos lechales y ternascos de la raza Autóctona Andaluza Merino de Grazalema. *XXX Jornadas Científicas de la SEOC*, 70-72.
- Juárez, M.; Peña, F.; Alcalde, M.J.; Horcada, A.; Domenech, V.; Molina, A. (2006).** Características de la canal de los corderos lechales de las razas andaluzas Churra Lebrijana y Merino de Grazalema. *XXXI Jornadas Científicas de la SEOC*, 69-72.
- Juárez, M.; Horcada, A.; Alcalde, M.J.; Valera, M.; Polvillo, O.; Molina, A. (2009).** Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Science*, 83: 308-313.
- Jurado, J.J.; Jiménez, M.A. (2013).** Descomposición de la producción de leche de ovejas de raza Assaf en partes atribuibles al manejo y al genotipo. Una herramienta práctica. *ITEA*, 109: 331-344.
- Kabbali, A.; Johnson, W.L.; Johnson, D.W.; Goodrichand, R.D.; Allen, C.E. (1992).** Effects of compensatory growth on some body component weights and on carcass and non-carcass composition of growing lambs. *Journal of Animal Science*, 70: 2852-2858.
- Kadim, I.T.; Purchas, R.W.; Davies, A.S.; Rae, A.L.; Barton, R.A. (1993).** Meat quality and muscle fiber type characteristics of Southdown rams from high and low backfat selection lines. *Meat Science*, 33: 97-109.
- Kandylis, K.; Nikokyris, P.N.; Deligiannis, K. (1999).** Performance of growing-fattening lambs fed diets containing different proportions of cotton seed meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1613-1619.
- Karim, S.A.; Santra, A. (2000).** Growth performance of Malpura and crossbred lambs under intensive feeding. *Small Ruminant Research*, 37: 285-291.
- Karim, S.A.; Porwal, K.; Kumar, S.; Singh, V.K. (2007).** Carcass traits of Kheri lambs maintained on different system of feeding management. *Meat Science*, 76: 395-401.
- Kasapidou, E.; Wood, J.D.; Richardson, R.I.; Sinclair, L.A.; Wilkinson, R.G.; Enser, M. (2012).** Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. *Meat Science*, 90: 908-916.
- Kayan, A.; Uddin, M.J.; Kocamis, H.; Tesfaye, D.; Looft, C.; Tholen, E.; Schellander, K.; Cinar, M.U. (2013).** Association and expression analysis of porcine *HNF1A* gene related to meat and carcass quality traits. *Meat Science*, 94: 474-479.
- Keane, G. (1981).** Carcass growth and composition. En: *Cattie Production Seminar. Grange Research Station. An Foras Taluntais. Dublin*, pp. 15.
- Keane, M.G.; Allen, P. (1999).** Effects of pasture fertiliser N level on herbage composition, animal performance and on carcass and meat quality traits. *Livestock Production Science*, 61: 233-244.
- Kemp, J.D.; Mahyuddin, M.; Ely, D.G.; Fox, J.D.; Moody, W.G. (1981).** Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *Journal of Animal Science*, 51: 321-330.
- Kempster, A.J. (1981).** Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. *Meat Science*, 5: 83-98.

- Kempster, A.J.; Cuthbertson, A.; Harrington, G. (1982).** The relationship between conformation and the yield and distribution of lean meat in the carcasses of British pigs, cattle and sheep: a review. *Meat Science*, 6: 37-53.
- Kempster, A.J.; Croston, D.; Guy, D.R.; Jones, D.W. (1987).** Growth and carcass characteristics of crossbred lamb by ten sire breeds compare and the same estimated carcass subcutaneous fat proportion. *Animal Production*, 44: 83-98.
- Kesava Rao, V.; Sengar, S.S.; Jain, V.K.; Agarawala, O.N. (1998).** Carcass characteristics and meat quality attributes of rams maintained on processed deolided mahua (*Brassica latifolia*) seed cake. *Small Ruminant Research*, 27: 151-157.
- Keskin, M.; Sahin, A.; Biçer, O.; Gül, S. (2004).** Comparison of the behaviour of Awassi lambs in cafeteria feeding system with single diet feeding system. *Applied Animal Behaviour Science*, 85: 57-64.
- Kinsella, J.E. (1988).** Food lipids and fatty acids: Importance in food quality, nutrition and health. *Food Technology*, 42: 124-145.
- Kiran, D.; Mutsvangwa, T. (2007).** Effects of barley grain processing and dietary ruminally degradable protein on urea nitrogen recycling and nitrogen metabolism in growing lambs. *Journal of Animal Science*, 85: 3391-3399.
- Kirchofer, K.S.; Calkins, C.R.; Gwartney, B.L. (2002).** Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80: 2872-2878.
- Kirton, A.H.; Crane, B.; Paterson, D.J.; Clare, N.T. (1975).** Yellow fat in lambs caused by carotenoid pigmentation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 18: 267-272.
- Kirton, A.J. (1976).** Body and carcass composition and meat quality of the New Zealand Feral goat. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 13: 167-175.
- Knipe, L. (2011).** *Ciencia Básica del Procesado de la Carne* (en línea). Departamento de Zootecnia. The Ohio State University. Fuente: [meatsci.osu.edu](http://meatsci.osu.edu). Consultado: 8 marzo 2011. Disponible en: <http://cfaes.osu.edu/~meatsci/SpanishBasic.doc>.
- Komprda, T.; Kuchtík, J.; Jarošová, A.; Dračková, E.; Zemánek, L.; Filipčík, B. (2012).** Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Science*, 91: 499-505.
- Koohmaraie, M.; Geeskin, G.H. (2006).** Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74: 34-43.
- Krammer, A. (1994).** Use of colour measurements in quality control of food. *Food Technology*, 48: 63-71.
- Kremer, R.; Barbato, G.; Castro, L.; Rista, L.; Rosés, L.; Herrera, V.; Neirotti, V. (2004).** Effect of sire breed, year, sex and weight on carcass characteristics of lambs. *Small Ruminant Research*, 53: 117-124.
- Kyriazakis, L.; Oldham, J.D. (1993).** Diet selection in sheep: The ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen x 6,25) requirements. *British Journal of Nutrition*, 69: 617-629.
- L'Estrange, J.L.; Mulvihill, T.A. (1975).** A survey of fat characteristics of lamb with particular reference to the soft fat condition in intensively fed lambs. *Journal of Agricultural Science*, 84: 281-290.

- Labussière, J. (1983).** Étude des aptitudes laitières et de la facilité de traite de quelques races de brebis du Bassin Méditerranéen. Projet M4 FAO. En: *3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants*. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 780-803.
- Lambe, N.R.; Navajas, E.A.; McLean, K.A.; Simm, G.; Bünger, L. (2007).** Changes in carcass traits during growth in lambs of two contrasting breeds, measured using computer tomography. *Livestock Science*, 107: 37-52.
- 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: 1138-1149.
- Lambe, N.R.; Navajas, E.A.; Bünger, L.; Fisher, A.V.; Roehe, R.; Simm, G. (2009).** Prediction of lamb carcass composition and meat quality using combinations of post-mortem measurements. *Meat Science*, 81: 711-719.
- Landa, R.; Mantecón, A.R.; Frutos, P.; Rodríguez, A.B.; Giráldez, F.J. (2001).** Efecto del tipo de cereal (cebada vs. maíz) sobre la ingestión, la ganancia de peso y las características de la canal de corderos alimentados con pienso y paja o solo con pienso. *ITEA*, 97A, 3: 204-216.
- Lanza, M.; Bella, M.; Priolo, A.; Fasone, V. (2003).** Peas (*Pisum sativum* L.) as an alternative protein source in lamb diets: growth performances, and carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 47: 63-68.
- Lanza, M.; Bella, M.; Priolo, A.; Barbagallo, D.; Galofaro, V.; Landi, C.; Pennisi, P. (2006).** Lamb meat quality as affected by natural or artificial milk feeding regime. *Meat Science*, 73: 313-318.
- Lauzurica, S.; Pérez, C.; Cañequé, V.; Ruiz d Huidobro, F.; Velasco, S.; Díaz, M.T.; Gayán, J. (1999).** Parámetros productivos del lechal Manchego. I. Características al sacrificio. *ITEA*, Vol. Extra, 20: 104-106.
- Lavín, P. (1996).** *Los sistemas de producción ovina en la provincia de León: Factores condicionantes de su distribución y estructura*. Tesis Doctoral. Universidad de León. León (España).
- Lavín, P.; Mantecón, A.R.; Giráldez, F.J. (1997).** Efecto del tamaño de los rebaños sobre las características técnico-económicas de los sistemas de producción ovina en la provincia de León. *ITEA*, Volumen extra 18: 821-823.
- Lawrence, T.L.J.; Fowler, V.R. (1997).** *Growth of farm animals*. CAB International, New York (Estados Unidos). 330 p.
- Lawrie, R.A. (1966).** The eating quality of meat. En *Meat Science*, Pergamon Press, London.
- Lawrie, R.A. (1998a).** *Ciencia de la carne*. (3<sup>ra</sup> ed.). Ed.: Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp.367.
- Lawrie, R.A. (1998b).** *Meat science* (6<sup>th</sup> ed.). Abington, Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.
- Leat, W.M.F. (1975).** Fatty acid composition of adipose tissue of Jersey cattle during growth and development. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 85: 551-558.
- Lee, G.J.; Atkins, K.D.; Swan, A.A. (2002).** Pasture intake and digestibility by young and non-breeding adult sheep: the extent of genetic variation and relationships with productivity. *Livestock Production Science*, 73: 185-198.

- Legaz, E.; Álvarez, I.; Royo, L.J.; Fernández, I.; Gutiérrez, J.P.; Goyache, F. (2008).** Genetic relationships between Spanish Assaf (Assaf.E) and Spanish native dairy sheep breeds. *Small Ruminant Research*, 80: 39-44.
- Lepetit, J.; Grajales, A.; Favier, R. (2000).** Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat: consequence on meat toughness. *Meat Science*, 54: 239-250.
- Lepetit, J. (2007).** A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76: 147-159.
- Lepetit, J. (2008).** Review: Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80:960-967.
- Lewis, R.M.; Beatson, P.R. (1999).** Choosing maternal-effect models to estimate (co)variances for live and fleece weight in New Zealand Coopworth sheep. *Livestock Production Science*, 58: 137-150.
- Lewis, R.M.; Emmans, G.C. (2007).** Genetic selection, sex and feeding treatment affect the whole-body chemical composition of sheep. *Animal*, 1: 1427-1434.
- Leymaster, K.A. (2002).** Fundamental aspect of crossbreeding of sheep: Use of breed diversity efficiency of meste production. *Journal of Sheep and Goat Research*, 17:50-59.
- Li, L.; Oddy, V.H.; Nolan, J.V. (2008).** Whole-body protein metabolism and energy expenditure in sheep selected for divergent wool production when fed above or below maintenance. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48: 657-665.
- Light, N.; Champion, A.E.; Voyle, C.; Bailey, A.J. (1985).** The rôle of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in six bovine muscles. *Meat Science*, 13: 137-149.
- Linares, M.B.; Bórnez, R.; Vergara, H. (2007).** Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb. *Meat Science*, 76: 675-681.
- Link, B.A.; Bray, A.R.; Cassens, R.G.; Kauffman, R.G. (1970).** Lipid deposition in bovine skeletal muscle during growth. *Journal of Animal Science*, 30: 6-9.
- Liste, G.; Miranda-de la Lama, G.C.; Campo, M.M.; Villarroel, M.; Muela, E.; María, G.C. (2011).** Effect of lairage on lamb welfare and meat quality. *Animal Production Science*, 51: 952-958.
- Liu, Q.; Lanari, M.C.; Schaefer, D.M. (1995).** A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science*, 73: 3131-3140.
- Locker, R.H.; Hagyard, C.J. (1963).** A cold shortening effect in beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14: 787-793.
- López, J.; Frutos, P.; Giráldez, F.J.; Mantecón, A.R. (1995).** Efecto de la frecuencia de ordeño sobre la producción y composición de leche en el ganado ovino en condiciones prácticas de explotación. *ITEA*, Vol extra 16: 729-731.
- López, M. (1987).** *Calidad de la canal y de la carne en los tipos de lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo.* Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. (España).
- López, M.; Colomer, F.; Rodríguez, M.C.; Sierra, I. (1992).** Producción de carne en la raza Lacha. I. rendimiento de la canal y componentes del quinto cuarto de lechales, ternascos y corderos. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 32: 65-70.
- López, O. (2007).** *La vinaza de remolacha: composición química y empleo en la alimentación de ovejas en lactación y corderos en cebo.* Tesis Doctoral. Universidad de León. (España).

- López-Bote, C.J.; Daza, A.; Soares M.; Berges, E. (2001).** Dose-response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light-weight lambs. *Animal Science*, 73: 451-457.
- López-Campos, O.; Bodas, R.; Prieto, N.; Frutos, P.; Andrés, S.; Giráldez, F.J. (2011).** Vinasse added to the concentrate for fattening lambs: Intake, animal performance, and carcass and meat characteristics. *Journal Animal Science*, 89:1153-1162.
- López-Gallego, F.; López-Parra, M.M.; Picón Sánchez, F. (1999).** Respuestas en la producción de carne y leche de la oveja Merina, según niveles de suplementación al pastoreo intensivo. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 39: 25-28.
- Lord, E.A.; Fennessy, P.F.; Littlejohn, R.P. (1988).** Comparison of genotype and nutritional effects on body and carcass characteristics of lamb. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 31: 13-19.
- Lough, D.S.; Solomon, M.B.; Rumsey, T.S.; Elsasser, T.H.; Slyter, L.L.; Kahl, S.; Lynch, G.P. (1992).** Effects of dietary canola seed and soy lecithin in high-forage diets on cholesterol content and fatty acid composition of carcass tissues of growing ram lambs. *Journal of Animal Science*, 70: 1153-1158.
- Luaces, M.L.; Calvo, C.; Fernández, B.; Fernández, A.; Viana, J.L.; Sánchez, L. (2007).** Alometría de los tejidos en corderos de raza ovina gallega. *ITEA*, 103: 72-83.
- Luciano, G.; Biondi, L.; Pagano, R.I.; Scerra, M.; V.; López-Andrés, P.; Valenti, B.; Lanza, M.; Priolo, A.; Avondo, M. (2012).** The restriction of grazing duration does not compromise lamb meat colour and oxidative stability. *Meat Science*, 92: 30-35.
- Lucifero, M.; Rossi, G.; Brandano, P.; Dattilo, M.; Congiu, F. (1973).** Il Momento ottimale di macellazione degli angelli di razza Sarda allevati con la somministrazione di latte ricostituito. *Alimentazione Animale*, Anno XVII, 4: 19-33.
- Lurueña-Martínez, M.A.; Palacios, C.; Vivar-Quintana, A.M.; I. Revilla, I. (2010).** Effect of the addition of calcium soap to ewes' diet on fatty acid composition of ewe milk and subcutaneous fat of suckling lambs reared on ewe milk. *Meat Science*, 84: 177-183.
- Lynch, A.; Kerry, J.P.; O'Sullivan, M.G.; Lawlor, J.B.P.; Buckley, D.J.; Morrissey, P.A. (2000).** Distribution of a-tocopherol acetate supplementation. *Meat Science*, 56: 211-214.
- Macedo, F.A.F.; Siqueira, E.R.; Martins, E.N. (2000).** Qualidade de carcaças de cordeiros Corriedale puros e mestiços terminados em pastagem e confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29: 1520-1527.
- Macías-Cruz, U.; Álvarez-Valenzuela, F.D.; Rodríguez-García, J.; Correa-Calderón, A.; Torrentera-Olivera, N.G.; Molina-Ramírez, L.; Avendaño-Reyes, L. (2010).** Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42: 147-154.
- Macit, M.; Esenbuga, N.; Karaoglu, M. (2002).** Growth performance and carcass characteristics of Awassi, Morkaraman and Tushin lambs grazed on pastur and supported whit concentrate. *Small Ruminant Research*, 44: 241-246.
- Mahgoub, O.; Lu, C.D.; Early, R.J. (2000).** Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small Ruminant Research*, 37: 35-42.

- Mahgoub, O.; Lu, C.D. (2004).** Influence of various levels of metabolisable energy on chemical composition of whole carcass and non-carcass portion of goats and sheep South African *Journal of Animal Science*, 34, 1: 81-84.
- Mahouachi, M.; Atti, N. (2005).** Effects of restricted feeding and re-feeding of Barbarine lambs: intake, growth and non-carcass components. *Animal Science*, 81: 315-312.
- Maiorano, G.; Ciarlariello, A.; Cianciullo, D.; Roychoudhury, S.; Manchisi, A. (2009).** Effect of suckling management on productive performance, carcass traits and meat quality of Comisana lambs. *Meat Science*, 83: 577-583.
- Mandebvu, P.; Galbraith, H. (1999).** Effect of sodium bicarbonate supplementation and variation in the proportion of barley and sugar beet pulp on growth performance and rumen, blood and carcass characteristics of young entire male lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 82: 37-49.
- Manso, T. (1994).** *Crecimiento y composición corporal durante el periodo anterior y posterior al destete en corderos de raza Churra sometidos a distintas estrategias de alimentación.* Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid (España).
- Manso, T.; Mantecón, A.R.; Castro, T. (1998a).** Rendimiento a la canal, quinto cuarto y despiece de corderos de raza Churra sometidos a distintas estrategias de alimentación. *Archivos de Zootecnia*, 47: 73-84.
- Manso, T.; Mantecón, A.R.; Giráldez, F.J.; Lavín, P.; Castro, T. (1998b).** Animal performance and chemical body composition of lambs fed diets with different protein supplements. *Small Ruminant Research*, 29: 185-191.
- Manso, T.; Mantecón, A.R.; Castro, T.; Iason, G.R. (1998c).** Effect of intake level during milk-feeding period and protein content in the post-weaning diet on performance and body composition in growing lambs. *Animal Science*, 67: 513-521.
- Manso, T.; Castro, T.; Mantecón, A.R.; Jimeno, V. (2002).** Efecto de la inclusión de aceite de palma en la ración sobre las características de la canal de corderos sacrificados a los 25 kg de peso vivo. *XXVII Jornadas Científicas de la SEOC*, 167-172.
- Manso, T.; Bodas, R.; Castro, T.; Jimeno, V.; Mantecón, A.R. (2008).** Efecto de la incorporación de grasas vegetales en raciones para corderos sobre las características de la canal. *XXXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 43-48.
- Manso, T.; Bodas, R.; Castro, T.; Mantecón, A.R. (2009).** Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. *Meat Science*, 83: 511-516.
- Mantecón, A.R.; Iason, G.R.; Smith, D.M. (1990).** The effect of dietary protein:energy ratio during food restriction on the size of the digestive tract and subsequent growth of lambs. *Animal Production*, 50, 3: 593.
- Mantecón, A.R. (2001).** Tema 4: Lactancia artificial en ovinos. *II Jornadas de Ovinos de Leche*, pp.1-10.
- Mantecón, A.R.; Díez, P.; Villadangos, B.; Martínez, Y.; Lavín, P. (2009).** Dairy sheep production systems in central-north of Spain: effect of flock size. *Options Méditerranéennes*, 91: 75-77.
- Mantecón, A.R.; Gutierrez, J.; Martín, S. (2014).** *Manual para la excelencia en las explotaciones de ovino y caprino.* MSD-Animal Health. Madrid (España). ISBN: 978-84-697-0687-9.

- Marco-Ramell, A.; Arroyo, L.; Saco, Y.; García-Heredia, A.; Camps, J.; Fina, M. (2012).** Proteomic analysis reveals oxidative stress response as the main adaptative physiological mechanism in cows under different production systems. *Journal of Proteomics*, 75: 4399-4411.
- MARM (2011).** Programa de Mejora de la Raza ovina Assaf. *Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino*, 28 p.
- Marsh, B.B.; Thompson, J.F. (1958).** Rigor mortis and thaw rigor in lamb *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 9: 417-424.
- Marsh, B.B.; Lochner, J.V.; Takahashi, G.; Kragness, D.D. (1981).** Effects of early post mortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Science*, 56: 479-483.
- Martínez-Cerezo, S.; Olleta, J.L.; Sañudo, C.; Delfa, R.; Cuartielles, I.; Pardos, J.J.; Medel, I.; Panea, B.; Sierra, I. (2002).** Calidad de la canal en tres razas ovinas españolas. Efecto del peso al sacrificio. *XXVII Jornadas Científicas de la SEOC*, 288-295.
- Martínez-Cerezo, S.; Sañudo, C.; Panea, B.; Medel, I.; Delfa, R.; Sierra, I.; Beltrán, J.A.; Cepero, R.; Olleta, J.L. (2005).** Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristic of lamb meat. *Meat Science*, 69: 325-333.
- Maseda, F.; Cañeque, V.; Gálvez, J.F. (1984a).** Lactancia artificial y engorde de corderos de raza Manchega. *Anales INIA*, 19: 73-88.
- Maseda, F.; Cañeque, V.; Gálvez, J.F. (1984b).** Lactancia artificial y engorde de corderos de raza Manchega. II. Influencia del sexo y del peso al nacimiento sobre el crecimiento y el consumo de alimento. *Anales INIA*, 19: 89-97.
- Maseda, F.; Cañeque, V.; Gálvez, J.F. (1984c).** Lactancia artificial y engorde de corderos de raza Manchega. III. Influencia del sexo y de la cantidad de leche ingerida en la calidad de la canal. *Anales INIA*, 19: 99-121.
- McClelland, T.H.; Bonaiti, B.; Taylor, C.S. (1976).** Breed differences in body composition of equally mature sheep. *Animal Production*, 23: 231-239.
- McClure, K.E.; Van Keuren, R.W.; Althouse, P.G. (1994).** Performance and carcass characteristics of weaned lambs either grazed on orchardgrass, ryegrass or alfalfa or fed all-concentrate diets in drylot. *Journal of Animal Science*, 72: 3230-3237.
- McClure, K.E.; Solomon, M.B.; Parrett, N.A.; Van Keuren, R.W. (1995).** Growth and tissue accretion of lambs fed concentrate in drylot, grazed on alfalfa or ryegrass at weaning or after backgrounding on ryegrass. *Journal of Animal Science*, 73: 3437-3444.
- McClure, K.E.; Solomon, M.B.; Loerch, S.C. (2000).** Body weight and tissue gain in lambs fed an all-concentrate diet and implanted with trenbolone acetate or grazed on alfalfa. *Journal of Animal Science*, 78: 1117-1124.
- McCormick, R.J. (1994).** The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, 36: 79-91.
- McCormick, R.J. (2009).** Collagen. *Applied Muscle Biology and Meat Science* CRC Press, London, pp. 129-148.
- McCrae, S.E.; Secombe, C.G.; Marsh, B.B.; Carse, W.A. (1971).** Studies in meat tenderness. IX. The tenderness of various lamb muscles in relation to their skeletal restraint and delay before freezing. *Journal of Food Science*, 36: 566.

- McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D; Morgan, C.A. (1995).** *Nutrición Animal*. (Quinta edición). 990 pp. Ed. Acribia S.A. España.
- McDowell, L.R. (1992).** Iron. En: *Minerals in Animal and Human Nutrition*. Ed: Academic Press, San Diego, New York, USA. pp. 152-175.
- McDowell, L.R.; Williams, S.N.; Hidiroglou, N.; Njeru, C.A.; Hill, G.M.; Ochoa, L.; Wilkinson, N.S. (1996).** Vitamin E supplementation for the ruminant. *Animal Feed Science Technology*, 60: 273-196.
- McGeehin, B.; Sheridan, J.J.; Butler, F. (2001).** Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science*, 58: 79-84.
- McGeehin, B.; Sheridan, J.J.; Butler, F. (2002).** Optimising a rapid chilling system for lamb carcasses. *Journal of Food Engineering*, 52: 75-81.
- McMeekan, C.P. (1939).** The "Cambridge" block test for fat lamb. En: *Meat of sheep farmers*, VIII: 52-57.
- McNeill, S.; Van Elswyk, M.E. (2012).** Review: Red meat in global nutrition. *Meat Science*, 92: 166-173.
- Medel, I.; Olleta, J.L.; Sañudo, C.; Pardos, J.J.; Guillén, F.; Garitano, L.; Sierra, I. (2001).** Estudio de la canal en el Ternasco de Aragón: Posibilidad de ampliación del peso de la canal. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 243-249.
- Medel, I.; Olleta, J.L.; Guillén, F.; Garitano, L.; Sañudo, C.; Sierra, I. (2002).** Características productivas y de composición tisular en dos razas ovinas y sus ecotipos dentro de la I.G.P. Ternasco de Aragón. *XXVII Jornadas Científicas de la SEOC*, 308-315.
- Mendizabal, J.A.; Soret, B. (1997).** Desarrollo del tejido graso en corderos en crecimiento. *OVIS*, 50: 59-74.
- Menzies, D.J.; Hopkins, D.L. (1996).** Relationship between colour and pH in lamb loins. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 21: 353.
- Miguel, E.; Onega, E.; Cañeque, V.; Velasco, S.; Díaz, M.T.; Lauzurica, S.; Pérez, C.; Blázquez, B.; Ruiz de Huidobro, F. (2003).** Carcass classification in suckling lambs. Discrimination ability of the European Union scale. *Meat Science*, 63: 107-117.
- Miguélez, E.; Zumalacárregui, J.M.; Chinchetru, M.A.; Mateo, J. (2001).** Estudio comparativo del despiece, disección y parámetros físicoquímicos musculares de las canales de las razas Churra, Castellana y Ojalada- amparadas por la indicación geográfica protegida lechazo de Castilla y León. *ITEA*, 97A: 151-164.
- Miguélez, E.; Zumalacárregui, J.M.; Osorio, M.T.; Beteta, O.; Mateo, J. (2006).** Carcass characteristics of suckling lambs protected by the PGI "Lechazo de Castilla y León" European quality label: Effect of breed, sex and carcass weight. *Meat Science*, 73: 82-89.
- Miguélez, E.; Zumalacárregui, J.M.; Osorio, M.T.; Mateo, J. (2007).** Características de la canal de cordero lechal de diversas razas producidas en España (revisión bibliográfica). *ITEA*, Vol. 103: 14-30.
- Miller, R.K. (2000)** Part I: Analysing meat quality. 3 Factors affecting the quality of raw meat. En: *Meat processing Improving quality*. Edited by Joseph Kerry, John Kerry and David Ledward. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, pp. 35.

- Miranda-de la Lama, G.C.; Salazar-Sotelo, M.I.; Pérez-Linares C.; Figueroa-Saavedra, F.; Villarroel, M.; Sañudo, C.; Maria, G.A. (2012).** Effects of two transport systems on lamb welfare and meat quality. *Meat Science*, 92: 554-561.
- Moharrery, A. (2007).** Effect of docking and energy of diet on carcass fat characteristics in fat-tailed Badghisian sheep. *Small Ruminant Research*, 69: 208-216.
- Moloney, A.P.; Kennedy, C.; Noci, F.; Monahan, F.J.; Kerry, J.P. (2012).** Lipid and colour stability of M. longissimus muscle from lambs fed camelina or linseed as oil or seeds. *Meat Science*, 92: 1-7.
- Monahan, F.J.; Asghar, A.; Gray, J.I.; Buckley, D.J. (1994).** Effect of oxidized dietary lipid and vitamin E on the colour stability of pork chops. *Meat Science*, 37: 205-215.
- Monin, G. (1988).** Stress d'abattage qualities de la viande. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 16410: 835-842.
- Morán, L.; Rodríguez-Calleja, J.M.; Bodas, R.; Prieto, N.; Giráldez, F.J.; Andrés, S. (2012).** Carnosic acid dietary supplementation at 0.12% rates slows down meat discoloration in gluteus medius of fattening lambs. *Meat Science*, 90: 789-795.
- Moron-Fuenmayor O.E.; Clavero T. (1999).** The effect of feeding system on carcass characteristics, non-carcass components and retail cut percentages of lambs. *Small Ruminant Research*, 34: 57-64.
- Mortimer, S.I.; Van der Werf, J.H.J.; Jacob, R.H.; Hopkins, D.L.; Pannier, L.; Pearce, K.L.; Gardner, G.E.; Warner, R.D.; Geesink, G.H.; Hocking Edwards, J.E.; Ponnampalam, E.N.; Ball, A.J.; Gilmour, A.R.; Pethick, D.W. (2014).** Genetic parameters for meat quality traits of Australian lamb meat. *Meat Science*, 96: 1016-1024.
- Muela, E.; Sañudo, C.; Campo, M.M.; Medel, I.; Beltrán, J.A. (2010).** Effects of cooling temperature and hot carcass weight on the quality of lamb. *Meat Science*, 84: 101-107.
- Murphy, T.A.; Loerch, S.C.; McClure, K.E.; Solomon, M.B. (1994).** Effects of grain or pasture finishing systems on carcass. *Journal of Animal Science*, 72: 3138-3144.
- Murray, A.C., (1989).** Factors affecting beef colour at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science*, 69: 347-355.
- Napolitano, F.; Braghieri, C.; Cifuni, G.F.; Pacelli, C.; Girolami, A. (2002a).** Behaviour and meat production of organically farmed unweaned lambs. *Small Ruminant Research*, 43: 179-184.
- Napolitano, F.; Cifuni, G.F.; Pacelli, C.; Riviezzi, A.M.; Girolami, A. (2002b).** Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality. *Meat Science*, 60: 307-315.
- Napolitano, F.; De Rosa, G.; Sevi, A. (2008).** Welfare implications of artificial rearing and early weaning in sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 110: 58-72.
- Naumann, H.D. (1965).** Evaluation and measurement of meat quality. G.W. Irving y S.R. Hoover (eds). *The American Association for the Advancement of Science*, p.77.
- Ngapoa, T.M.; Bergea, P.; Culiolia, J.; Dransfielda, E.; De Smetb, S.; Claeysb, E. (2002).** Perimysial collagen crosslinking and meat tenderness in Belgian Blue double-muscling cattle. *Meat Science*, 61: 91-102.
- Notter, D.R.; Kelly, R.F.; Berry, B.W. (1991).** Effects of ewe breed and management system on efficiency of lamb production. III. Meat characteristics. *Journal of Animal Science*, 69: 3523-3532.

- Notter, D.R.; Greiner, S.P.; Wahlberg, M.L. (2004).** Growth and characteristics of lambs sired by Dorper and Dorset rams. *Journal of Animal Science*, 82: 1323-1328.
- 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.
- Nuernberg, K.; Fischer B.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: 279-283.
- Nute, G.R.; Richardson, R.I.; Wood, J.D.; Hughes, S.I.; Wilkinson, R.G.; Cooper, S.L.; Sinclair, L.A. (2007).** Effect of dietary oil source on the flavour and the colour and lipid stability of lamb meat. *Meat Science*, 77: 547-555.
- Oberbauer, A.M.; Arnold, A.M.; Thonney, M.L. (1994).** Genetically size-scaled growth and composition of Dorset and Suffolk rams. *Animal Production*, 59: 223-234.
- Oddy, V.H. (1999).** Genetic variation in protein metabolism and implications for variation in efficiency of growth. *Recent Advances in Animal Nutrition Australian*, 12: 23-29.
- OECD-FAO. (2011).** Agricultural Outlook 2011-2020. de Coopèration et Dèveloppement Économiques – Federation Organisation Agricultural, OECD.Sat. Outlook 2011-2020. <http://www.oecd.org/>, 'OECD Web Site. [http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2011\\_agr\\_outlook-2011](http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2011_agr_outlook-2011).
- Offer, G. (1984).** Progress in the biochemistry, physiology and structure of meat. *Proceedings of the 30<sup>th</sup> European Meeting of meat research Workers*. Bristol, UK. pp. 87-94.
- Offer, G.; Knight, P. (1988).** The structural basis of water-holding in meat. *Meat Science*. 4, part 2 (Ed.: R. Lawrie), pp. 173.
- Oliveira, N.M.; Osorio, J.C.; Selaive-Villarroel, A.; Benitez-Ojed, D.; Borba, M.F.S. (1998).** Produção de carne em ovinos de cinco genótipos. 5. Estimativas de qualidade e peso de carcaça através do peso vivo. *Ciencia Rural Santa María*, 28: 665-669.
- Olivier, W.M. (1967).** Qualitative and quantitative characteristics of ram and ewe lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, 26, 2: 307-310.
- Olleta, J.L.; Sierra, I.; Sañudo, C. (1992).** Producción de carne en la agrupación ovina Churra Tensina: cordero pastenco y de cebo. *ITEA*, 16: 119-128.
- Olthoff, J.C.; Boylan, W.J. (1991).** Carcass merit of market lambs from purebred and crossbred Finnsheep ewes. *Small Ruminant Research*, 4: 159-173.
- Ordóñez, J.A.; Cambero, M.I.; Fernández, L.; García, M.L.; García de Fernando, G.; de La Hoz, L.; Selgas, M.D. (1998).** Cambios postmortem del músculo. En: *Tecnología de los alimentos*. Vol. II. Alimentos de origen animal. Ed. Síntesis S.A. Madrid. pp. 170-184.
- Ørskov, E.R.; McDonald, I.; Fraser, C.; Corse, E.L. (1971).** The nutrition of the early weaned lamb. III. The effect of ad libitum intake of diets varying in protein concentration on performance and on body composition at different live weights. *Journal of Agricultural Science*, 77: 351-361.
- Ørskov, E.R.; Fraser, C.; Gordon, J.G. (1974a).** Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time and firmness of subcutaneous fat in lambs. *British Journal of Nutrition*, 32: 59-69.

- Ørskov, E.R.; Fraser, C., McHattie. I. (1974b).** Cereal processing and food utilization by sheep. 2. A note on the effect of feeding unprocessed barley, maize, oats and wheat on food utilization by early-weaned lambs. *Animal Production*, 18: 85-88.
- Ørskov, E.R.; Fraser, C. (1975).** The effects of processing of barley-based supplements on rumen pH, rate of digestion and voluntary intake of dried grass in sheep. *British Journal of Nutrition*, 34: 493-500.
- Ørskov, E.R. (1998).** Feed Evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients.1. A review. *Small Ruminant Research*, 28: 1-8.
- Osório, J.C.S.; Sierra, I.; Sañudo, C.; María, G.; Osório, M.T. (1995).** Estudio comparativo de la calidad de la canal en el tipo 'Ternasco' según procedencia. *Revista Brasileira de Agrociência*, 1, 3: 145-150.
- Osório, J.C.S.; María, G.; Borda, M. (1998).** Estudio de tres sistemas de producción de carnes en ovinos Polwarth en Brasil. *XXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 461-464.
- Osório, J.C.S.; Sierra, I.; Sañudo, C.; Osório, M.T. (1999).** Influencia da raça, sexo e peso/idade sobre el rendimento de la carcaça em cordeiros. *Ciencia Rural. Santa María*, 29: 139-141.
- Osório, J.C.; Osório, M.T. (2006).** Calidad y sus determinantes en la cadena productiva y comercial de la carne ovina. *Revista Brasileira Agrociencia*, 12, 3: 251-256.
- Osório, M.T.; Zumalacárregui, J.M.; Figueira, A.; Mateo, J. (2007).** Fatty acid composition in subcutaneous, intermuscular and intramuscular fat deposits of suckling lamb meat: Effect of milk source. *Small Ruminant Research*, 73: 127-134.
- Ouali, A. (1991).** Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production. En (eds L. Fiems, B. Cottyn y D. Demeyer), Vol. 85. *Elsevier Science Publication*, Amsterdam.
- Palombo, R.; Wijngaards, G. (1990).** Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. *Meat Science*, 28: 61-76.
- Palsson, H. (1939).** Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses. Part. 1. *Journal Agricultural Science*, 29: 544-626.
- Palsson, H.; Verges, J.B. (1952).** The effect of high and low plane of nutrition on growth and development of carcass quality in lamb. I. The effect of high and low plane of nutrition at different ages. *Journal of Agricultural Science*, 42: 1-92.
- Panea, B.; Joy, M.; Ripoll, G.; Boscolo, J.; Albertí, P. (2010).** Características de la canal y de la carne de lechal de raza Ansotana: efecto sexo. *ITEA*, 106, 4: 229-244.
- Pannier, L.; Pethick, D.W.; Geesink, G.H.; Ball, A.J.; Jacob, R.H.; Gardner, G.E. (2014a).** Intramuscular fat in the longissimus muscle is reduced in lambs from sires selected for leanness. *Meat Science*, 96: 1068-1075.
- Pannier, L.; Gardner, G.E.; Pearce, K.L.; McDonagh, M.; Ball, A.J.; Jacob, R.H.; Pethick, D.W. (2014b).** Associations of sire estimated breeding values and objective meat quality measurements with sensory scores in Australian lamb. *Meat Science*, 96: 1076-1087.
- Paredi, G.; Sentandreu, M.A.; Mozzarelli, A.; Fadda, S.; Hollung, K.; Martinho de Almeida, A. (2013).** Muscle and meat: New horizons and applications for proteomics on a farm to fork perspective. *Journal of Proteomics Science*, 88: 58-82.
- Pearson, A.M. (1966).** Desirability of beef. Its characteristics and their measurements. *Journal of Animal Science*, 25: 843-854.

- Pearson, A.M.; Young, R.B. (1989).** Postmortem changes during conversion of muscle to meat. En: *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic. Press Ltd., London, U.K. pp. 391-444.
- Peláez, R. (1976).** *Digestibilidad, utilización de la energía y balances de nitrógeno en corderos de raza Churra, criados artificialmente a base de leche de oveja, leche de vaca y sustitutos lácteos*. Tesis Doctoral. Universidad de León, León (España).
- Peña, F.; Domenech, V.; Aparicio, F.; Méndez, D. (1989).** Características de la canal en corderos de raza Segureña. I. Componentes corporales no incluidos en la canal. *Archivos de Zootecnia*, 38, (141): 107-125.
- Peña, F.; García Martínez, A.; Domenech, V.; Cano, T.; Alcalde, M.J.; Martos, J.; Herrera, M.; Rodero, E.; Valera, M.; Molina, A. (2001).** Características de la canal en corderos de raza Segureña. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 270-278.
- Peña, F.; Cano, T.; Domenech, V.; Alcalde, M.J.; Martos, J.; García-Martínez, A.; Herrera, M.; 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.
- Pérez, C.; Díaz, M.T.; Ruiz de Huidobro, F.; Velasco, S.; Cañeque, V.; Lauzurica, S.; Manzanares, C.; Onega, E. (1999).** Engorde de corderos de raza Talaverana en pastoreo o aprisco con distintos sistemas de alimentación. II. Efecto sobre la proporción de piezas y su composición tisular. *XXIV Jornadas Científicas de la SEOC*, 439-442.
- Pérez, P.; Maino, M.; Tomic, G.; Mardones, E.; Pokniak, J. (2002).** Carcass characteristics and meat quality of Suffolk Down suckling lambs. *Small Ruminant Research*, 44: 233-240.
- Pérez, P.; Maino, M.; Tomic, G.; Köbrich, C.; Morales, M.S.; Pokniak, J. (2006).** Calidad de carne de corderos lechales del cruce Suffolk down x merino precoz alemán: efecto del Peso de sacrificio y sexo. *Archivos de Zootecnia*, 55, (210): 171-182.
- Pérez, P.; Maino, P.; Morales, M.S.; Köbrich, C.; Bardon, C.; Pokniak, J. (2007).** Gender and slaughter weight effects on carcass quality traits of suckling lambs from four different genotypes. *Small Ruminant Research*, 70: 124-130.
- Pérez, P.; Maino, M.; Morales, M.S.; Tomic, G.; Aguilera, F.; Egaña, J.I. (2012).** Calidad de carne y características de la canal de corderos lechales Merino Precoz criados en confinamiento en la zona Mediterránea semi-húmeda del secano costero central de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 39, 2: 289-298.
- Pérez, V.; Camacho, A.; Mata, J.; Bermejo, L. (2014).** Efecto de la raza, peso de sacrificio y sexo en el quinto cuarto en razas ovinas Canarias. *Archivos de Zootecnia*, 63: 289-294.
- Pérez-Álvarez, J.A. (1996).** *Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudos-curados*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. (España).
- Pérez-Álvarez, J.A.; Fernández-López, J.; Sayas-Barberá, M.E.; Cartagenagracia, R. (1998).** Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne*, 63: 115-122.
- Pérez-Lanzac, J.; Bendicho de Combellas, J.; Castro Pereira, A. (1988).** Tecnología de los piensos para corderos. I. Crecimientos y composición de la canal de corderos alimentados con piensos granulados de distinto contenido en fibra. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 28, 1: 3-10.

- Pérez-Meléndez, P.; Maino Menéndez, M.; Köbrich Grüebler, C.; Morales Silva, M.S.; Pokniak Ramos, J. (2007).** Efecto del peso de sacrificio y sexo sobre la canal de corderos lactantes del cruce Suffolk Down x Merino Precoz Alemán. *Revista Científica FCV-LUZ*, Vol. XVII, 6: 621-625.
- Perlo, F.; Bonato, P.; Teira, G.; Tisocco, O.; Vicentin, J.; Pueyo, J. (2008).** Meat quality of lambs produced in the Mesopotamia region of Argentina finished on different diets. *Meat Science*, 79: 576-581.
- Petit, H.V. (2000).** Effect of whole and rolled corn or barley on growth and carcass quality of lambs. *Small Ruminant Research*, 37: 293-297.
- Phy, T.S.; Provenza, F.D. (1998).** Eating barley too frequently or in excess decreases lambs preference for barley but sodium bicarbonate and lasalocid attenuate the response. *Journal of Animal Science*, 76: 1578-1583.
- Pinkas, A.; Marinova, P.; Tomov, I.; Monin, G. (1982).** Influence of age at slaughter, rearing technique and pre-salughter treatment on some quality traits of lamb meat. *Meat Science*, 6: 245-255.
- Pollott, G.E.; Guy, D.R.; Croston, D. (1994).** Genetic parameters of lamb carcass characteristics at three end-points: fat level, age and weight. *Animal Production*, 58: 65-75.
- Pomeroy, R.W. (1959).** Crecimiento en peso vivo. En: *J. Harmond (comp.): Avances en fisiología. Zootecnia*, Vol. 11, Editorial Acribia, Zaragoza, España, pág. 471.
- Ponnampalam, E.N.; Hosking, B.J.; Egan, A.R. (2003).** Rate of carcass components gain, carcass characteristics and muscle longissimus tenderness in lambs fed dietary protein sources with a low quality roughage diet. *Meat Science*, 63: 143-149.
- Ponnampalam, E.N.; Dixon, R.M.; Hosking, B.J.; Egan, A.R. (2004).** Intake, growth and carcass characteristics of lambs consuming low digestible hay and cereal grain. *Animal Feed Science and Technology*, 114: 31-41.
- Poppi, D.P.; McLennan, S.R. (2010).** Nutritional research to meet future challenges. *Animal Production Science*, 50: 329-338.
- Prescott, J.H.D. (1966).** The influence of different systems of beef production on carcass characteristics and meat quality. En: *Beef Production and Marketing*, R.Q. Cannell (ed). Occasional Symposium, núm. 2, Br. Grassid. Sco., 99.
- Price, M.A. (1975).** The effect of added dietary lipid on the body composition of rams and wethers. *Journal of Agricultural Science*, 84: 201-208.
- Priolo, A.; Micol, D.; Agabriel, J.; Parche, S.; Dransfield, E. (2002).** Effects of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*, 62: 179-185.
- Prud'hon, M. (1976).** La croissance globale de l'agneau: ses caractéristiques et ses bis. 2<sup>émes</sup> *Journées de la recherche avine e caprine*. INRA-ITOVIC. Paris.
- Puolanne, E.; Kivikari, R. (2000).** Determination of the buffering capacity of postrigor meat. *Meat Science*, 56: 7-13.
- Purchas, R.W. (1990).** An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, 27: 129-140.
- Purchas, R.W.; Burnham, D.L.; Morris, S.T. (2002).** Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 80: 3211-3221.

- Purroy, A.; Surra, J.; Muñoz, F. (1989).** Utilización del haba de soja extrusionada en el pienso para cebo de corderos. *ITEA*, 80: 63-69.
- Purroy, A.; Echaide, H.; Muñoz, F.; Arana, A.; Mendizabal, J.A. (1992).** The effect of protein level and source of legume seeds on the growth and fattening of lambs. *Livestock Production Science*, 34: 93-100.
- Purslow, P.P. (2005).** Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70: 435-447.
- Radostits, O.M.; Gay, C.C.; Blood, D.C.; Hinchcliff, K.W. (2000).** 6. Diseases of the alimentary tract II: Acute carbohydrate engorgement of ruminants (ruminal lactic acidosis rumen overload). En: *Veterinary Medicine. A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses*. 9th ed. London, GB: WB Saunders Co. pp. 284-203.
- Ramella, J. (2002).** *Producción y composición de la leche en ovejas de raza Assaf: efecto de la duración del intervalo entre ordeños*. Tesis Doctoral. Universidad de León, León. (España).
- Reglamento (CEE) n° 2137/92 del Consejo**, de 23 de julio de 1992, relativo al modelo comunitario de clasificación de canales de ovino y se determina la calidad tipo comunitaria de las canales de ovino frescas o refrigeradas y por el que se proroga el Reglamento (CEE) n° 338/91
- Reglamento (CEE) n° 461/93 de la Comisión**, de 26 de febrero de 1993 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del modelo comunitario de clasificación de canales de ovino (3), ha sido modificado (4) y de forma sustancial. Conviene, en aras de una mayor racionalidad y claridad, proceder a la codificación de dicho Reglamento.
- Reglamento (CEE) n° 1278/94 del Consejo**, de 30 de mayo de 1994, por el que se modifica el Reglamento (CEE) n° 338/91, por el que se determina la calidad tipo comunitaria de canales de ovino frescas o refrigeradas, y el Reglamento (CEE) n° 2137/92 del Consejo, relativo al modelo comunitario de clasificación de canales de ovino frescas o refrigeradas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 140, de 3 de junio: pp. 5-6.
- Reglamento (CEE) n° 22/2008 De la Comisión** de 11 de enero de 2008 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del modelo comunitario de clasificación de canales de ovino. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 9/6 de 12 de enero: pp.9-11.
- Renner, M.; Valin, C. (1979).** Influence de l'âge sur les caractéristiques de la couleur des viandes bovines de race Limousine. *Annals of Technology Agriculture*, 28: 319-332.
- Renner, M. (1982).** *La couleur de la viande et sa mesure*. Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix. INRA, 65: 41-45.
- Renner, M. (1986).** *Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine*. Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix. INRA, 65: 41-45.
- Rhee, K.S. (1992).** Fatty acids in meats and meat products. En: *Fatty acids in foods and their health implications*. Chow, C.K. (Ed.). Marcel Dekker, New York (Estados Unidos). pp. 65-93.
- Ripoll, G.; Joy, M.; Muñoz, F.; Albertí, P. (2008).** Meat and fat colour as a tool trace grass-feeding systems in light lamb production. *Meat Science*, 80: 239-248.
- Ripoll, G.; Albertí, P.; Joy, M. (2012).** Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat colour and meat quality of light lambs. *Meat Science*, 90: 457-464.

- Ripoll, G.; González-Calvo, L.; Molino, F.; Calvo, J.H.; Joy, M. (2013).** Effects of finishing period length with vitamin E supplementation and alfalfa grazing on carcass color and the evolution of meat color and the lipid oxidation of light lambs. *Meat Science*, 93: 906-913.
- Ripoll-Bosch, R.; Ripoll, G.; Álvarez-Rodríguez, J.; Blasco, I.; Panea, B.; Joy, M. (2012).** Efecto del sexo y la explotación sobre la calidad de la canal y de la carne del cordero lechal de raza Ojinegra. *ITEA*, 108, 4: 522-536.
- Risvik, E. (1994).** Sensory properties and preferences. *Meat Science*, 36: 67-77.
- Rizzi, L.; Simioli, M.; Sardi, L.; Monetti, P.G. (2002).** Carcass quality, meat chemical and fatty acid composition of lambs fed diets containing extruded soybeans and sunflower seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 97: 103-114.
- Robelin, J.; Geay, Y. (1976).** Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11<sup>ème</sup> côte. II. Composition de la carcasse. *Annales de Zootechnie*, 25: 259-272.
- Robinson, J.J.; Binet, F.E.; Doig, A.G. (1956).** Fat lambs studies in Victoria. I. An assessment of the relative value of various external measurements for differentiating between various grades of export lamb carcasses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 7: 345-365.
- Rodrigues, G.H.; Susin, I.; Pires, A.V.; Mendes, C.Q.; Urano, F.S.; Contreras Castillo, C.J. (2008).** Polpa cítrica em rações para cordeiros em confinamento: características da carcaça e qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 1869-1875.
- Rodríguez, A.B. (2005).** *Alternativas a los sistemas actuales de alimentación en el cebo intensivo de corderos: Efecto de la supresión de la paja de la ración y la utilización del cereal en grano sobre la ingestión, el crecimiento y las características de la canal y de la carne.* Tesis Doctoral. Universidad de León, León. (España).
- Rodríguez, A.B.; Bodas, R.; Fernández, B.; López-Ocampo, O.; Mantecón, A.R. Giráldez, F.J. (2007a).** Feed intake and performance of growing lambs raised on concentrate-based diets under cafeteria feeding systems. *Animal*, 1: 459-466.
- Rodríguez, A.B.; López-Campos, O.; Hervás, G.; Lavín, P.; Mantecón, A.R., Giráldez, F.J. (2007b).** Efecto de la adición de urea a la cebada en grano sobre la selección de la dieta, el rendimiento productivo y las características de la canal de corderos criados en sistemas de libre elección de alimentos. *ITEA*, 28: 174-176.
- Rodríguez, A.B.; Landa, R.; Bodas, R.; Prieto N.; Mantecón, A.R.; Giráldez, F.J. (2008a).** Carcass and meat quality of Assaf milk fed lambs: Effect of rearing system and sex. *Meat Science*, 80: 225-230.
- Rodríguez, A.B.; Bodas, R.; Prieto N.; Landa, R.; Mantecón, A.R.; Giráldez, F.J. (2008b).** Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. *Livestock Science*, 116: 118-125.
- Rodríguez, L.; Sánchez, M.; Alcalde, M.J.; Sierra, I.; Lavín, P.; Mantecón, A.R.; Pérez, V.; Fuente, L.F.; González, J.M.; Muñoz, E.M.; Marcos, J.C. (2013).** *Informe de la Sociedad Española de Ovinotécnica y Caprinotécnica (SEOC): Sector Ovino y Caprino en España: 249.*
- Rodríguez, L.; Mantecón, A.R.; Aldea, M.J. (2014).** Gestión Técnico-Económica en Ovino de Leche. En: *Manual de gestión técnico-económica de explotaciones ovinas y caprinas* (Pardos, L. Coordinador). pp. 43-65. Editorial Agrícola Española. Madrid.

- Rosenvold, K.; Andersen, H.J. (2003).** Factors of significance for pork quality—a review. *Meat Science*, 64: 219-237.
- Rosov, A; Gootwine, E. (2013).** Birth weight, and pre- and postweaning growth rates of lambs belonging to the Afec-Assaf strain and its crosses with the American Suffolk. *Small Ruminant Research*, 113: 58-61.
- Russel, A.J.F. (1992).** Fibre production from sheep and goats. En: *Progress in sheep and goat research*. A.W. Speedy. (Ed.). CAB International, Wallingford (Reino Unido). pp. 235-256.
- Russell, B.C.; McAlister, G.; Ross, L.S.; Pethick, D.W. (2005).** Lamb and sheep meat eating quality-industry and scientific issues and the need for integrated research. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 465-467.
- Russo, C.; Preziuso, G.; Verità, P. (2003).** EU carcass classification system: carcass and meat quality in light lambs. *Meat Science*, 64: 411-416.
- Safari, E.; Fogarty, N.M.; Ferrier, G.R.; Hopkins, L.D.; Gilmour, A. (2001).** Diverse lamb genotypes. 3. Eating quality and the relationship between its objective measurement and sensory assessment. *Meat Science*, 57: 153-159.
- Şahin, A.; Keskin, M.; Biçer, O.; Gül, S. (2003).** Diet selection by Awassi lambs fed individually in a cafeteria feeding system. *Livestock Production Science*, 82: 163-170.
- Sainz, R.D.; Wolf, J.; Upsdell, M.P. (1990).** Effects of cimaterol on energy utilization for maintenance and for protein and fat deposition by whether and ewe lambs given chopped Lucerne hay or Lucerne-barley pellets. *Journal Animal Production*, 50: 129-139.
- Sancha, J.L.; Pérez, C.; Cantero, M.A.; Velasco, S.; Cañeque, V.; Ruiz de Huidobro, F.; López, D.; Lauzurica, S.; Gayán, J. (1996).** Producción de carne en corderos lechales de raza Talaverana. II. Características de la canal y proporción de piezas. *XXI Jornadas Científicas de la SEOC*, 655-662.
- Sánchez, A.; Alfonso, M.; Sañudo, C.; Delfa, R.; Sierra, I.; Fisher, A. (1998).** Caracterización de la calidad de la canal de los tipos ternasco y lechal con denominación específica. *XXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 23: 133-137.
- Sánchez I.C.; Albarracín, W. (2010).** Análisis sensorial de la carne. *Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23, 2: 235-241.
- Santé-Lhoutellier, V.; Engel, E.; Gatellier, P. (2008).** Assessment of the influence of diet on lamb meat oxidation. *Food Chemistry*, 109: 573-579.
- Santos, L.E.; Bueno, M.S.; Cunha, E.A.; Nieto, M.J.L. (2001).** Comportamiento productivo y características de la canal de corderos Santa Inés y sus cruzamientos con razas especializadas para la producción de carne. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 285-291.
- Santos, V.A.C.; Silva, S.R.; Mena, E.G.; Azevedo, J.M.T. (2007).** Live weight and sex effects on carcass and meat quality of “Borrego terrincho-PDO” suckling lambs. *Meat Science*, 77: 654-661.
- Santos-Silva, J.; Mendes, I.A.; Bessa, R.J.B. (2002a).** Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. I. Growth, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*, 76: 17-25.

- Santos-Silva, J.; Bessa, R.J.B.; Santos-Silva, F. (2002b).** Effect of genotype, feeding system and the slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77: 187-194.
- Santos-Silva, J.; Bessa, R.J.B.; Mendes, I.A. (2003).** The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. *Meat Science*, 65: 1301-1308.
- Santos-Silva, J.; Mendes, I.A.; Portugal, P.V.; Bessa, R.J.B. (2004).** Effect of particle size and soybean oil supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs. *Livestock Production Science*, 90: 79-88.
- 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*, 104: 42-57.
- Sanz, M.C.; Verde, M.T.; Sáez, T.; Fernández, A. (1996).** Estrés pre-sacrificio y aparición de carnes oscuras en terneros. *Medicina Veterinaria*, 13: 554-559.
- Sanz Arias, R. (1974).** Descripción de un modelo experimental de jaulas para corderos en crecimiento desde el nacimiento hasta los 20 kg de peso vivo. *Anales de la Facultad de Veterinaria de León*, 21: 175-187.
- Sañudo, C. (1980).** *Calidad de la canal y de la carne en el Ternasco aragonés*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, Zaragoza. (España).
- Sañudo, C.; Sierra, L. (1982).** Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. *Anales Facultad de Veterinaria Zaragoza*, 285-295.
- Sañudo, C.; Sierra, I.; López, M.; Forcada, F. (1986).** La qualité de la viande ovine. étude des différents facteurs qui la conditionnent. En: *Commission des C.E. Rapport EUR 11479*, pp. 67-81.
- Sañudo, C. (1991).** La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. En: *III Curso Internacional sobre Producción de Ganado Ovino*. I.C.I., I.N.I.A., S.I.A. – D.G.A., Zaragoza, España. Mimiografiado, 117 páginas.
- Sañudo, C.; Delfa, R.; González, C.; Alcalde, M.J.; Casas, M.; Santolaria, P.; Vigil, E. (1992a).** Calidad de la carne de ternasco. *ITEA*, 88A: 221-227.
- Sañudo, C.; Santolaria, P.; Sierra, I.; Alcalde, M.J.; Touraille, C. (1992b).** Sensory meat characteristics from light lamb carcasses. 38<sup>th</sup> *International Congress of Meat Science and Technology*, 277-280.
- Sañudo, C.; González, C.; Delfa, R. (1992c).** El peso de la canal. *Ovis*, 16: 9-19.
- Sañudo, C.; Sierra, I.; Alcalde, M.J.; Rota, A.; Osorio, J.C. (1993).** Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros y semipesados de las razas Rasa Aragonesa, Lacoune y Merino Alemán. *ITEA*, 89 A: 203-214.
- Sañudo, C.; Santolaria, P.; María G.A.; Osorio, M.; Sierra, I. (1996).** Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production system. *Meat Science*, 42: 195-202.
- Sañudo, C.; Campo, M.M.; Sierra, I.; María, G.A.; Olleta, J.L.; Santolaria, P. (1997).** Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Science*, 46: 357-365.

- Sañudo, C.; Sánchez, A.; Alfonso, A. (1998a).** Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science*, 49: 29-64.
- Sañudo, C.; Sierra, I.; Olleta, J.L.; Martín, L.; Campo, M.M.; Santolaria, P.; Wood, J.D.; Nute, G.R. (1998b).** Influence of weaning on carcass quality, fatty acid composition and meat quality in intensive lamb production systems. *Animal Science*, 66: 175-187.
- Sañudo, C.; Alfonso, M.; Sánchez, A.; Delfa, R.; Teixeira, A. (2000a).** Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat Science*, 56: 89-94.
- Sañudo, C.; Enser, M.E.; Campo, M.M.; Nute G.R.; María, G.; Sierra, I.; Wood, J.D. (2000b).** Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54: 339-346.
- Sañudo, C.; Olleta, J.L.; Campo, M.M.; Alfonso, M. y Panea, B. (2001).** Propuesta de muestreo. En: *Monografías INIA: Ganadera N.1. Metodología para el Estudio de la Calidad de la Canal y de la Carne de Rumiantes* (Coods. Cañeque, V. & Sañudo, C.), MCyT- INIA, pp. 139-144. Madrid, España.
- Sañudo, C.; Monsón, F.; Campo, M.M.; Beltrán, J.A.; Bello, J.M. (2005).** Variaciones del pH en canales comerciales de cordero. [www.aida-itea.org/jornadas37/trabajos.htm](http://www.aida-itea.org/jornadas37/trabajos.htm).
- Sañudo, C. (2006).** Calidad de la canal y la carne en los ovinos: factores que la determinan. Conferencia. *Revista Argentina de Producción Animal*, 26: 155-167.
- SAS (2004).** SAS/STAT<sup>®</sup>. *User's Guide (Version 9.1.2)*. SAS Publishing, Cary, NC (Estados Unidos).
- Savell, J.W.; Mueller, S.L.; Baird, B.E. (2005).** The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70: 449-459.
- 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: 390-394.
- Seideman, S.C.; Cross, H.R.; Smith, G.C.; Durland, P.R. (1984).** Factors associated with fresh meat color: a review. *Journal of Food Quality*, 6, 3: 211-237.
- Sellier, P. (1988).** Meat quality in pig breeds and cross-breeding. *Livestock Production Science*, 18: 171-186.
- Sevi, A.; Caroprese, M.; Annicchiarico, G.; Albenzio, M.; Taibi, L.; Muscio, A. (2003).** The effect of a gradual separation from the mother on later behavioural, immune and endocrine alterations in artificially reared lambs. *Applied Animal Behaviour Science*, 83: 41-53.
- Shimokomaki, M.; Elsdén, D.F.; Bailey, A.J. (1972).** Meat tenderness: age related changes in bovine intramuscular collagen. *Journal of Food Science*, 37: 892-896.
- Shrestha, J.N.B.; Heaney, D.P. (2004).** A Review of Canadian, Outaouais and Rideau Arcott breeds of sheep 2. Crossbreeding, registration and subsequent release to the Canadian sheep industry. *Small Ruminant Research*, 55: 1-13.
- Sierra, I. (1973).** Producción de cordero joven y pesado de la raza Rasa Aragonesa. *Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro*, 18: 1-28.
- Sierra, I. (1977).** Apuntes de Producción Animal. En: *Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza*. (España).
- Sierra, I. (1988).** La denominación de origen en el ternasco de Aragón. *ITEA*, 66: 3-15.

- Sierra, I.; Sañudo, C.; Olleta, J.L.; Maria, G.; Santolaria, P.; Campo, M.M. (1994).** Calidad de la canal y de la carne en el lechazo de Castilla y León. I. Efecto de la base genética. *XIX Jornadas Científicas de la SEOC*, 65-70.
- Sinclair, L.A.; Galbraith, H.; Scaife, J.R. (1991).** Effect of dietary protein concentration and cimaterol on growth and body composition of entire male lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 34: 181-192.
- Sjaastad, O.V.; Sand, O.; Hove, K. (2010).** *Physiology of Domestic Animals*. 2<sup>nd</sup> edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. 804 pp.
- Smulders, F.J.M.; Toldra, F.; Flores, J.; Prieto, M. (1992).** New technologies for meat and meat products (pp. 182, 186-188). *Audet Tejdschriften*, Utrecht, The Netherlands.
- Snowder, G.D.; Glimp, H.A.; Field, R.A. (1994).** Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. *Journal of Animal Science*, 72: 932-937.
- Snowder, G.D.; Duckett, S.K. (2003).** Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. *Journal of Animal Science*, 81: 368-375.
- Solomon, M.B., Elsasser, T.H. (1991).** Dietary energy and protein effects on partitioning of carcass components in beef cattle. *Meat Science*, 29: 365-373.
- Solomon, M.B.; Berry, B.W.; Fluharty, F.L.; McClure, K.E. (1996).** Effects of energy source and ionophore supplementation on lipid composition and sensory properties of lamb. *Journal of Animal Science*, 74: 162.
- Speck, P.A.; Davidson, R.B.; Dobbie, P.M.; Singh, K.K.; Clarke, N.J. (1995).** Nutritional status affects meat tenderness in growing lambs. *Journal of Animal Science, 87th Annual Meeting Abstract*, 168pp.
- Stanford, K.; Wallins, G.L., Jones, S.D.M.; Price, M.A. (1998).** Breeding finnish Landrace and Romanov ewes with terminal sires for out-of-season market lamb production. *Small Ruminant Research*, 27: 103-110.
- Swatland, H.J. (1991).** *Estructura y desarrollo de los animales de abasto*. Ed.: Acribia. Zaragoza, España. 43 pp.
- Swatland, H.J. (2002)** Capítulo 10: On-line monitoring of meat quality. En: *Meat Processing. Improving Meat*. Eds. Joseph Kerry, John Kerry y David Ledward. Woodhead Publishing Food Science and Technology, pp. 199-216.
- Tait, R.M.; Bryant, G. (1973).** Influence of energy source and physical form of all-concentrate rations on early weaned lambs. *Canadian Journal of Animal Science*, 53: 89-94.
- Tarrant, P.V.; Sherington, J. (1980).** An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science*, 4: 287-297.
- Teixeira, A.; Delfa, R.; González, C. (1992).** El grado de engrasamiento. *Ovis*, 19: 21-35.
- Teixeira, A.; Delfa, R.; Treacher, T. (1996).** Carcass composition and body fat depots of Galego Bragançano and crossbred lambs by Suffolk and Merino Precoce sire breeds. *Animal Science*, 63, 389-394.
- Teixeira, A.; Batista, S.; Delfa, R.; Cadavez, V. (2005).** Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science*, 71: 530-536.

- Teixeira, A.; Matos, S.; Rodrigues, S.; Delfa, R.; Cadavez, V. (2006).** In vivo estimation of lamb carcass composition by real-time ultrasonography. *Meat Science*, 74:269-295.
- Tejeda, J.F.; Peña, R.E.; Andrés, A.I. (2008).** Effect of live weight and sex on physico-chemical and sensorial characteristics of Merino lamb meat. *Meat Science*, 80: 1061-1067.
- Tejón-Tejón, D.; De la Fuente Vázquez, J.; López-Bote, C.; Jimeno Romo, R. (1996).** Desarrollo digestivo y composición de la grasa en corderos alimentados con lactancia natural y artificial. *XXI Jornadas Científicas de la SEOC*, 663-672.
- Terlow, C. (2005).** Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience. A brief review of recent findings. *Livestock Production Science*, 94: 125-135.
- Thèriez, M.; Tissier, M.; Robelin, J. (1981).** The chemical composition of the intensively fed lamb. *Animal Production*, 32: 29-37.
- Thompson, J.M.; Atkins, K.d.; Gilmour, A.R. (1979).** Carcass characteristics of heavy weight crossbred lambs. II. Carcass composition and partitioning of fat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30: 1207-1214.
- Thwaites, C.J.; Yeates, N.T.M.; Pogue, R.F. (1964).** Objective appraisal of intact lamb and mutton carcasses. *Journal Agricultural Science Cambridge*, 63: 415-420.
- Tian, R.; Pitchford, W.S.; Morris, C.A.; Cullen, N.G.; Bottema, C.D.K. (2009).** Genetic variation in the b, b-carotene-9 $\zeta$ , 10 $\zeta$ -dioxygenase gene and association with fat colour in bovine adipose tissue and milk. *Animal Genetics*, 41: 253-259.
- Tornberg, E. (1996).** Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43: 175-191.
- Toteda, F.; Facciolongo, A.M.; Vicenti, A.; Melodia, L.; Bozzo, F. (2004).** Effect of type of suckling and polyunsaturated fatty acid use on lamb production. 1. Productive performances and quanti-qualitative characteristics of the carcass. *Italian Journal of Animal Science*, Vol. 3: 71-79.
- Trout, G.R. (1988).** Techniques for measuring water-holding capacity in muscle foods. A review of methodology. *Meat Science*, 23: 235-252.
- Truscott, T.O.; Wood. J.D.; Macfie, H.J.H. (1983).** Fat deposition in Hereford and Friesian Steers. 1. Body composition and partitioning of fat between depots. *Journal of Agriculture Science*, 25: 165-179.
- Turner, T.D.; Karlsson, L.; Mapiye, C.; Rolland, D.C.; Martinsson, K.; Dugan, M.E.R. (2012).** Dietary influence on the m. longissimus dorsi fatty acid composition of lambs in relation to protein source. *Meat Science*, 91: 472-477.
- Ugarte, E.; Ruiz, R.; Gabiña, D.; Beltrán de Heredia, I. (2001).** Impact of high-yielding foreign breeds on the Spain dairy sheep industry. *Livestock Production Science*, 71: 3-10.
- Underwood, E.J.; Suttle, N.F. (2003).** Hierro. En: *Los minerales en la nutrición del ganado*. (3<sup>era</sup> Edn.). Ed: Acribia S.A, Zaragoza, España. pp. 381-404.
- UNE, 87-001-94. (1994).** *Análisis sensorial. Vocabulario*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid. España.
- Vacca, G.M.; Carcangiu, V.; Dettori, M.L.; Pazzola, M.; Mura, M.C.; Luridiana, S.; Tilloca, G. (2008).** Productive performance and meat quality of Mouflon x Sarda and Sarda x Sarda suckling lambs. *Meat Science*, 80: 324-334.
- Valls, M. (1980).** Contribución al estudio del ovino Gallego. II. Características del crecimiento y de la canal de los corderos. *INIA*, 11: 18-29.

- Valls, M.; Espejo, M.; Colomer, F.; López Sanchez, M. (1984).** El cruzamiento de las razas 'Finesa' y 'Romanov' con la 'Rasa Aragonesa'. I. Obtención y características de los corderos F1 en comparación con los Rasos. *Anales del INIA, Serie: Ganadera*, 20: 25-45.
- Vasta, V.; Pagano, R.I.; Luciano, G.; Scerra, M.; Caparra, P.; Foti, F.; Cilione, C.; Biondi, L.; Priolo, A.; Avondo, M. (2012).** Effect of morning vs. afternoon grazing on intramuscular fatty acid composition in lamb. *Meat Science*, 90: 93-98.
- Veiseth, E.; Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Koohmaraie, M. (2004).** Factors regulating lamb *longissimus* tenderness are affected by age at slaughter *Meat Science*, 68: 635-640.
- Velasco, S.; Gayán, J.; Lauzurica, S.; Ruiz de Huidobro, F.; López, D.; Cantero, M.A.; Sancha, J.L.; Cañeque, V.; Pérez, C.; Gómez, A.; Carcía, C. (1996).** Producción de carne en corderos lechales de raza Talaverana. IV. Composición tisular de la canal. *XXI Jornadas Científicas de la SEOC*, 673-677.
- Velasco, S. (1998a).** *Caracterización de los depósitos adiposos de corderos lechales en función de diversos parámetros productivos.* Tesis Doctoral. Facultad de Veterinarias. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. (España).
- Velasco, S.; Pérez, C.; Cañeque, V.; Huidobro F.; Lauzurica, S.; Gayan, J.; Díaz, M.T.; Manzanares, C.; Sancha, J.L. (1998b).** Efecto del sistema de destete en la calidad de la canal de corderos de Raza Talaverana sacrificados a dos pesos. II. Características de la canal. *XXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, 117-122.
- Velasco, S.; Lauzurica, S.; Cañeque, V.; Pérez, C.; Huidobro, F.; Manzanares, C.; Díaz, M.T. (2000).** Carcass and meat quality of Talaverana breed sucking lambs in relation to gender and slaughter weight. *Animal Science*, 70: 253-263.
- Velasco, S.; Cañeque, V.; Pérez, C.; Lauzurica, S.; Díaz, M.T.; Huidobro, F.; Manzanares, C.; González, J. (2001).** Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat Science*, 59: 325-333.
- Velasco, S.; Cañeque, V.; Lauzurica, S.; Pérez, C.; Huidobro, F. (2004).** Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Science*, 66: 457-465.
- Vergara, H.; Gallego, L.; Molina, A.; Torres, A. (1994).** Efecto del nivel de reservas corporales de las ovejas en el parto y del tipo de cría sobre el crecimiento de corderos de raza Manchega. *ITEA*, Vol. 90A, 2: 73-89.
- Vergara, H.; Fernández, C.; García, A.; Gallego, L. (1997).** Estudio comparativo de la calidad de la canal de corderos de raza Manchega en función del peso de sacrificio. *ITEA*, Vol. Extra 18: 712-714.
- Vergara, H.; Fernández, C.; Gallego, L. (1999a).** Efecto del genotipo (Manchego, Merino, Ile de France x Merino) sobre la calidad de la canal de corderos. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 14, 1, 2, 3: 5-14.
- Vergara, H.; Gallego, L. (1999b).** Efecto del peso de sacrificio y el sexo en la calidad de la carne de corderos de raza Manchega. *ITEA*, 20, 1: 140-141.
- Vergara, H.; Gallego, L. (1999c).** Effect of type suckling and length of lactation period on carcass and meat quality in intensive lamb production systems. *Meat Science*, 53: 211-215.

- Vergara, H.; Molina, A.; Gallego, L. (1999d).** Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive lamb production systems. *Meat Science*, 53: 221-226.
- Vergara, H.; Berruga, M.I.; Gallego, L. (2001).** Efecto del tipo de lactancia, artificial vs natural en la calidad de la canal y de la carne de corderos lechales de raza Manchega. *XXVI Jornadas Científicas de la SEOC*, 313-316.
- Vergara, H.; Linares, M.B.; Berruga, M.I.; Gallego, L. (2005).** Meat quality in suckling lambs: effect of pre-slaughter handling. *Meat Science*, 69: 475-478.
- Vestergaard, M.; Oksbjerg, N.; Henckel, P. (2000).** Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science*, 54: 177-185.
- Vetharaniam, I.; Daly, C.C. (2000).** Sensitivity of ultimate meat pH to initial metabolite concentration when glycogen is not limiting. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 60: 120-123
- Vetharaniam, I.; Thomson, R.A.; Devine, C.E. (2010).** Modelling muscle energy-metabolism in anaerobic muscle. *Meat Science*, 85: 134-148.
- Villalba, J.J.; Provenza, F.D. (1999).** Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences. *Applied Animal Behaviour Science*, 63: 145-163.
- Volpelli, L.A.; Valusso, R.; Morgante, M.; Pittia, P.; Piasentier, E. (2003).** Meat quality in male fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*, 65: 555-562.
- Walker, D.M.; Cook, L.J.; Jagush, K.T. (1967).** Nitrogen balance studies with milkfed lambs. 5. Effect of frequency of feeding. *British Journal of Nutrition*, 21: 275-287.
- Walker, D.M. (1986).** Body composition of animals during sucking and the immediate postweaning period. *Proceeding Nutrition Society*, 45: 81-89.
- Warner, R. W.; Bond, J. J.; Kerr, M. G. (2000).** Meat quality traits in lamb M. longissimus thoracis et. lumborum: The effect of pre-slaughter stress and electrical stimulation. *En: Proceedings of the 46th International Congress of Meat Science and Technology*, 28: 154-155.
- Warris, P.D. (1989).** The behaviour and blood profile of bulls which produce dark-cutting meat. *Journal of Science Food and Agriculture*, 35: 863-868.
- Warris, P.D.; Kestin, S.C.; Young, C.S.; Bevis, E.A.; Brown, S.N. (1990a).** Effect of pre-slaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. *Journal of Science Food Agricultural*, 51: 517-523.
- Warris, P.D.; Brown, S.N.; Adams, S.J.M. (1990b).** Variation in heam pigment concentration and color in meat British pigs. *Meat Science*, 28: 321-329.
- Warris, P.D., (2000).** Meat Science. *An Introductory Text*. CABI Publishing, Oxon, UK.
- Warris, P.D. (2001).** Effects of animal behaviour and animal welfare on meat quality. *Requisitos de calidad de la canal y de la carne de rumiantes para su comercialización*. C.I.H.E.A.M. Zaragoza, España.
- Warris, P.D. (2003).** Cap. 11: el pH de la carne. *En: Ciencia de la carne*. Ed.: Acribia, S.A. Zaragoza, España.

- Watanabe, A.; Dalyb, C.C.; Devine, C.E. (1996).** The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science*, 42: 67-78.
- Webb, E.C.; O'Neill, H.A. (2008).** The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80: 28-36.
- Webster, A.J.F. (1986).** Factors affecting the body composition of growing and adult animal. *Proceedings of the Nutrition Society*, 45: 45-53.
- White, C.L.; Hanbury, C.D.; Young, P.; Phillips, N.; Wiese, S.C.; Milton, J.B.; Davidson, R.H.; Siddique, K.H.M.; Harris, D. (2002).** The nutritional value of *Lathyrus cicera* and *Lupinus angustifolius* grain for sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 99: 45-64.
- Wilches, D.; Rovira, J.; Jaime, L.; Lurueña-Martínez, M.A.; Vivar-Quintana, A.M.; Revilla, I. (2011).** Evaluation of effect of maternal rearing system on the odour profile of meat from suckling lamb. *Meat Science*, 88: 415-423.
- Wismer-Pedersen, J. (1994).** Química de los tejidos animales. Parte 5. Agua. *En: Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Price, J.F., Schweigert, B.S. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Wood, J.D.; MacFie, H.J.H.; Pomeroy, R.W.; Twinn, D.J. (1980).** Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. *Animal Production*, pp. 135-152.
- Wood, J.D.; Nute, G.R.; Richardson, R.I.; Whittington, F.M.; Southwood, O.; Plastow, G.; Mansbridge, R.; da Costa, N.; Chang, K.C. (2004).** Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*, 67: 651-667.
- 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: 343-358.
- Wottysiak, D. (2013).** Effect of age on structural properties of intramuscular connective tissue, muscle fibre, collagen content and meat tenderness in pig longissimus lumborum muscle. *Folia Biologica*, 61, 3-4: 221-226.
- Yacob, R.H.; Pethick, D.W.; Chapman, H.M. (2005).** Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 455: 543-552.
- Yang, A.; Larsen, T.W.; Tume, R.K. (1992).** Carotenoid and retinol concentrations in serum, adipose tissue and liver and carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Australian Journal of Agriculture Research*, 43: 1809-1817.
- Yarali, E.; Yilmaz, O.; Cemal, I.; Karaca, O.; Taşkin, T. (2014).** Meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38: 452-458.
- Young, O.A.; Braggins, T.J. (1993a).** Tenderness of ovine *semimembranosus*: Is collagen concentration or solubility the critical factor? *Meat Science*, 35: 213-222.
- Young, O.A.; Reid, D.H.; Scales, G.H. (1993b).** Effect of breed and ultimate pH on the odour and flavour of sheep meat. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 36: 363-370.
- Young, O.A.; Berdagué, J.L.; Viallon, C.; Rousset-Akrim, S.; Theriez, M. (1997).** Fat-borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat Science*, 45: 183-200.

- Yousefi, A.R.; Kohram, H.; Shahneh, A.Z.; Nik-khah, A.; Campbell, A.W. (2012).** Comparison of the meat quality and fatty acid composition of traditional fat-tailed (Chall) and tailed (Zel) Iranian sheep breeds. *Meat Science*, 92: 417-422.
- Zapletal, D.; Kuchtík, J.; Dobeš, I. (2010).** The effect of genotype on the chemical and fatty acid composition of the Quadriceps femoris muscle in extensively fattened lambs. *Archive Tierzucht*, 53: 589-599.
- Zembayashi, M.; Lunt, D.K.; Smith, S.B. (1999).** Dietary tea reduces the iron content of beef. *Meat Science*, 53: 221-226.
- Zervas, G.; Hadjigeorgiou, I.; Zabeli, G.; Koutsotolis, K.; Tziala, C. (1999).** Comparison of a grazing-with an indoor-system of lamb fattening in Greece. *Livestock Production Science*, 61: 245-251.
- Zervas, G.; Tsiplakou, E. (2011).** The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101: 140-149.
- Žgur, A.; Cividini, A.; Kompan, D.; Birtič; D. (2003).** The effect of live weight at slaughter and sex on lambs carcass traits and meat characteristics. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 68: 155-159.
- Zhang, R.; Große-Brinkhaus, C.; Heidt, H.; Uddin, M.J.; Cinar, M.U.; Tesfaye, D.; Tholen, E.; Looft, C.; Schellander, K.; Neuhoﬀ; C. (2015).** Polymorphisms and expression analysis of SOX-6 in relation to porcine growth, carcass, and meat quality traits. *Meat Science*, 107: 26-32.
- Zhou, G.H.; Yang, A.; Tume, R.K. (1993).** A relationship between bovine fat colour and fatty acid composition. *Meat Science*, 35: 205-212.
- Zishiri, O.T.; Cloete, S.W.P.; Olivier, J.J.; Dzama, K. (2014).** Genetic parameters for live weight traits in South African terminal sire sheep breeds. *Small Ruminant Research*, 116: 118-125.