

39/1999-00

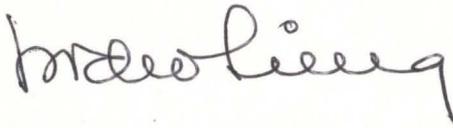
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
UNIDAD DE TERCER CICLO Y POSTGRADO

Reunido el día de la fecha, el Tribunal nombrado por el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad, el/a aspirante expuso esta TESIS DOCTORAL.

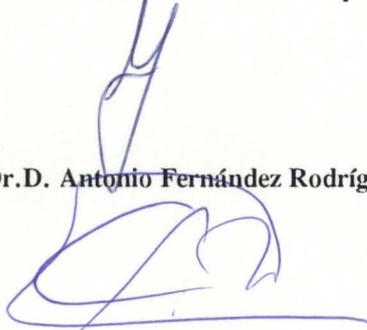
Terminada la lectura y contestadas por el/a Doctorando/a las objeciones formuladas por los señores miembros del Tribunal, éste calificó dicho trabajo con la nota de SOBRESALIENTE CUM LAUDE.

Las Palmas de Gran Canaria, a 11 de abril de 2000.

El/a Presidente/a: Dr.D. Isidro Sierra Alfranca,



El/a Secretario/a: Dr.D. Juan Francisco Capote Álvarez,



El/a Vocal: Dr.D. Antonio Fernández Rodríguez,



El/a Vocal: Dr.D. Morse Solomon, JUAN DANIEL GONZALO LOPEZ

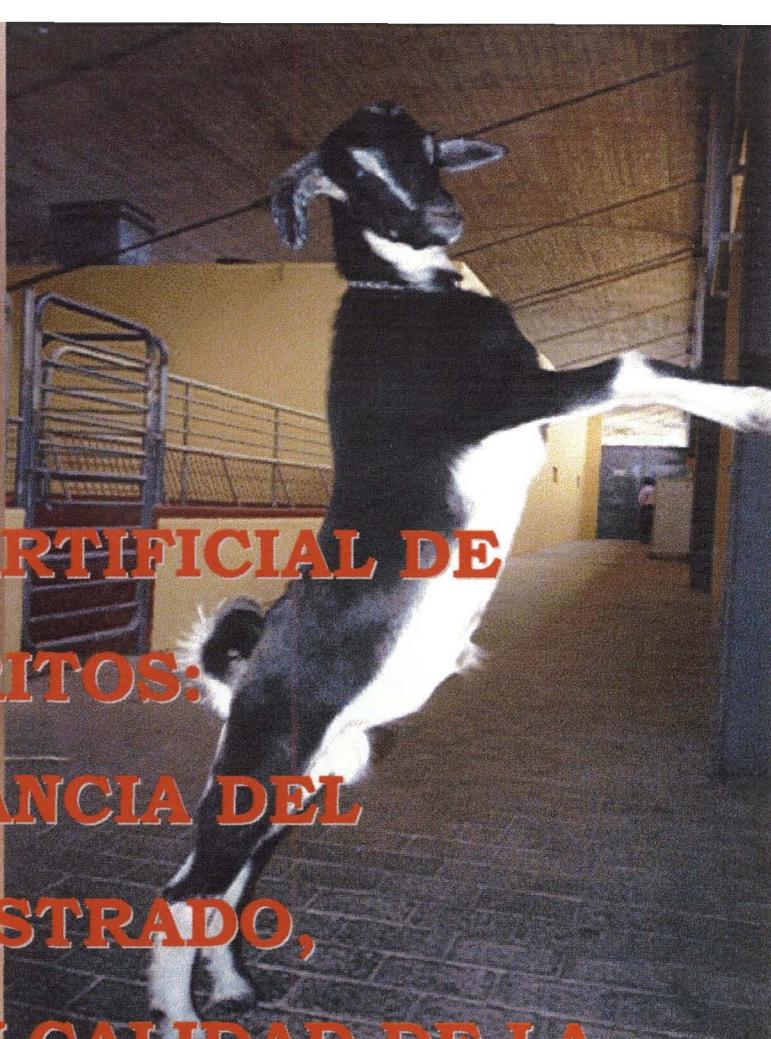


El/a Vocal: Dr.D. Carlos Sañudo Astiz,

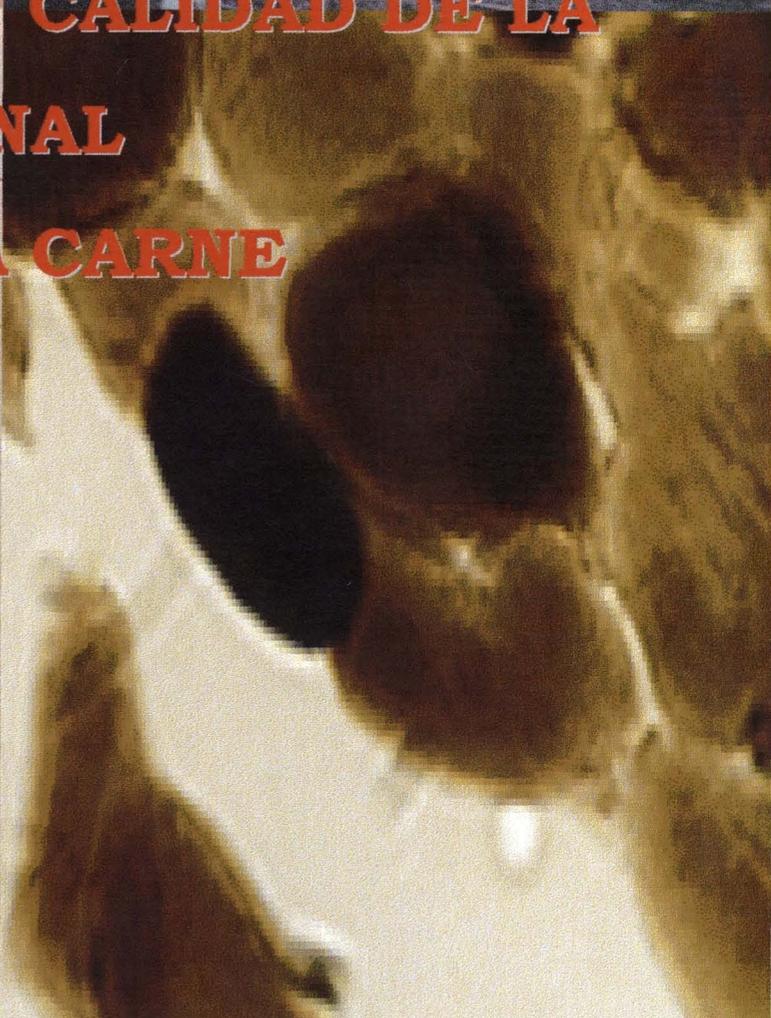
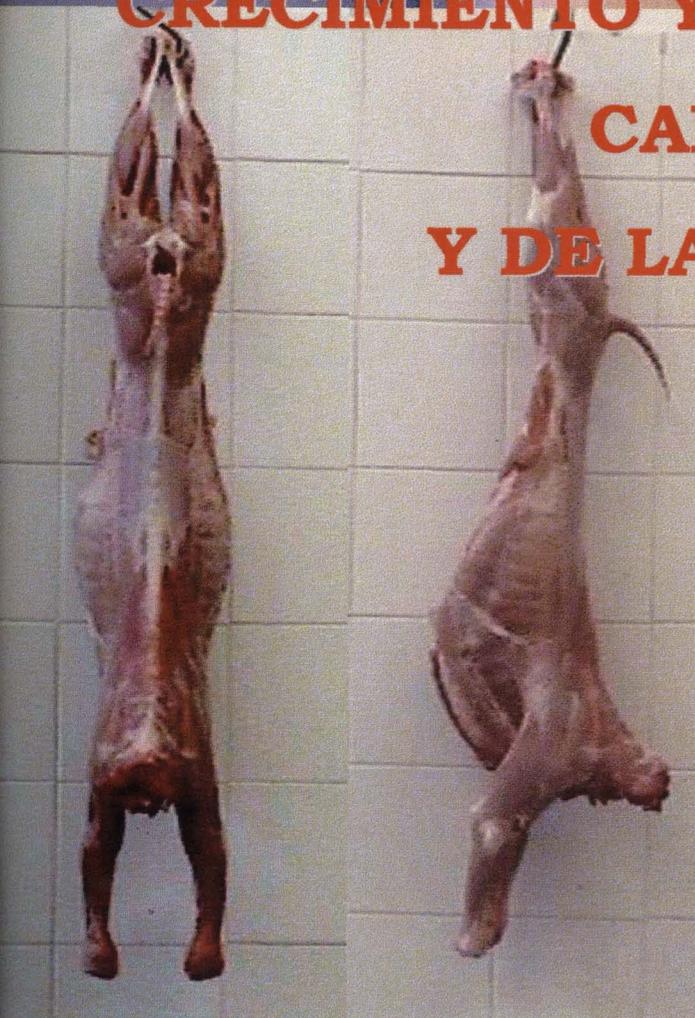


El Doctorando: D. Anastasio Carlos Argüello Henríquez,





**LACTANCIA ARTIFICIAL DE
CABRITOS:
IMPORTANCIA DEL
ENCALOSTRADO,
CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LA
CANAL
Y DE LA CARNE**





**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
DOCTORADO EN VETERINARIA**

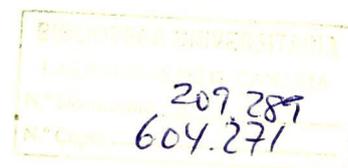
**Departamento de Patología Animal, producción Animal, Bromatología y
Tecnología de los Alimentos**

**LACTANCIA ARTIFICIAL EN CABRITOS: IMPORTANCIA DEL
ENCALOSTRADO, CRECIMIENTO Y CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA
CARNE**

TESIS DOCTORAL

**PRESENTADA POR
ANASTASIO ARGÜELLO HENRIQUEZ**

**DIRIGIDA POR
JUAN LUIS LOPEZ FERNANDEZ Y RAFAEL GINES RUIZ**



El Director

Dr. J.L. López Fernández

El Director

Dr. R. Ginés Ruiz

El Doctorando

A. Argüello Henríquez

Arucas a 10 de marzo del 2000

A Angeles,
Tacho y Pimpina

Agradecimientos

En mi opinión, el trabajo realizado en una Tesis Doctoral en muy pocas ocasiones es fruto de una labor individual. Este trabajo que aquí se presenta es un claro ejemplo de lo que nosotros hemos denominado “trabajo en equipo”. Jamás este estudio se podría haber llevado a cabo sin la ayuda, colaboración y asistencia de las personas que a continuación se relatan.

En primer lugar, he de dar las gracias a mis directores, Juan Luis y Rafael. Juan Luis desde un primer momento, allá por el año 88, me brindó todo lo que él tenía e incluso en muchos casos lo que no tenía. A él le debo mi inquietud por la ciencia y en particular por la Producción Animal. Supo sembrar la semilla del pensamiento deductivo en mí, la cual parece que hoy comienza a echar raíces. Rafael, por otro lado, ha cultivado en mí, el afán por la tenacidad y la precisión en los trabajos que se me han encomendado. En definitiva, doy las gracias a dos amigos y maestros por lo que he recibido de ellos, esperando algún día y de alguna forma, devolverles lo que con total generosidad me han dado.

Existen tres personas que han marcado mi trayectoria en la vida, y por lo tanto no han de quedar fuera de este apartado, son mis padres Pimpina y Tacho y mi mujer Angeles. A mis padres les debo en primer lugar, mi formación como persona, siempre inculcándome valores de los que hoy en día me siento muy orgulloso, y en segundo lugar les debo agradecer mi formación académica, conseguida gracias a su trabajo, desvelos y preocupaciones, que sé que fueron muchos y variados aunque se me quisieran ocultar en muchos momentos, sin eso hoy en día no podría estar aquí defendiendo este trabajo. Angeles ha sido en los últimos años de mi vida la persona del constante aliento, del continuo apoyo, del incesante afecto. Ella me ha soportado desde el final de mis estudios hasta la actualidad y en todo momento se ha mantenido a mi lado, no con adulación sino practicando una de sus mayores virtudes “la critica constructiva”. En ningún momento ha flaqueado en su apoyo y comprensión, es por lo que desde lo mas profundo de mi ser considero este trabajo tanto suyo como mío.

A Juan Capote aparte de la amistad que nos une, quiero agradecerle la confianza que siempre ha puesto en mi y la gran cantidad de modelos que ha puesto en mi vida tanto desde un punto de vista profesional como personal. En él los conocimientos nunca están inactivos, siempre en contante movimiento los expulsa sobre la gente que se encuentra a su alrededor, al igual que el Garoé aporta pensamientos y conocimientos a los que los necesitamos.

A los compañeros del Departamento Juanma y Susa, les debo mis escasos conocimientos estadísticos y les he de agradecer el trabajo y el tesón que han puesto en esta Tesis.

A Noemí y Angeles, mis compañeras y amigas les agradezco el enorme trabajo que han desarrollado en la realización de este estudio, el cual pueden considerar suyo. También he de estar agradecido por la amistad con la que me han dispensado durante todo este tiempo, y por su capacidad de aguante para soportarme, incluso en mis peores momentos.

A Natalia Martín por ser la primera persona que con la que colaboré en la línea de estudio del calostro, su capacidad de trabajo y su inteligencia me enseñaron mucho.

A todo el personal del ICIA, Marichu, Agustín, Coe, José Manuel, Pilar y Arturo agradecerles la paciencia que han demostrado para conmigo y la importantísima labor de análisis químico de los calostros, a todos ellos gracias.

A todo el equipo de Granja de la Facultad de Veterinaria, Juan, Antonio, Luis, Pepa, Ventura y en especial a Lala por su constante compromiso con el presente trabajo en las tareas relacionadas con los cabritos.

A todos aquellos alumnos, que de una manera u otra, durante los últimos años han venido colaborando con nuestra unidad y en especial con esta Tesis.

A Félix por su encomiable ayuda en la inmunización de los conejos, a Pedro por su interés en el trabajo y consejos en el apartado de la histología y a todos aquellos que el olvido no me permite recordar, gracias de todo corazón.

El ganado caprino dentro del sector agropecuario Canario (261271 cabezas en 1996, ISTAC, 1999) supone del orden del 6% de la Producción Final Agraria y del orden del 27 % de la Producción Final Ganadera. A su vez, la producción de carne representa el 10% de la Producción Final Caprina mientras que el 90% restante corresponde a la producción de leche. En Canarias y durante 1996 se sacrificaron 244730 caprinos, que aportaron 3456 Tm de peso vivo. El peso canal habitual de los cabritos lechales, tal como ha sido reseñado por López (1990), es muy bajo ya que se encuentra en torno a 3.5 kg. Sin embargo la evolución de la producción de carne de cabra en el Archipiélago parece que muestra una tendencia alcista paralela a la de la producción total de carne.

A la vista de este reparto económico se deduce fácilmente que la principal vocación y en la que se ha puesto la mayor parte del esfuerzo selectivo del ganado caprino Canario es la lechera, mientras que la producción cárnica raya la marginalidad. No obstante, se puede mejorar sustancialmente esta producción, tanto en cantidad como en calidad, lo cual supondría una fuente adicional de ingresos nada despreciable para los ganaderos.

La lactancia artificial en el ganado caprino, al contrario que en el vacuno y ovino, es una práctica escasamente utilizada. En los últimos años, y con el incremento de los precios de la leche de cabra, parece que esta forma de alimentación ha cobrado una cierta importancia en nuestro Archipiélago.

Algunos autores han descrito las ventajas de este tipo de lactancia (Ocio y Moreno, 1983; Moreno, 1989), destacando que se puede criar con éxito a los cabritos con un lactorreemplazante de menor precio que la leche de cabra, que permite un buen control higiénico-sanitario y que favorece la cría de animales procedentes de partos múltiples. Además, en el caso de Canarias, aumentaría el rendimiento económico debido al sacrificio temprano, con la cosecuente baja calidad del producto (López, 1990).

En estas circunstancias, se hacía imprescindible realizar un estudio que permitiera valorar los resultados consecuentes de la aplicación de la lactancia artificial, incidiendo en los aspectos de mayor repercusión en las ganaderías del archipiélago.

El abordar la lactancia artificial conduce a la separación lo más precoz posible de madre-hijo para evitar el establecimiento de la relación materno filial (Ramírez y col., 1996), con lo cual se favorece la adaptación a las tetinas de amamantamiento y conducta de succión. Este sistema de manejo implica tener que suministrar artificialmente el calostro, bien procedente de su propia madre o bien previamente conservado, siendo esta última práctica de especial interés en zonas con alta presencia de ciertas patologías (Guerrault, 1990). Así pues el establecimiento de la calidad del calostro desde un punto de vista inmunizante y energético, junto con la necesidad de conocer a priori, y mediante un método de fácil realización por el ganadero, su riqueza en IgG, son dos aspectos que deben abordarse dentro de un estudio pormenorizado de la lactancia artificial.

También se hace necesario realizar investigaciones relacionadas con el efecto combinado de la lactancia artificial y el incremento del peso sacrificio, así como con el conocimiento en profundidad de las canales y carnes mas pesadas.

Por todo ello se planteó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- 1.- Caracterizar desde un punto de vista fisico-químico la evolución del calostro y evaluar la adquisición de inmunidad pasiva a través del tiempo por parte de los cabritos, según el tipo de encalostado empleado.
- 2.- Generar un método de fácil uso en granja que indique la cantidad de IgG presente en el calostro.
- 3.- Valorar los principales factores de variación que afectan al crecimiento e índice de conversión de los cabritos de la ACC bajo condiciones de lactancia artificial.
- 4.- Evaluar el efecto del incremento del peso vivo sacrificio y de la alimentación con lactancia artificial sobre el rendimiento canal y calidad de la misma.
- 5.- Estudiar de la calidad de la carne a nivel físico, químico e histológico de los cabritos de 6 a 10 kg de la Agrupación Caprina Canaria, teniendo en cuenta el efecto que el incremento del peso vivo y el tipo de lactancia tienen sobre las mismas

CAPÍTULO I. IMPORTANCIA DEL ENCALOSTRADO	1
RESUMEN	3
SUMMARY	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. SÍNTESIS DEL CALOSTRO	9
2.2. CONCENTRACIÓN DE IG EN SANGRE DE CABRA	9
2.3. FUNCIONES DEL CALOSTRO	10
2.3.1. <i>Transferencia de inmunidad pasiva</i>	10
2.3.1.1. Viabilidad	11
2.3.2. <i>Transferencia de inmunidad celular</i>	12
2.3.3. <i>Elevación de la temperatura corporal</i>	12
2.3.4. <i>Establecimiento de la relación materno filial</i>	13
2.3.5. <i>Expulsión de los meconios</i>	13
2.4. FACTORES DE VARIACIÓN EN LA PRODUCCIÓN CUANTITATIVA DE CALOSTRO	14
2.4.1. <i>Genotipo</i>	14
2.4.2. <i>Número de parto</i>	14
2.4.3. <i>Peso del animal</i>	14
2.4.4. <i>Alimentación</i>	14
2.4.4.1. <i>Administración de vitaminas y minerales</i>	14
2.4.4.2. <i>Alimentación anteparto</i>	15
2.4.5. <i>Longitud de la gestación y del periodo de secado</i>	15
2.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	15
2.5.1. <i>Proteína</i>	15
2.5.2. <i>Inmunoglobulinas (Ig)</i>	16
2.5.2.1. <i>Introducción</i>	16
2.5.2.2. <i>Clasificación de las inmunoglobulinas</i>	16
2.5.2.3. <i>Evolución de la concentración de Ig en el calostro</i>	19
2.5.2.4. <i>Métodos de valoración indirecta de la concentración de IgG</i>	19
2.5.3. <i>Grasa</i>	20
2.5.4. <i>Lactosa</i>	21
2.5.5. <i>Evolución de la concentración de Proteína, Grasa, Lactosa y cenizas en los primeros días postparto</i>	21
2.5.6. <i>Factores de variación de la composición química del calostro</i>	24
2.5.6.1. <i>Genotipo</i>	24
2.5.6.2. <i>Nutrición durante el secado</i>	25
2.5.6.3. <i>Número de lactación</i>	26
2.5.6.4. <i>Administración de Se y Vitamina E</i>	26
2.5.6.5. <i>Prolificidad</i>	27
2.5.6.6. <i>Medio ambiente</i>	27
2.5.6.7. <i>Volumen de calostro producido</i>	27
2.5.6.8. <i>Longitud de la gestación y del periodo de secado</i>	28
2.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	28
2.7. TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA A LOS CABRITOS.....	30
2.7.1. <i>Evolución de la concentración de Ig en suero de rumiantes neonatos</i>	32
2.7.2. <i>Comienzo de la producción endógena de Ig</i>	33
2.7.3. <i>Efecto de los niveles de Ig en sangre con el crecimiento</i>	33
2.7.4. <i>Eficacia aparente en la absorción de Ig</i>	34
2.7.5. <i>Factores que afectan a la transferencia de inmunidad pasiva a los cabritos</i>	35
2.7.5.1. <i>Edad a la primera toma de calostro</i>	35
2.7.5.2. <i>Separación temprana de la madre</i>	35
2.7.5.3. <i>Tamaño de la camada y peso al nacimiento</i>	36
2.7.5.4. <i>Sexo</i>	37

2.7.5.5. Medio ambiente	38
2.7.5.6. Cantidad y calidad del calostro consumido.....	38
2.7.5.7. Alternativas al uso de calostro natural	40
2.7.5.8. Métodos de conservación del calostro	42
3. MATERIAL Y MÉTODOS	45
3.1. MATERIAL ANIMAL	45
3.2. MUESTREOS.....	48
3.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	49
3.3.1. Análisis químicos.....	49
3.3.1.1. Inmunodifusión Radial	49
3.3.1.2. Composición química del calostro.....	53
3.3.2. Análisis físicos.....	53
3.3.2.1. pH.....	53
3.3.2.2. Conductividad	53
3.3.2.3. Densidad	54
3.3.2.4. Color	54
3.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	55
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1. PARÁMETROS QUÍMICOS.....	57
4.1.1. Proteína.....	57
4.1.1.1. Inmunoglobulinas.....	59
4.1.1.2. Factores de variación de la concentración de IgG	63
4.1.2. Grasa.....	66
4.1.3. Lactosa.....	68
4.1.4. Sólidos totales	70
4.1.5. Variabilidad de los componentes químicos calostrales.....	72
4.2. PARÁMETROS FÍSICOS.....	74
4.2.1. Densidad.....	74
4.2.2. pH.....	75
4.2.3. Conductividad eléctrica.....	76
4.2.4. Color	77
4.2.5. Variabilidad de los componentes físicos del calostro	79
4.3. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES QUÍMICAS Y FÍSICAS CALOSTRALES EN LA ACC.....	80
4.3.1-. Predicción de la concentración de IgG en el calostro caprino.....	82
4.4. TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA.....	85
4.4.1. Factores de variación de la concentración sérica de IgG.....	89
4.4.1.1. Peso al nacimiento y prolificidad.....	89
4.4.1.2. Sexo	92
4.4.1.3. Viabilidad	92
4.4.2. Correlaciones entre la IgG consumida y sérica	93
5. CONCLUSIONES	97
6. BIBLIOGRAFÍA	99
7. ANEXO	117
CAPÍTULO II.- CRECIMIENTO.....	119
RESUMEN	121
SUMMARY	122
1. INTRODUCCIÓN	123

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	127
2.1. DEFINICIÓN DE CRECIMIENTO	127
2.2. REPRESENTACIÓN DEL CRECIMIENTO	127
2.3. GANANCIA MEDIA DIARIA (GMD)	129
2.4. DESARROLLO DE LOS PREESTÓMAGOS	129
2.5. FACTORES QUE AFECTAN AL CRECIMIENTO CON ESPECIAL REFERENCIA A LA LA	131
2.5.1. <i>Tipo de parto y peso al nacimiento</i>	131
2.5.2. <i>Genotipo</i>	132
2.5.3. <i>Estado fisiológico</i>	132
2.5.4. <i>Edad</i>	132
2.5.5. <i>Sexo</i>	133
2.5.6. <i>Efecto madre</i>	133
2.5.7. <i>Alimentación</i>	134
2.5.8. <i>Concentración del lactorreemplazante</i>	135
2.5.9. <i>Número de tomas y temperatura de la leche</i>	136
2.5.10. <i>Instalaciones y medio ambiente</i>	137
2.5.11. <i>Forma de administración y tipos de lactorreemplazante</i>	137
3. MATERIAL Y MÉTODOS	141
3.1. ANIMALES.....	141
3.2. MANEJO Y ALIMENTACIÓN DE LOS CABRITOS	141
3.3. CONTROLES REALIZADOS	143
3.4. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	144
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	145
5. CONCLUSIONES	161
6. BIBLIOGRAFÍA.....	163
CAPITULO III.- CALIDAD DE LA CANAL.....	171
RESUMEN	173
SUMMARY	174
1. INTRODUCCIÓN	175
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	179
2.1. PESO Y RENDIMIENTO CANAL	179
2.1.1. <i>Factores de variación intrínsecos del Rendimiento Canal</i>	183
2.1.1.1. <i>Genotipo</i>	183
2.1.1.2. <i>Sexo</i>	183
2.1.1.3. <i>Edad al sacrificio</i>	184
2.1.2. <i>Factores de variación extrínsecos del Rendimiento Canal</i>	184
2.1.2.1. <i>Método de crianza</i>	184
2.1.2.2. <i>Alimentación</i>	185
2.1.2.3. <i>Castración</i>	185
2.1.2.4. <i>Ayuno</i>	186
2.2. CONFORMACIÓN DE LA CANAL CAPRINA	186
2.2.1. <i>Factores de variación intrínsecos de la conformación</i>	190
2.2.1.1. <i>Genotipo</i>	190
2.2.1.2. <i>Sexo</i>	191
2.2.1.3. <i>Peso canal</i>	191
2.2.2. <i>Factores de variación extrínsecos de la conformación</i>	192

2.2.2.1. Método de crianza.....	192
2.2.2.2. Alimentación.....	193
2.3. COMPOSICIÓN ANATÓMICA O REGIONAL DE LA CANAL.....	193
2.3.1. Factores de variación intrínsecos de la composición regional.....	196
2.3.1.1. Genotipo	196
2.3.1.2. Sexo	196
2.3.1.3. Edad al sacrificio	197
2.3.2. Factores de variación extrínsecos de la composición regional	197
2.3.2.1. Alimentación.....	197
2.3.2.2. Método de crianza.....	197
2.4. COMPOSICIÓN TISULAR.....	198
2.4.1. Métodos de determinación	198
2.4.2. Relación músculo/hueso.....	199
2.4.3. Factores de variación intrínsecos de la composición tisular	200
2.4.3.1. Genotipo	200
2.4.3.2. Sexo	201
2.4.3.3. Peso vivo sacrificio	202
2.4.4. Factores de variación extrínsecos de la composición tisular.....	202
2.4.4.1. Método de crianza.....	202
2.4.4.2. Alimentación.....	203
3. MATERIAL Y MÉTODOS	205
3.1. MATERIAL ANIMAL	205
3.2. METODOLOGÍA	205
3.2.1. Rendimiento Canal	205
3.2.2. Conformación	206
3.2.3. Composición Regional.....	209
3.2.4. Composición Tisular.....	211
3.2.5. Tratamiento estadístico.....	212
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	215
4.1. PESO Y RENDIMIENTO CANAL.....	215
4.2. QUINTO CUARTO (FIGURA 6)	219
4.2. CONFORMACIÓN	223
4.4. COMPOSICIÓN REGIONAL.....	225
4.5. COMPOSICIÓN TISULAR	230
4.5.1. Relación músculo/hueso (M/H).....	234
4.5.2. Composición tisular de las piezas	235
5. CONCLUSIONES	243
6. BIBLIOGRAFÍA	245
CAPÍTULO IV. CALIDAD DE LA CARNE	257
RESUMEN	259
SUMMARY	260
1. INTRODUCCIÓN	261
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	263
2.1. ESTRUCTURA ANATOMOFISIOLÓGICA DEL MÚSCULO	263
2.2. CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE.....	267
2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE.....	269
2.3.1. Humedad, proteína y grasa	269

2.3.1.1. Factores de variación intrínsecos de la humedad, proteína y grasa.	270
2.3.1.2. Factores de variación extrínsecos de la humedad, proteína y grasa	271
2.3.2. <i>Colágeno</i>	272
2.3.2.1. Factores de variación intrínsecos del porcentaje y solubilidad del colágeno.....	272
2.3.2.2. Factores extrínsecos de variación del contenido y solubilidad del colágeno.....	273
2.4. COMPOSICIÓN FIBRILAR DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO ESTRIADO	274
2.4.1. <i>Tipos de fibras en el músculo esquelético</i>	274
2.4.2. <i>Desarrollo postnatal y tipos de fibras musculares</i>	279
2.4.3. <i>Factores de variación intrínsecos de la composición fibrilar del músculo</i> ..	281
2.4.3.1. <i>Sexo</i>	281
2.4.3.2. <i>Genotipo</i>	282
2.4.3.3. <i>Edad</i>	284
2.4.4. <i>Factores de variación extrínsecos de la composición fibrilar del músculo</i> ..	285
2.4.4.1. <i>Alimentación</i>	285
2.4.4.2. <i>Ejercicio</i>	286
2.4.4.3. <i>Músculo testado</i>	286
2.5. RELACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FIBRILAR DEL MÚSCULO CON LA CALIDAD DE LA CARNE	287
2.5.1. <i>Composición química</i>	287
2.5.2. <i>pH</i>	289
2.5.3. <i>Dureza</i>	289
2.5.4. <i>Capacidad de retención de agua (CRA)</i>	290
2.5.5. <i>Color</i>	290
2.6. TERNEZA	291
2.6.1. <i>Factores de variación intrínsecos de la terneza</i>	291
2.6.1.1. <i>Genotipo</i>	291
2.6.1.2. <i>Sexo</i>	292
2.6.2. <i>Factores de variación extrínsecos de la terneza</i>	292
2.6.2.1. <i>Hormona de crecimiento</i>	292
2.6.2.2. <i>Peso sacrificio</i>	293
2.6.2.3. <i>Destete</i>	293
2.6.2.4. <i>Condición corporal</i>	293
2.6.2.5. <i>Alimentación</i>	293
2.6.2.6. <i>Tratamientos postmortem</i>	294
2.6.2.7. <i>Ejercicio</i>	295
2.6.2.8. <i>Músculo testado</i>	295
2.7. <i>pH</i>	295
2.7.1. <i>Factores de variación intrínsecos del pH</i>	296
2.7.1.1. <i>Genotipo</i>	296
2.7.1.2. <i>Sexo</i>	296
2.7.2. <i>Factores de variación extrínsecos del pH</i>	297
2.7.2.1. <i>Estrés</i>	297
2.7.2.2. <i>Alimentación</i>	297
2.7.2.3. <i>Electroestimulación</i>	298
2.7.2.4. <i>Ejercicio</i>	298
2.7.2.5. <i>Músculo testado</i>	298
2.7.2.6. <i>Destete</i>	298
2.7.2.7. <i>Peso sacrificio</i>	298
2.8. COLOR	299
2.8.1. <i>Factores de variación intrínsecos del color</i>	301
2.8.1.1. <i>Genotipo</i>	301
2.8.1.2. <i>Sexo</i>	302
2.8.1.3. <i>Músculo</i>	302
2.8.2. <i>Factores de variación extrínsecos del color</i>	302
2.8.2.1. <i>Alimentación</i>	302
2.8.2.2. <i>Peso sacrificio</i>	303
2.8.2.3. <i>Destete</i>	303

2.8.2.4. Oreo.....	303
2.9. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).....	303
2.9.1. Factores de variación intrínsecos de la CRA.....	305
2.9.1.1. Sexo.....	305
2.9.1.2. Genotipo.....	305
2.9.2. Factores de variación extrínsecos de la CRA.....	305
2.9.2.1. Condición corporal.....	305
2.9.2.2. Destete.....	305
2.9.2.3. Peso sacrificio.....	306
3. MATERIAL Y MÉTODOS	307
3.1. MATERIAL ANIMAL.....	307
3.2. OBTENCIÓN DE MUESTRAS	307
3.3. TÉCNICAS EMPLEADAS	307
3.3.1. Color.....	307
3.3.2. CRA.....	309
3.3.3. Dureza	310
3.3.4. pH.....	310
3.3.5. Composición fibrilar.....	311
3.3.5.1. Preparación de las muestras.....	311
3.3.5.2. Tinciones empleadas.....	312
3.3.5.3. Análisis morfométrico	313
3.3.6. Composición química	313
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	315
5. CONCLUSIONES	335
6. BIBLIOGRAFÍA	337

Capítulo I. Importancia del encalostrado



Resumen

Las 60 cabras que participaron en la experiencia, entre 1ª y 5ª lactación, pertenecían a la Agrupación Caprina Canaria (ACC) y fueron manejadas bajo condiciones intensivas y racionadas según el INRA. De cada animal se obtenía 300 ml de calostro de las dos mamas en el momento del parto, y posteriormente con una periodicidad de 12 h hasta las 132 h del mismo. Dicha muestra era dividida en tres partes, a fin de determinar sus características químicas (proteína, grasa, lactosa y sólidos totales), físicas (densidad, pH, conductividad eléctrica, luminosidad, Cromo y Hue) y la concentración de IgG por medio de inmunodifusión radial. Las crías de estos animales fueron divididos en cuatro lotes de 12 cabritos cada uno y encalostrados de forma natural (LN), artificial *ad libitum*, (EAAL), artificial restringida (EAR) y artificial comercial (EAC). De cada cabrito se obtenía mediante punción en la vena yugular, 3 ml de sangre en el momento del parto y posteriormente con una periodicidad de 12 horas hasta las 84 h post-parto a fin de determinar en el suero obtenido su contenido en IgG. Los resultados obtenidos mostraron que el calostro de la ACC es semejante al de las principales razas lecheras, sufriendo en las 36 primeras horas post-parto las mayores transformaciones químicas (9.6% de proteína, 8.0 % de grasa y 4.0% de lactosa al parto; 5.7%, 6.7% y 4.5% respectivamente a las 36 h y 4.2%, 5.9% y 4.7% respectivamente a las 132h post-parto) y especialmente la IgG calostrual pasando de 36 mg/ml en el momento del parto a 10 mg/ml a las 36 h y tan solo 1.3 mg/ml a las 132 h, siendo destacable la alta variabilidad individual encontrada en este parámetro, con un coeficiente de variación medio del 77%. Respecto a su caracterización a nivel de campo, la densidad, el pH y especialmente el componente de color Cromo parecen ser los indicadores más fiables y cómodos de evaluar la calidad en IgG calostrual dado los altos coeficientes de determinación encontrados ($r^2=0.9$). En relación con la inmunidad pasiva, el EAR, no presenta diferencias estadísticamente significativas frente a LN y EAAL, favoreciendo claramente el manejo de la lactancia artificial, obteniendo tasas que oscilan entre los 17 y 20 mg/ml a las 36 h de vida, pareciendo que ni el peso al nacimiento, prolificidad y sexo tengan efecto sobre él, siempre que la cantidad de calostro no sea un factor limitante. Por contra el EAC no genera ninguna tasa de IgG sanguínea en los cabritos en el periodo estudiado. Por último, para conservar calostro es recomendable que sea el obtenido dentro de las 36 primeras horas post-parto.



Summary

Sixty goats between 1st and 5th lactation days of Canary Caprine Group were used in this experience. They were management in intensive conditions and feeding according the INRA. We get 300 ml of colostrum of both teats in each animal at the birth time and subsequent each 12-h until 132 h.

This sample was divided in the three fractions in order to get its chemistry characteristic (protein, fat, lactose and total solid), its physical characteristic (electricity conductivity, pH, density, lightness, Croma y Hue) and IgG concentration using Radial immunodifusion. The kids were divided into four groups (n=12) and colostrum feeding with natural method (LN), artificial lactation *ad libitum* (EAAL), restricted artificial lactation (EAR) and commercial artificial (EAC). 3 ml of blood were getting of jugular vein in each kids at birth and each 12h until 84 post-partum in order to get its IgG concentration.

The results showed that ACC's colostrum was similar at the main milking breeds, it had higher chemistry transformation during the first 36 hours (9.6% protein, 8.0% fat and 4% of lactose; 5.7%, 6.7%, 4.5% respectively at 36 hours and 4.2%, 5.9% and 4.7% respectively at 132 post-partum) and mainly IgG colostrum that change from 36 mg/ml at birth until 1.3mg/ml at 132 h. This parameters presents high individual variability with a Variation coefficient of 77%. Density, pH and colour Croma it would be the best characterisation, for easy and accuracy prediction of Ig G colostral with $r^2= 0.9$. Passive immunity in EAR no statistical significant difference compare with LN and EAAD. These values were about 17 and 20 mg/ml at 36 h life. If colostrum isn't a limit element, weight at birth, prolificity and sex, haven't effect on passive immunity. No blood IgG during period of study appears in EAC. It is recommend preserve colostro of first 36 hours.



1. Introducción

Desde 1991 (Fabelo y col. 1992), la Unidad de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ha venido trabajando primero en la Granja Experimental del Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote y posteriormente en las instalaciones propias de la ULPGC a nivel experimental en la aplicación de la lactancia artificial en cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC). Tras obtener unos resultados viables tanto para los animales destinados a sacrificio como los de reposición, es decir con una aplicación práctica interesante para la vocación lechera de la ACC (Figura 1), se plantea en profundidad el estudio del calostro y el encalostrado, técnicas a las cuales se dedica este capítulo.



Figura 1. Aptitud lechera de la ACC.

Nuestra experiencia nos ha conducido a la separación cuanto más precoz posible de madre-hijo, con lo cual se anula o disminuye en gran medida el vínculo materno-filial que se establece en las primeras horas postparto (Ramírez y col., 1996), con lo cual se favorece la aceptación a las tetinas de amamantamiento y conducta de succión. Este sistema de manejo implica tener que suministrar artificialmente el calostro, bien procedente de su propia madre o bien previamente refrigerado o congelado para su conservación. Esta última práctica resulta de especial interés en aquellas zonas donde la presencia de patologías tales como CAEV, Paratuberculosis,



Micoplasmosis etc., están presentes, ya que una vía de transmisión directa es a través del calostro (Guerrault, 1990).

Lo comentado anteriormente nos ha conducido a evaluar en el tiempo la calidad del calostro desde un punto de vista inmunizante y no menos importante energético, ya que es conocida la menor capacidad de los cabritos, en comparación con otras crías de rumiantes, para adaptarse a las bajas temperaturas (Muller y McCutcheon, 1991).

El calostro, primera secreción de la ubre tras el parto en las hembras de los mamíferos cumple diversas funciones, entre las que destacan el aporte de inmunoglobulinas (Ig) en las primeras horas tras el nacimiento, fuente energética y favorecer la eliminación de los meconios (Brown, 1978; O'Brien y Sherman, 1993). En el caso del ganado caprino, se ha evaluado cual es la concentración sérica de anticuerpos tras la ingestión de los calostros necesaria para evitar el síndrome de fallo de la transferencia de la inmunidad pasiva, estimándose entre 80 y 120 mg/ml (Morand-Fehr, 1984; O'Brien y Sherman, 1993).

Por otro lado se plantea la necesidad de conocer a priori y mediante un método de fácil realización por el ganadero, la riqueza en IgG del calostro a aportar a los cabritos. Muchos han sido los métodos propuestos, avanzándose mucho en los laboratoriales que requieren un aparataje caro y relativamente sofisticado no desarrollándose convenientemente la determinación en granja, que debe ser barata y sencilla.

A la vista de la situación descrita anteriormente, en el presente trabajo se plantean estos objetivos:

1.- Caracterizar desde un punto de vista físico-químico (Color, densidad, pH, conductividad eléctrica y composición química), la evolución del calostro desde el momento del parto hasta su transformación en leche.

2.- Evaluar la adquisición de inmunidad pasiva a través del tiempo por parte de los cabritos según el tipo de encalostrado empleado.



3.- Generar un método de fácil uso en granja que indique la cantidad de IgG presente en el calostro, bien a suministrar a los cabritos bien a conservar para su posterior uso.



2. Revisión bibliográfica

2.1. Síntesis del calostro

Hacia la décima semana antes del parto, la ubre comienza a manifestar signos externos de producción de leche, comenzando la producción de un líquido de similares características a la leche y con altas concentraciones de Ig (Fleet y col., 1975). La incorporación de IgG₁ al calostro parece estar regulada por los niveles de estrógenos y progesterona, mediante un transporte selectivo desde la sangre (Butler, 1969; Butler y col., 1971; Kiddy y col., 1971; Smith y Larson, 1975; Micusan y Borduas, 1977), provocando que los niveles de Ig en la misma disminuyan. En vacas lecheras esta disminución se ha cuantificado entre 3.2 a 2.6 g/l menos de sus valores habituales (Lacetera y col., 1996). Por el contrario, y trabajando con ganado ovino (Sawyer y col., 1977) no encontraron correlaciones entre la concentración de IgG e IgM en sangre y calostro.

Este mecanismo de transferencia selectiva de IgG₁, se ha utilizado en ganado caprino, para vacunando a las madres obtener calostros con gran cantidad de inmunidad específica frente a determinados patógenos (Vihan, 1993).

2.2. Concentración de Ig en sangre de cabra

Micusan y Borduas (1977) observaron que la concentración media de IgG en sangre de cabra no preñada fue de 19.97 ± 1.55 mg/ml (representando la IgG₁ el 55% de las Ig presentes), mientras que en el calostro era de 53.27 ± 5.30 mg/ml. En cabras preñadas la evolución de la concentración de IgG en sangre antes del parto fue ascendente entre las 8 y las 5 semanas anteparto, siendo descendente desde este momento hasta el parto.

En ovejas Finnish x Dorset Horn, Ciupercescu (1977) encontró una evolución similar, si bien la concentración de Ig sanguíneas mostró un incremento en su nivel hasta los dos meses anteparto, descendiendo posteriormente de una manera ligera hasta los 15 días anteparto y drástica desde ese momento hasta el parto. Esta evolución fue



experimentada solamente por la IgG₁, dado que la IgG₂ no sufrió oscilaciones a lo largo de la preñez.

En cabras nativas Coreanas, Ha y col. (1986) encontraron un ligero incremento en la concentración sérica de IgG, pasando de 7.36 y 6.58 mg/ml (primíparas y multíparas respectivamente) en el momento del parto a 11.58 y 12.86 mg/ml a las 120 horas postparto. Resultados similares fueron citados por Rabbani y col. (1990). Este ascenso en los niveles de IgG tras el parto, puede ser explicado según Logan y col. (1981a) y Meiron y col. (1977), al cese en el transporte masivo de IgG desde la sangre al calostro o bien a la desaparición de la degradación provocada por el estrés del parto.

Por tanto, se establece una relación inversa entre los niveles de IgG en la sangre y calostro, de tal forma que durante el final de la gestación la concentración sérica de inmunoglobulinas desciende mientras la calostrual incrementa, dándose la situación inversa tras el parto. Esta aseveración ha sido puesta de manifiesto Ha y col. (1986) en ganado caprino ($r=-0.27$) y por Kiddy y col. (1971) en vacuno ($r=-0.43$).

2.3. Funciones del calostro

2.3.1. Transferencia de inmunidad pasiva

En el caso de los rumiantes, las Ig presentes en el calostro consumido las primeras 24 horas de vida, son la mayor fuente de Ig séricas en los terneros en las primeras semanas de vida (Tizard, 1992).

Los cabritos dependen de la absorción de Ig calostrales para su protección contra enfermedades infecciosas, durante las primeras semanas de vida (Nandakumar y Rajagopalaraja, 1983; Vihan, 1988). En el momento del nacimiento los cabritos son agammaglobulinémicos (Constant y col., 1994), aunque algunos autores han encontrado pequeñas concentraciones de Ig en suero antes de la ingestión de calostros (Guerrault; 1990; Sherman y col., 1990). Sin embargo, Rowan y col. (1994) afirmaron que la crianza con éxito de cabritos sin consumo de calostro y alimentación con leche de vaca es posible, siempre y cuando se les provea de tratamientos antiinfecciosos adecuados.



Las Ig vehiculizadas en el calostro, aportan al neonato una fuente de defensas que él es aún incapaz de producir. Además de la acción sistémica, las Ig (IgM e IgA) también realizan una acción local, la cual quedó demostrada en terneros por Babiuk y col. (1990). Dicha acción local es potencialmente preventiva, no curativa (en el caso de los terneros) como así ha sido demostrado por Osame y col. (1991).

2.3.1.1. Viabilidad

Una de las principales funciones que cumple el calostro, es el aporte de Ig con el objetivo de incrementar sus posibilidades de supervivencia (Tizard, 1992). La mayoría de los mamíferos, exceptuando a los humanos, conejos y conejillos de indias adquieren inmunidad pasiva en las primeras etapas de su vida sólo a través de la ingesta de calostro (Lamper, 1975; Smith y Larson, 1975; Hunter y col., 1977; Muller y Ellinger, 1981; Stott y col., 1981; Stott y Fellah, 1983). Así, son muchos los autores (Halliday, 1971; McGuire y col., 1976; Sawyer y col., 1977; Gay, 1983; Nandakumar y Rajagopalaraja, 1983; Morand-Fehr, 1984; Nocek y col. 1984; Morand-Ferh, 1989) que han demostrado que la supervivencia de cabritos, corderos o terneros depende de la correcta adquisición de inmunidad a través del calostro. En el caso concreto del ganado caprino, Dos Santos y col. (1994) trabajando en cabritos mestizos criados en Brasil encontraron unos niveles de concentración de IgG en suero, inferior en los animales que se murieron en su experimento (25.6 vs 33.11 g/l).

Para algunos autores la falta de consumo de una adecuada cantidad de calostro con una concentración suficiente de Ig es la principal causa de diversas patologías en corderos y cabritos, como el síndrome de boca mojada (García de Jalón y col., 1990), criptosporidiosis (Goyena y col., 1997; Molina y col., 1994). Por el contrario, para algunos autores (Al-Jawad y Lees, 1985) el nivel de Ig en sangre no fue un factor tan crítico en la viabilidad de los corderos, dado que aún obteniendo concentraciones muy bajas de Ig en sangre en las primeras 36 horas (aproximadamente. 5.6 g/l) sobrevivieron, al menos durante 8 semanas.



Otros autores (O'Brien y Sherman, 1993) encontraron diferencias significativas, entre cabritos (raza Alpina Francesa) que mueren y aquellos que sobreviven, en los niveles de Ig en sangre (medidos con test de turbidez en el primer mes de vida) siendo las concentraciones 75.07 mg/ml en los muertos y 143.91 mg/ml en los sanos.

2.3.2. Transferencia de inmunidad celular

A través de un estudio pormenorizado de la población celular, Gonzalo y col. (1988) encontraron en ganado ovino que la cantidad de fagocitos en el calostro era casi el doble que en leche, pudiendo estar ligada su presencia con un mecanismo de transferencia de inmunidad celular al recién nacido, lo que coincidiendo con lo expresado por otros autores (Parmely y Beer, 1977; Outteridge y Lee, 1981). Por el contrario los macrófagos presentes en el calostro cumplirían una función de protección local del intestino debido a su amplia capacidad fagocítica (Lee y Outteridge, 1981).

2.3.3. Elevación de la temperatura corporal

El papel del calostro como fuente de energía favorecedora del incremento en la temperatura corporal de los terneros ha sido evaluado por Vermorel y col. (1983), encontrando que la producción de calor en terneros mantenidos a 10°C incrementaba en un 18 y 9 % en la primera y segunda hora tras el consumo de calostro. Así pues la temprana ingesta de calostro por los terneros, aporta energía, glucosa y precursores de la misma, fundamentales en terneros nacidos en condiciones ambientales adversas (Godfrey y col., 1991)

Eales y col. (1982) trabajando con corderos, encontraron que una de las principales causas de mortalidad en las primeras horas de vida de los mismos, fue la pérdida de temperatura corporal. Estos mismos autores recomendaron como medida preventiva de estos episodios de hipotermia, un buen encalostro de los animales.

Durante las primeras horas de vida de los cabritos, ocurre una evaporación de líquidos, produciéndose una disminución en la temperatura rectal de los animales (Dos Santos y col., 1994). Un aporte



temprano de calostro a los cabritos favorece la elevación de la temperatura rectal de los mismos en las primeras horas de vida (Morand-Fehr, 1989; Dos Santos y col. 1994).

En los cabritos, con mayor importancia que en corderos, un consumo temprano de calostro se hace fundamental como aporte de energía y calor al cuerpo del animal, dado que como comentaron, Muller y McCutcheon (1991), el bajo peso al nacimiento de los cabritos, su inhabilidad para mantener la temperatura corporal alta (tras un estrés de frío) y su menor capacidad de producción de calor sugieren que los cabritos resistan con mayor dificultad a condiciones ambientales adversas. A esto hay que unir los hallazgos de Sanz y col. (1995) que demostraron que los requerimientos energéticos para el mantenimiento de la vida son muy superiores en cabritos que en corderos.

2.3.4. Establecimiento de la relación materno filial

Para Nowak y col. (1990) la ingestión temprana de calostro, hace que los corderos estén más vigorosos y activos, mejorando así las posibilidades de reconocimiento de la madre. Por el contrario, García y Goddard (1998) aportando una dosis extra de calostro artificial al nacimiento del cordero, no mejoraron el establecimiento de la relación materno-filial. Estos autores explicaron lo sucedido por un reflejo de saciedad por repleción estomacal.

2.3.5. Expulsión de los meconios

El papel que desempeña el calostro como estimulador del peristaltismo de la mucosa intestinal es de vital importancia a la hora de la expulsión de las heces que durante los últimos meses se han ido acantonando en el intestino de los cabritos y corderos (García de Jalón y col., 1990; Barza y col., 1993).



2.4. Factores de variación en la producción cuantitativa de calostro

2.4.1. Genotipo

El genotipo es uno de los factores que más tiene influencia en las producciones animales y el calostro no podía ser menos. Así Kruse (1970) ya encontró diferencias en la cantidad de calostro producido entre vacas Blancas Danesa, Roja Danesa y Jersey, siendo la raza Roja Danesa la de mayor producción.

2.4.2. Número de parto

En ganado vacuno, Kruse (1970) observó que los animales de primer parto producían una menor cantidad de calostro que los múltiparos.

En ganado ovino, Landau y col. (1997) encontraron una mayor producción de calostro en animales de tercer parto o superior ($P < 0.04$), en comparación con el primer y segundo parto.

2.4.3. Peso del animal

Dos Santos y col. (1994) obtuvieron una relación lineal ($r^2=0.41$) entre el peso de la cabra y la cantidad de calostro producido en el primer ordeño, relación que se mantenía durante las primeras 24 horas postparto ($r^2=0.40$).

2.4.4. Alimentación

2.4.4.1. Administración de vitaminas y minerales

En vacas Holstein de primera y segunda lactación, la administración de Se y vit. E en el periodo preparto, incrementa un 22% la producción de calostro (Lacetera y col., 1996), lo que para estos mismos autores representó entre otras, la posibilidad de incrementar las reservas de calostro congelado.



2.4.4.2. Alimentación anteparto

Logan (1977) encontró que las vacas que pastaban sin suplemento durante el invierno producían tres veces menos cantidad de calostro que aquellas que pasaban el invierno en aprisco y recibían suplemento de ración.

O'Doherty y Crosby (1996) y O'Doherty y col. (1997) trabajando con ovejas (cruces de Suffolk y Texel) estudiaron que la adición de proteínas en la dieta anteparto incrementó la producción cuantitativa de calostro. Por el contrario, el incremento en energía metabólica (17.8 a 19.0 Mj) no produjo ningún efecto en la producción cuantitativa de calostro en ovejas de raza Finn x Awassi (Landau y col., 1997).

2.4.5. Longitud de la gestación y del periodo de secado

Kruse (1970), trabajando con ganado vacuno, es de la opinión que ni la longitud de la gestación, ni el periodo de secado tienen efecto sobre la cantidad de calostro producido. Sin embargo en sus experiencias siempre mantiene al menos un periodo de secado de al menos 26 días.

2.5. Composición química

2.5.1. Proteína

De las proteínas presentes en el suero calostrual caprino, Gawad y col. (1986) estimaron que el 58% eran Ig y el 27% betalactoglobulinas, invirtiéndose dichos porcentajes cuando el calostro se transformaba en leche de cabra (20% frente a un 61%). Por contra Quiles y col. (1991), trabajando con raza Murciano-Granadina encontraron que el 59% de las proteínas presentes en el calostro eran caseínas. Otros autores (Ubertalle y col., 1987) en cabras Saanen y Camosciata, encontraron a la hora postparto niveles similares de Ig (39.89%) y de caseínas (38.12%). De estas últimas, Gawad y col. (1986) identificaron el 38% como alfacaseínas y el 62% como beta+kappacaseínas.



Por otra parte, dentro de las proteínas presentes en el calostro, destacan algunas enzimas, hormonas y factores de crecimiento que pudieran jugar un papel muy importante a la hora de favorecer o dificultar la absorción de las macromoléculas por parte del intestino (Bainter, 1986; Besser y Osborn, 1993). Así, en este sentido y trabajando con terneros, Brock y col. (1977), describieron la presencia de un inhibidor de la tripsina que acelera la absorción de IgG a la par que protege su degradación, así como también se ha aislado un inhibidor de la proteasa de la cisteína por parte de Kirihara y col. (1995).

2.5.2. Inmunoglobulinas (Ig)

2.5.2.1. Introducción

Las Ig son las glicoproteínas de mayor peso molecular sintetizadas (Figura 2) por las células del sistema retículo endotelial y son las principales responsables de la denominada inmunidad humoral, aquella que no está sustentada en células.

2.5.2.2. Clasificación de las inmunoglobulinas

Las Ig se clasifican según su movilidad electroforética, su peso molecular y su estructura antigénica. La clasificación más extendida es aquella basada en la presencia de distintos tipos de epítomos (antígenos de las cadenas pesadas de las Ig).

a) IgG

La IgG con un peso molecular de 160 kDa y con epítomos tipo Gamma, es la Ig de mayor presencia en sangre y calostro de los rumiantes, pudiendo llegar a representar entre el 80 y 90% del total de las Ig (Klaus y col., 1969; Neubauer y Schöne, 1979; Lacetera y col., 1996). La IgG se puede subdividir en dos subclases (IgG₁ e IgG₂) mediante métodos electroforéticos (Butler y col. 1971; Kehoe, 1971; Meckenzie, 1970). En el caso del ganado ovino (Finnish x Dorset Horn)



la IgG₂ escasamente representa el 1% de las Ig presentes en la sangre en las primeras etapas de la vida del cordero (Ciuperescu, 1977).

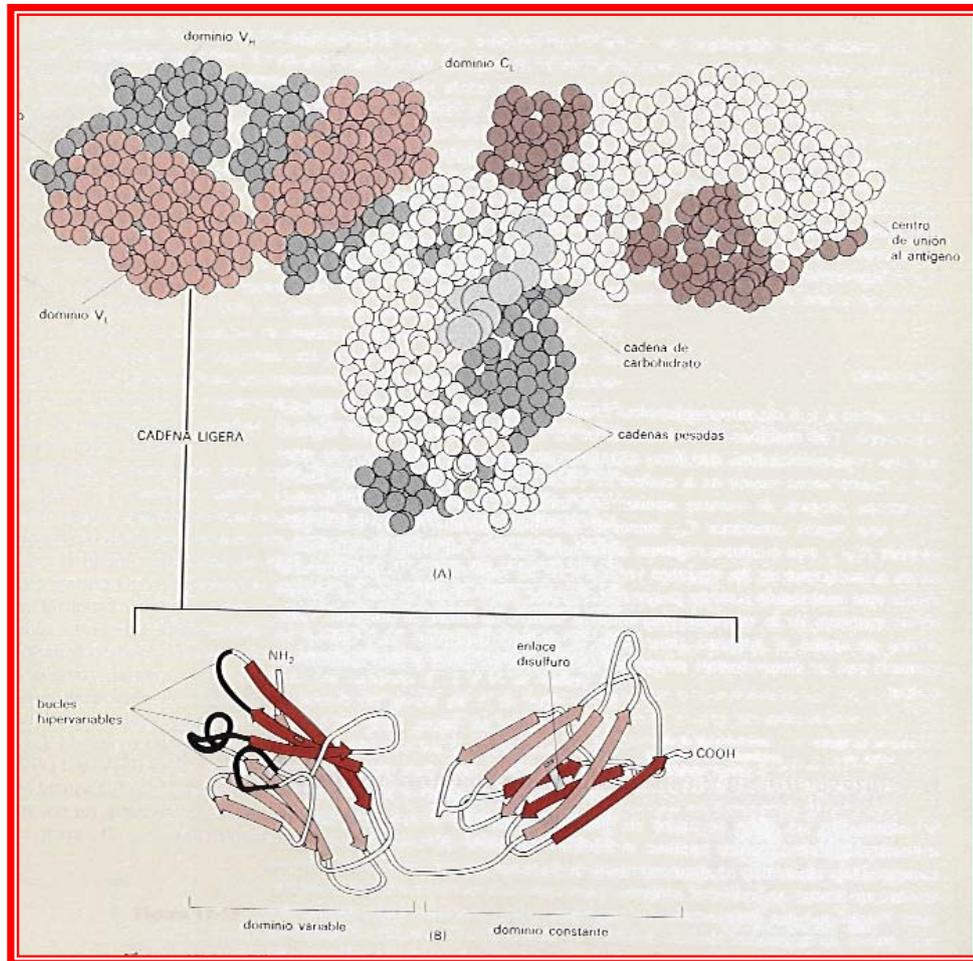


Figura 2. Estructura tridimensional de una Ig (tomada de Alberts y col., 1987).

El origen de la IgG₁ e IgG₂ presentes en el calostro, es sanguíneo, observándose un mecanismo de transferencia selectivo para la IgG₁ y uno de difusión pasiva para la IgG₂ (Lascelles y col., 1980).

En el calostro, y leche y suero de la especie caprina Pahud y Mach (1970) encontraron las siguientes concentraciones de IgG: 58.00, 0.25 y 22.00 mg/ml.

La presencia de IgG es mayoritaria, en el ganado ovino (Smith y col., 1975), en suero sanguíneo (88.64%), en bilis (58.85%), en leche (84.29%) y en calostro (91.65%).

b) IgM

La IgM presenta un peso molecular de 900 kDa y epítomos Mu. Las moléculas de IgM encontradas en el calostro según Lascelles y col. (1980) son producidas localmente.

La IgM en ganado caprino alcanza las siguientes concentraciones en calostro, leche y suero sanguíneo, 3.8, 0.03 y 0.16 mg/ml respectivamente (Pahud y Mach, 1970).

La presencia de IgM en ganado ovino es minoritaria, representando escasamente el 18.33% de las Ig presentes en la bilis, el 9.5% del suero sanguíneo y el 6.42% de las secreciones nasales (Smith y col., 1975).

c) IgA

La IgA o Ig de secreción (denominada así porque se encuentra casi exclusivamente en secreciones del organismo) presenta un peso molecular de 360 kDa y epítomos tipo alfa, y al igual que la IgM la IgA es producida localmente por las células plasmáticas de la submucosa de la ubre.

En el calostro, leche y suero sanguíneo de cabras, Pahud y Mach (1970) encontraron las siguientes concentraciones 1.70, 0.06 y 0.32 mg/ml.

La IgA se encuentra mayoritariamente en secreciones. Así en el ganado ovino, el 81.93% de las Ig presentes en el líquido lagrimal son de la clase IgA, el 78.1% en la saliva, el 70.48 en el fluido pulmonar, el 61.14 en las secreciones traqueobronquiales y el 54% en secreciones nasales (Smith y col. 1975).

d) Otras Ig

Con menor importancia (según criterio de cantidad producida) se describen la IgE y la IgD que actúan fundamentalmente como anticuerpos ligados a membranas (Tizard, 1992).



2.5.2.3. Evolución de la concentración de Ig en el calostro

En ganado caprino explotado en Brasil, los niveles de IgG disminuyeron rápidamente (Dos Santos y col., 1994) entre la primera y décima hora postparto (125.98 ± 11.39 y 34.07 ± 4.26 g/l respectivamente), destacando además la gran variabilidad existente en los valores encontrados para la IgG en la primera hora postparto, oscilando en concentraciones comprendidas entre 69.3 y 217.8 g/l. En razas especializadas en la producción de leche (Saanen y Camosciata), los niveles de IgG a la hora postparto fueron algo menores 51.7 g/l (Ubertalle y col., 1987), descendiendo a niveles de 3.60 a las 24 horas postparto. Un posible efecto de dilución y un menor periodo de secado pueden estar involucrados en las menores concentraciones de IgG en el calostro de razas de alta producción lechera.

Para Chen y col. (1998), los cuales han trabajado en calostro de raza Nubia utilizando métodos electroforéticos, la concentración de gammaglobulinas en calostro evoluciona desde 72.2 ± 11.0 g/l en el momento del parto hasta 17.9 ± 3.6 g/l a las 36 horas y alcanzando una concentración de 4.6 ± 1.2 g/l a los 5 días postparto.

En ganado vacuno (Oyeniya y Hunter, 1978) la evolución de la producción de IgG en el calostro es decreciente desde el momento del parto, representando solamente el 78.3 y el 47.5% a las 12 y 24 horas postparto respectivamente.

Es de destacar que en algunos trabajos recientes (O'Doherty y Crosby, 1996), y utilizando técnicas de inmunodifusión radial (Fahey y McKelvey, 1965; Mancini y col., 1965) se encontraron grandes coeficientes de variación en la concentración de IgG (95.48%) en calostro vacuno. Estas amplias variaciones en la concentración de Ig en el calostro vacuno también han sido relatadas por Kruse (1970), Logan (1977) y Petrie (1984).

2.5.2.4. Métodos de valoración indirecta de la concentración de IgG

Trabajando con calostro caprino, Ubertalle y col. (1987) encontraron alta correlación entre la concentración de IgG y la densidad



($r=0.94$) y también con la concentración proteica ($r=0.94$). Al igual, Chen y col. (1999) observaron una alta correlación entre la concentración de Ig y la de proteína ($r=0.93$).

El nivel total de proteínas séricas ha sido utilizado como predictor de las concentraciones de Ig en suero de cabritos (O' Brien y Sherman, 1993) o bien como monitorización de la transferencia de inmunidad pasiva en terneros (Donovan y col., 1986), presentando un menor coste y consumo de tiempo que el método de inmunodifusión radial o el test de turbidez de sulfato de zinc.

Entre las técnicas más extendidas en la determinación de Ig en suero sanguíneo, se encuentran el test de turbidez cualitativo en sulfato de zinc (Kirsten y col., 1996), teniendo como principal ventaja la rapidez en la obtención de los resultados, de especial importancia en el campo clínico.

Otro trabajo muy interesante al respecto es el realizado por Mechor y col. (1992) en calostro vacuno. Estos autores encontraron que la densidad a 20°C explica el 76% de la cantidad de IgG presente en el calostro, incrementándose al 81% cuando se combina con los sólidos totales o bien con la proporción de grasa.

2.5.3. Grasa

En ganado caprino, la cantidad de grasa presente en el calostro ha sido estudiada por Ubertalle y col. (1987) en raza Saanen y Camosciata, y por Hadjipanayiotou (1995) en raza Damasco, obteniendo valores del 5.87 y 6.4% respectivamente. En ganado ovino, tanto Molina (1987) en animales de raza Manchega como Pattinson y col. (1991) en ovejas Cambridge, relatan valores próximos al 12% de grasa. Mechor y col. (1992) trabajando en ganado vacuno de raza Holstein observaron una proporción de grasa en el calostro de los mencionados animales del 9.4%.

Dentro de las escasas investigaciones realizadas en cuanto a la calidad de las grasas vehiculizadas en el calostro caprino, destaca el trabajo realizado por Attaie y col. (1992) donde se estudió la



composición en ácidos grasos volátiles de calostros procedentes de raza Alpina y Anglo-Nubia. En dicho trabajo los niveles de ácido decanoico en cabras Nubianas duplicaron a los encontrados en raza Alpina, por el contrario no se encontraron diferencias en los niveles de ácido octanoico.

2.5.4. Lactosa

Los hidratos de carbono del calostro están constituidos fundamentalmente por lactosa, valorándose ésta en ganado caprino (raza Damasco) en un 4.6% o bien (raza Red Sokoto) en un 4.8%, habiéndose obtenido similares resultados para ganado ovino (raza Chios) 4.8% (Hadjipanayiotou, 1995). Valores mucho menores fueron encontrados por Agrawal y Bhattacharyya (1980) en cabras de raza Barbari y Bengel (1.51 y 1.39% respectivamente).

2.5.5. Evolución de la concentración de Proteína, Grasa, Lactosa y cenizas en los primeros días postparto

En una cabra ordeñada a lo largo de toda la preñez, la composición de la leche cambia muy poco y la concentración de inmunoglobulinas permanece muy baja (Linzell y Peaker, 1974). Por el contrario, en una cabra seca, el volumen mamario y la presión intramamaria empiezan a elevarse sobre la 12-10 semana antes del parto, presentando el fluido pre-calostroal acumulado un alto contenido en lactosa e inmunoglobulinas.

	Dry period	Pre-colostrum	Colostrum	Milk
IgG	Low	High	High	Very low
Citrate	Low	Low	High	High
Lactose	Low	-----Rising----->		High
K ⁺	Low	-----Rising----->		High
Na ⁺	High	-----Falling----->		Low
Cl ⁻	High	-----Falling----->		Low
HCO ₃ ⁻	High	Falling	Low	Low
pH	High	Falling	Low	Low

Figura 3. Evolución de los principales componentes de la leche de cabra en los periodos pre y postparto (tomado de Gall, 1981).

La tasa de secreción en los días anteriores al parto es una pequeña fracción de la inmediata al parto. Dos o tres días antes del parto la concentración de citrato incrementa bruscamente, sobre los 160mg/100 ml, este nivel se mantiene durante dos o tres días postparto y junto al alto nivel de inmunoglobulinas puede ser considerado la verdadera característica del calostro de cabra (Fleet y col., 1975). La evolución que manifiestan la composición química de las distintas secreciones pre y postparto se pueden observar en la Figura 3.

Cuando las cabras son ordeñadas dos semanas antes del parto las concentraciones de sodio, clorido, proteína e inmunoglobulinas decrecen mientras que el potasio y la lactosa incrementan. De esta manera, la composición cambia hacia la leche normal y la cantidad secretada incrementa progresivamente. El rendimiento medio en promedio alcanza el 48% de lo producido en la segunda semana de lactación. Estos cambios parecían independientes de la acción hormonal ya que ocurrían de la misma manera en mitades de ubre denervadas (Linzell y Peaker, 1974).

Después del parto la composición del calostro cambia rápidamente (Graf y col., 1970) (Figura 4). La cantidad de leche ordeñada en cabras German Coloured incrementó de un promedio de 660 g en el primer ordeño a 1325g sobre el décimo día postparto.

Un claro efecto del día postparto de muestreo (0 a 11 días) ha sido relatado también por Hadjipanayiotou (1995) en todos los parámetros. Exceptuando la lactosa, el resto de componentes, tienen una evolución similar a lo largo del tiempo, comienzan en porcentajes muy altos para, con el paso del tiempo, ir declinando en sus valores. Por contra la lactosa tiene valores inferiores en las cercanías del postparto, para ir aumentando posteriormente.

El índice de Iodo indicó una alta proporción de ácidos grasos insaturados en el calostro. La proporción de ácido oleico decrece de 25.7% en la primera semana al 18% en la décima semana de lactación (Sauvant y Fehr, 1978). Esto no concuerda con lo encontrado por Klobasa y Senft (1970) quienes encuentran menos ácidos oleico, linoléico y linolénico en calostro que en leche.

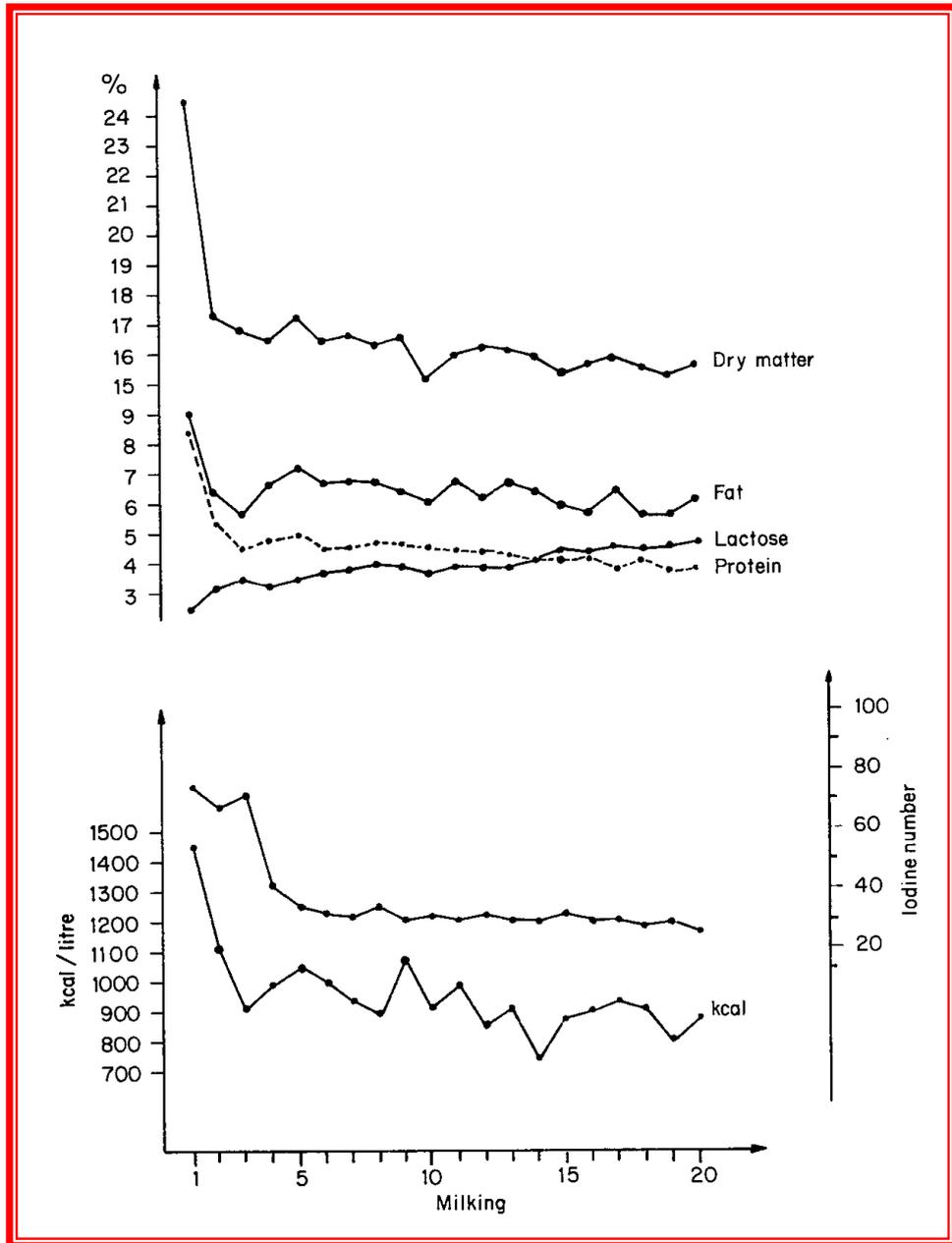


Figura 4. Evolución de la composición química del calostro caprino (tomada de Gall, 1981).

La cantidad de proteína presente en el calostro 1 hora postparto es del 12.34% (Ubertalle y col., 1987, en raza Saanen y Camosciata) descendiendo a un 3.99% en las primeras 24 horas postparto significando un descenso del 67.67%. Para Chen y col. (1999), trabajando con cabras Nubianas en Taiwan, la proteína total del calostro evoluciona desde una concentración de 16.30g/dl en el

momento del parto a 7.50 g/dl a las 18 horas postparto, manteniéndose bastante estable hasta los 5 días postparto.

En el calostro de la West African Dwarf, Akinsoyinu y col. (1977), el contenido de proteína, grasa y sólidos totales declinaban después del parto hasta el cuarto día manteniéndose hasta la 12 semana. La lactosa incrementa sostenidamente hasta la sexta semana. Es interesante notar que la composición de la primera leche era aproximadamente la misma que en cabras Francesas (Sauvant y Fehr, 1978) y en cabras German Coloured (Graf y col., 1970) aunque la media de sólidos totales durante la lactación era del 18.5% frente al 12.5% en cabras lecheras.

2.5.6. Factores de variación de la composición química del calostro

2.5.6.1. Genotipo

Se dispone de escasa bibliografía sobre la composición química del calostro caprino. Hadjipanayiotou (1995) estudió la evolución de la composición química del calostro en cabras Damasco y en ovejas Chios, encontrando un efecto significativo de la especie (ovejas *vs* cabras) en las cantidades de grasa (76.7 *vs* 64.0 g/kg), proteína (71.0 *vs* 56.3 g/kg), cenizas (9.5 *vs* 9.1 g/kg) y sólidos totales (199.8 *vs* 178.8 g/kg), no existiendo diferencias entre especies en la cantidad de lactosa (47.8 *vs* 46.1 g/kg) durante los primeros 11 días.

Ha y col. (1986) observaron diferencias entre razas caprinas Nativa Coreana, Columbia y Hampshire, a favor de las primeras, explicando las mismas por sus características más rústicas.

En referencia al ganado vacuno, muchos son los trabajos que han observado diferencias en la concentración de IgG entre diferentes razas (Tennant y col., 1969; Newstead, 1976; Halliday, 1978; Losonczy y col., 1979; Muller y Ellinger, 1979). Es de destacar el estudio realizado por Shearer y col. (1992) sobre 2045 vacas, encontrando que las de raza Holstein poseían una concentración dos veces superior en Ig a las de otras razas estudiadas.



2.5.6.2. Nutrición durante el secado

Quigley y Drewry (1998) revisaron el manejo de las vacas lecheras en el período de secado, observando que la mayoría de los estudios realizados se centraban en la profilaxis de las enfermedades metabólicas del postparto, olvidándose en muchos casos de la posterior producción de calostro. Estos autores postularon que se debe incrementar la calidad de la ración de las vacas lecheras durante las últimas 2 a 4 semanas de gestación. Shearer y col. (1992) observaron que los animales que en el periodo de secado incrementaban su condición corporal, poseían una mayor concentración de Ig en su calostro que aquellos que la mantenían o que la veían reducida en dicho periodo.

En cuanto a la calidad de la dieta anteparto, Hough y col. (1990) estudiaron la influencia que la restricción en el aporte de proteína en la dieta tenía sobre la cantidad de Ig producidas en el calostro. Tras alimentar dos lotes de vacas Angus con el 100% y con el 57% de las necesidades proteicas, comprobaron que la calidad del calostro producido no se alteraba. Sin embargo, la cantidad de Ig absorbidas por los terneros era de un 21.8 % menos en los terneros encalostrados con calostro de vacas alimentadas con la dieta de restricción en proteínas. Hough y col. (1990) sugirieron que debía existir algún componente en el calostro que afectaba a la absorción intestinal de Ig que si se ve afectado por la restricción proteica de la dieta.

De acuerdo con lo anteriormente expresado, O'Doherty y Crosby (1996) y O'Doherty y col. (1997) trabajando con ovejas (cruces de Suffolk y Texel), encontraron que las ovejas alimentadas con un suplemento proteico antes del parto, poseían una mayor concentración de IgG en su calostro, si bien no hicieron pruebas de la asimilación de esta IgG. En una línea similar Pattinson y col. (1991) observaron que en ovejas prolíficas (Cambridge) existe una ligera tendencia ($P < 0.064$) a incrementar la cantidad de proteína en el calostro si los animales reciben una dieta más rica en proteína en el período anteparto.

2.5.6.3. Número de lactación

En el caso del ganado caprino explotado en Brasil, Dos Santos y col. (1994) no encontraron diferencias entre la concentración de IgG en calostro de cabras de segunda lactación y cabras de más de dos lactaciones. Para Ha y col., (1986) trabajando con cabras nativas Coreanas, la concentración de IgG en calostro de cabras primíparas es menor que en cabras múltiparas (115.09 ± 17.24 vs 153.28 ± 39.89) si bien estas diferencias sólo se mantenían las primeras 24 horas postparto.

Para el ganado vacuno, Kruse (1970) y Oyeniya y Hunter (1978) observaron que el avance en el número de lactación en ganado vacuno, incrementaba la concentración de IgG presente en él, si bien estas diferencias fueron más manifiestas entre las tres primeras lactaciones y posteriores.

Entre primera y segunda o mayor lactación, Shearer y col. (1992) encontraron trabajando con 2045 vacas, que los animales primíparos poseían una concentración menor de Ig en su calostro. De igual manera Chelak y col. (1993) encontraron que las vacas de 1ª lactación tenían menores concentraciones de IgG₁ que las de dos o más lactaciones, produciendo además menor cantidad de calostro. Chelak y col. (1993) en referencia a la IgA, su concentración parece no verse afectada por el número de lactación. El pico en la concentración de IgG₁ aparece en vacas lecheras aproximadamente a la tercera o cuarta lactación. En el mismo sentido, Muller y Ellinger (1979) encontraron menores concentraciones de Ig en vacas de primer parto que en las de tercero, obteniendo similares resultados para la IgG unos años más tarde (Muller y Ellinger, 1981).

2.5.6.4. Administración de Se y Vitamina E

Las experiencias realizadas por Lacetera y col. (1996), revelaron que el aporte de Se y Vit.E en los dos últimos meses de gestación, incrementaba la síntesis de IgM e IgA en la ubre. Esta teoría se amparaba en el hecho de que las vacas tratadas secretaban mayor cantidad de Ig en su calostro que las no tratadas, pero los niveles



plasmáticos de IgG se reducían en igual proporción en los dos lotes, lo que sugería que el Se y la Vit.E podían aumentar la síntesis de Ig secretoras como la IgA e IgM por parte de las células de la ubre.

2.5.6.5. Prolificidad

El efecto de la prolificidad sobre la composición química del calostro caprino y en particular sobre la concentración proteica y de IgG en el mismo ha sido estudiado por Csapo y col. (1994). Los animales de parto doble presentaron, justo tras el parto, una concentración superior de proteínas totales, así como de IgG, si bien este efecto desaparece tras el primer día postparto.

En ganado ovino (ovejas Cambridge), Pattinson y col. (1991) no encontraron efecto de la prolificidad o del peso al nacimiento de las crías en la producción de calostro al nacimiento, pero sí las ovejas más prolíficas producían mayores cantidades de calostro a las 12-16 horas postparto.

2.5.6.6. Medio ambiente

Para Nardone y col. (1997), el estrés producido por humedad y temperatura altas en vacas lecheras, no redujo la cantidad total de calostro pero sí su calidad. Sin embargo, las alteraciones estacionales no afectaron, ni a la cantidad ni a la cantidad del calostro producido en vacas lecheras explotadas en régimen intensivo (Pritchett y col., 1991).

2.5.6.7. Volumen de calostro producido

Pritchett y col. (1991) aseguraron, para el caso del ganado vacuno, que el peso del primer ordeño (a igualdad de otros factores tales como número de lactación) es una de las variables más determinantes en la cantidad de IgG presente en el calostro, siendo dicha concentración mayor cuanto menos peso tenga el primer ordeño. Hecho corroborado por los hallazgos de Quigley y col. (1994) en vacas Jersey.

2.5.6.8. Longitud de la gestación y del periodo de secado

Ya desde los finales de los años 70 principios de los 80 (Logan y col., 1981a) se conocía que una reducción del período de secado, producía una disminución en la concentración de Ig en el calostro de las vacas, debido a que se reducía el tiempo disponible para la filtración de las IgG desde la sangre al calostro. Por el contrario Besser y col. (1991), observaron que períodos de secado muy grandes, incrementaban el riesgo de aparición de procesos de fallo de transferencia de inmunidad pasiva.

La longitud de la gestación ha sido estudiada por Castro (2000) en ganado caprino, comprobando la existencia de una correlación positiva entre la concentración de IgG presente en el calostro y la longitud de la gestación.

2.6. Características físicas

Es escasa la bibliografía que se encuentra disponible acerca de las características físicas del calostro en ganado caprino. Entre los parámetros estudiados destacan: densidad, pH, conductividad y color.

La densidad ha sido uno de los parámetros clásicos que se han estudiado en el calostro como fuente de predicción de la riqueza en Ig. La densidad en leche de ganado caprino perteneciente a la ACC, ha sido estimada por Fresno y col. (1992) en 1030 g/l para a animales de primera lactación. Trabajando con raza Saanen y Camosciata, Ubertalle y col. (1987) encontraron valores para la densidad cuya media fue 1051 g/l en calostro de la primera hora postparto, observando también una importante reducción de la densidad en las 24 horas postparto (1029 g/l). En leche de cabras Egipcias, valores de 1025 g/l para la densidad han sido relatados por Alamy y col. (1978), y para cabras en Taiwan, los valores referidos han sido de 1029 g/l (Fuh y col., 1985). Molina y col. (1995) estudiaron la densidad media del calostro ovino (Raza Manchega), encontrando valores que rondan los 1047 g/l.

En referencia al pH como medida de acidez de la leche, Gall (1981) aportó valores comprendidos entre 6.4 y 6.7 para la leche de



cabra, en ganado caprino perteneciente a la ACC ha sido estimado por Fresno y col. (1992) en 6.45 para animales de primera lactación y en cabras de Taiwan han sido relatados valores de 6.5 (Fuh y col., 1985), siendo para ganado ovino, de 6.35 para la raza Manchega.

La conductividad eléctrica es una medida escasamente utilizada en productos lácteos, si bien en los últimos años se viene utilizando para la valoración de las afecciones mamíticas. En leche de cabra, han sido relatados los siguientes valores para la conductividad eléctrica 3.22 mS/cm en cabras de la ACC en primera lactación (Fresno y col., 1992), 5.46 mS/cm para cabras en Taiwan (Fuh y col., 1985), y 6.6 mS/cm (Schuppel y Schwope, 1998) en ganado caprino explotado en Alemania.

La conductividad eléctrica del calostro, como se ha comentado con anterioridad, ha sido utilizada para el diagnóstico de procesos mamíticos en los cuarterones de ganado vacuno por Bekei (1987). Valores superiores a 8.6 mS eran indicativos de infección, si bien por debajo de 7.5 mS indicaban salud del cuarterón analizado. Posteriormente, Lacy-Hulbert y col. (1996) continúan recomendando el chequeo de las vacas con conductímetro tras el parto para determinar la salud de los animales. Incluso en ganado caprino y ovino se ha defendido la utilización de los conductímetros de forma habitual en las instalaciones de ordeño (Mottram y Smith, 1990). En contra de lo expresado con anterioridad Park (1991) no observó buenas correlaciones entre la conductividad y el contenido bacteriano de la leche de cabra, observando una alta correlación negativa entre la conductividad y los porcentajes de grasa y proteína en cabras Anglonubias y Alpinas.

El efecto de los tratamientos térmicos sobre la conductividad eléctrica de la leche ha sido demostrado por Shabray y col. (1980), tendiendo éste a incrementar la misma. La conformación de la ubre presentó para Schulz y col. (1999) un efecto significativo al aumentar la conductividad eléctrica cuando esta empeoraba, sugiriendo incluso que la conformación de la ubre debe ser incluida en los programas profilácticos y de selección, sugeriendo esta última que por otro lado también ha sido propuesta para la ACC (Capote, 1999).



2.7. Transferencia de inmunidad pasiva a los cabritos

En el hombre y primates, las Ig comienzan a ser transferidas de la circulación materna a la fetal desde el tercer trimestre de gestación (Gitlin y col., 1964). Este transporte de Ig es selectivo para las IgG, de tal forma que los recién nacidos de estas especies, poseen altas cantidades circulantes de IgG en sangre (Bernier y col., 1967; Virella y col., 1972). Al contrario de lo que sucede en los primates, las características de la placenta impiden el paso de Ig al feto en los ungulados (Brambell, 1970), por lo que el consumo de calostro por parte de la progenie de estas especies se hace fundamental para la adquisición de una protección inmunológica en las primeras semanas de vida. Es sabido desde hace tiempo que el transporte de Ig en las primeras etapas de la vida de los ungulados, no es un proceso selectivo (Balfour y Comline, 1959; Pierce, 1961; Brandon y Lascelles, 1971). Si bien existen algunos factores presentes en el calostro que ayudan o colaboran a que su absorción sea máxima. Entre los primeros que se descubrieron figura el inhibidor de la tripsina (Laskowski y Laskowski, 1951) que impide en las primeras 24-36 horas la acción de dicha enzima gástrica sobre las Ig. Posteriormente se está trabajando sobre el papel de los “Insulin Growth Factors” (IGF) en el recién nacido (Baumrucker y Blum, 1993).

La evolución de la concentración sérica de Ig tras el parto ha sido bien estudiada en terneros. Así, y como consecuencia de la ingestión de calostro durante las primeras horas de vida, la concentración de Ig en sangre es mucho mayor que el momento del parto (Bush y Staley, 1980). A los 28 días postparto, Lacetera y col. (1996) encontraron concentraciones de Ig en sangre menores a las halladas a los dos días postparto, lo cual se explica por la degradación fisiológica de las Ig en la sangre y porque los animales son incapaces de producir sus propias Ig (Logan y col., 1972). A partir del día 28 y hasta el 56 postparto, Lacetera y col. (1996) apreciaron un ligero incremento en la concentración de Ig en sangre de los terneros, debido quizás a la producción endógena de Ig.

Los cabritos son agammaglobulinémicos en el momento del nacimiento según Constant y col. (1994), aunque para Guerrault (1990), Sherman y col. (1990) o para Rabbani y col. (1990) existan



mínimas concentraciones de Ig séricas al nacimiento. Algunos autores (Logan y col., 1972) encontraron niveles de IgG e IgM en sangre de terneros recién nacidos que no han consumido calostro, lo que contrasta con lo expresado por los mismos autores unos años más tarde (Logan y col., 1978b), donde las Ig se detectaron por primera vez en sangre a las 4 horas postparto, considerando a los terneros agammaglobulinémicos en las 4 primeras horas de vida y por tanto altamente susceptibles a las infecciones. Al igual que en el caso anterior.

La localización de la zona de máxima absorción de Ig ha sido estudiada por Logan y Pearson (1978), los cuales demostraron, mediante técnicas de inmunofluorescencia en terneros, que se realiza en la región pilosa del intestino delgado. La duración de la permeabilidad intestinal a las macromoléculas en los ungulados es corta, estimándose entre 24 y 48 horas (McCarthy y McDougall, 1953; Pierce, 1955; Lecce y Morgan 1962; Jeffcott, 1971). Ciertas experiencias en ganado porcino, han logrado, mediante el ayuno o la ingestión de agua en las primeras horas tras el parto, alargar el período de absorción de Ig hasta las 86-106 horas de vida (Lecce y Morgan, 1962; Payne y Marsh, 1962). En contraposición a lo que ocurre en ungulados, el periodo de absorción de Ig en ratas o ratones, se puede alargar hasta los 14 o 18 días del nacimiento (Halliday, 1958; Bamford, 1966).

Se piensa que el mecanismo de absorción de macromoléculas en el recién nacido, se realiza mediante pinocitosis en el lumen intestinal, y pinocitosis inversa en la parte basal de la célula, estas macromoléculas son vertidas a los conductos linfáticos aferentes hasta alcanzar el conducto torácico (Krahenbuhl y Campiche, 1969; Sibalin y Björkman, 1966; Yoffey y Courtice, 1970). Parece ser que el mecanismo de cierre intestinal está mediado por la acción de la glándula suprarrenal, activada en el momento del nacimiento (Clark, 1959; Halliday, 1959). Posteriormente a estos ensayos Nightengale y Stott (1981), encontraron una correlación negativa parcial entre el nivel de cortisol a las 24 horas y la concentración de IgG, completando lo expresado el año anterior (Stott, 1980) donde en una revisión sobre el efecto del estrés en la absorción de Ig por parte de los neonatos, se explicaba que la relación entre glucocorticoides y cierre intestinal no estaba clara.

Las teorías más actuales sobre el final del periodo de absorción de macromoléculas en el intestino del recién nacido son la maduración de las células de la mucosa intestinal y el desarrollo del aparato digestivo intracelular (Jochims y col. 1994). Sin duda, una de las mejores descripciones del proceso de cierre intestinal ha sido dada por los autores anteriormente reseñados, “El cierre intestinal puede ser interpretado como un evento multifactorial que comprende el reemplazo de los enterocitos fetales, los cuales son capaces de absorber macromoléculas, por una población madura, un cese retrógrado de la transferencia y un incremento de la actividad proteolítica intracelular a cargo de los lisosomas”.

2.7.1. Evolución de la concentración de Ig en suero de rumiantes neonatos

En el caso de cabritos de raza Nubia, Chen y col. (1999) encontraron un pico en la concentración de Ig en suero sanguíneo de 3.33 g/dl a las 24 horas postparto, mientras que O'Brien y Sherman (1993) consideraban que se producía fallo en la transferencia de inmunidad pasiva en cabritos, cuando estos no alcanzaban niveles de Ig en sangre superiores a 120 mg/ml (aunque en la descripción del trabajo no indicaba el método de determinación de Ig).

Al igual que sucede en el calostro, la mayoría de autores encontraron grandes coeficientes de variación (55.82, 62.44 y 51.20%) en la concentración de Ig en el suero de cabritos (Sherman y col., 1990; O'Brien y Sherman, 1993; Chen y col., 1999).

En el caso de los terneros (Logan y col., 1978b) los niveles máximos de IgG se alcanzaron entre las 16 y 48 horas (21.5 ± 2.6 mg/ml), para la IgM la absorción se retrasó ligeramente (4.03 ± 0.93 entre las 24 y 48 horas), mientras que la IgA es la más tardía en alcanzar su pico (2.04 ± 0.57 a las 48 horas). En corderos (Ciuperescu, 1977) Finnish x Dorset Horn se alcanzó la máxima concentración de IgG₁ a los 3 días de vida (22 mg/ml), descendiendo el nivel hasta casi el 50% en las primeras 2 semanas (12 mg/ml), manteniéndose este descenso a lo largo del primer mes (8 mg/ml). A partir de este momento la concentración de IgG₁ incrementó ligeramente su valor hasta las 14



semanas de vida (12 mg/ml). La evolución de la IgM es similar aunque tiene menores concentraciones (1.5 mg/ml a los 3 días de vida). La IgG₂ con una evolución inicial similar (0.25 mg/ml a los 3 días de vida) tiene un incremento muy grande hacia el final del periodo de estudio (1 mg/ml a las 14 semanas de vida).

2.7.2. Comienzo de la producción endógena de Ig

Logan y col. (1972) trabajando con terneros y citando varias fuentes aseveraron que podía existir una influencia de la presencia de Ig calostrales en sangre sobre el comienzo en la producción de Ig endógenas. Así, en terneros alimentados con calostro de buena calidad (alta concentración de Ig), dicha síntesis comenzó a las 4 semanas, mientras que en terneros agammaglobulinémicos lo hizo a los pocos días del nacimiento. Este hecho se demostró posteriormente (Logan y Pearson, 1978) al observar síntesis de Ig por parte de las placas de Peyer en intestino delgado de terneros que no habían consumido calostro alguno, mientras que en aquellos alimentados con calostro, dicha síntesis no aparecía en los primeros días de vida. Este hecho lo corrobora la revisión realizada por Roy (1990), donde se afirma que la producción propia de Ig en terneros privados del consumo de calostro comienza antes que en aquellos que sí lo consumieron, pudiendo establecerse la fecha de comienzo de producción hacia los 10 días. Ahondando en lo anterior, Abel Francisco y Quigley III (1993) trabajando con terneros que consumieron con calostro y comparando los niveles de absorción con otros alimentados con calostro al que se le añadía un suplemento de Ig, observaron que este aporte extra de Ig no afectó al comienzo de la producción endógena de Ig (exceptuando la IgG₂) a los 28 días de edad.

2.7.3. Efecto de los niveles de Ig en sangre con el crecimiento

En cabritos (Constant y col. 1994) con diferentes concentraciones sanguíneas de IgG a las 24 horas de vida (159 mg/ml *vs* 85.4 mg/ml) no se encontraron diferencias en el peso a los 42 días de vida (7.3±1.5 kg *vs* 7.5±2.1 kg), habiendo sido descritos similares resultados por O'Brien y Sherman (1993).



En el caso de corderos, Ciupercescu, (1977) observó una correlación negativa significativa entre los niveles de IgG₁ e IgG₂ a las 14 semanas con la GMD entre las 6 y las 12 semanas de vida. Este hecho lo explicó en la teoría que la producción endógena de Ig está favorecida por el estímulo antigénico, así aquellos corderos que mostraron mayor crecimiento estuvieron expuestos a menor tasa de antígenos siendo en consecuencia su crecimiento mayor.

En el caso de terneros, y utilizando dos fuentes de Ig (calostro *vs* inyección endovenosa de Ig), Crawford y col. (1995) no encontraron diferencias en la velocidad de crecimiento de los diversos lotes, aunque si hubo una tendencia a un mayor crecimiento en animales criados con calostro que en los que no tuvieron acceso al mismo. Para estos mismos autores, esta tendencia estaría más basada en una reducción de la velocidad de crecimiento por una mayor sensibilidad a enfermedades más que por la presencia de factores de crecimiento en el calostro. Por el contrario Odde (1986) observó correlaciones significativas entre la concentración de IgG sérica con el peso alcanzado a los 60, 120 y 180 días de vida.

2.7.4. Eficacia aparente en la absorción de Ig

El cálculo de la eficacia aparente en la absorción (EAA), aporta mayor información que la concentración sérica de Ig a las 24 o 48 horas tras el parto. Para el cálculo de la EAA es necesario conocer la cantidad de calostro ingerida así como su concentración de Ig, la concentración de Ig en el suero de la cría y el volumen de suero del animal. Así se define la EAA como el porcentaje de las Ig consumidas que son realmente absorbidas (Quigley y col., 1998). A menudo el volumen total del suero sanguíneo es estimado, reportándose valores del 6.5 al 9.3% del peso vivo (McEwan y col., 1970a; Mollerberg y col., 1975; Quigley y col. 1995).

Para Crawford y col. (1995), en terneros Holstein encalostrados con suficiente cantidad de calostro natural, el 24.4 y el 28.1% de IgG e IgM fueron absorbidas.

2.7.5. Factores que afectan a la transferencia de inmunidad pasiva a los cabritos

2.7.5.1. Edad a la primera toma de calostro

El primer factor limitante es el llamado cierre intestinal, estudiado en profundidad por Staley y Bush, (1985) y Jochims y col. (1994), y comentado anteriormente. Para Stott y col. (1979b) y Nightiengale (1979) conforme se incrementaba la edad a la primera toma de calostro en los terneros, la concentración máxima de Ig es menor, así como la eficacia en su absorción.

En segundo factor, sería la secreción de enzimas digestivas que degradan las Ig y reducen la absorción de las mismas, lo que demostraron por Quigley y col. (1995) adicionando un inhibidor de la tripsina al calostro y obteniendo una mayor absorción de Ig por parte de terneros de raza Jersey.

Logan y col. (1979) experimentando con terneros, demostraron que la presencia de bacterias patógenas (*E.coli*), que alteran las células de las microvellosidades intestinales reducía la absorción de Ig en el intestino. Por su parte, el comienzo del desarrollo de la flora microbiana intestinal, redujo la absorción de Ig, como comentaron James y col. (1981).

Rajala y Castrén (1995) explicaron el fenómeno del cierre intestinal, creando un modelo en el que correlacionan el tiempo que transcurre entre el nacimiento y la primera ingesta de calostro con los niveles de Ig en suero sanguíneo. Según estos autores por cada 30 minutos de retraso en el consumo, la concentración de Ig en suero se ve disminuida en 2 mg/ml.

2.7.5.2. Separación temprana de la madre

Stott y col. (1979b) encontraron, trabajando con terneros, que la proporción en la absorción de Ig era mayor en terneros criados con sus madres (forzados a una alimentación temprana) que en aquellos alimentados en balde. En trabajos posteriores realizados por Brignole y



Stott (1980) y Logan y col. (1981b), se observaron hechos contrarios a los expresados anteriormente, incluso comentando que los terneros criados con sus madres comenzaban a mamar calostro más tarde (sin intervención humana) que aquellos que eran criados a balde o biberón.

La separación temprana de corderos (2 días), produjo en los animales menores tasas de producción de anticuerpos en comparación con una separación más tardía (15 días), quizás provocado por un aumento en la tasa de cortisol endógeno (Napolitano y col. 1995). Estos mismos autores, basándose en sus investigaciones, estimaron que la separación temprana sólo será viable si las condiciones del medio son altamente saludables. En contraste con lo anterior y separando a los corderos al nacimiento Dos Santos y col. (1994) no encontraron diferencias significativas entre corderos criados con sus madres y separados al nacimiento, entre las 0 y 19 horas postparto para los niveles de cortisol e IgG₁. En ganado caprino son escasas las referencias al efecto, así Ramírez y col. (1996) afirmaron que el vínculo materno filial en numerosas especies de ungulados se establece en los 10 primeros minutos tras el parto, lo cual puede explicar la diferencia entre los dos experimentos anteriores, mientras Napolitano y col. (1995) separaron a los animales tras dos días de contacto con las madres, permitiendo así el establecimiento del vínculo materno filial, Dos Santos y col. (1994) realizaron la separación tras el nacimiento, no permitiendo el establecimiento de dicho vínculo.

2.7.5.3. Tamaño de la camada y peso al nacimiento

En el caso del ganado caprino, Chen y col. (1999) encontraron menores concentraciones de Ig en suero de cabritos Nubios de parto simple (1.43 vs 3.50 g/dl, parto simple y doble respectivamente) a las 24 horas postparto. Este hecho está en contra de lo expresado anteriormente por Bekele y col. (1992) o Rabbani y col. (1990). Es interesante conocer que el comportamiento de los cabritos de parto simple es ligeramente más precoz (tiempo al primer intento de puesta en pié, primera puesta en pié con éxito y primer amamantamiento) que los de parto doble (Ramírez y col., 1998), lo que respaldaría lo encontrado los autores anteriormente mencionados.



En corderos, el tamaño de la camada no parece afectar a la tasa de anticuerpos (Ciupercescu, 1977; Bekele y col., 1992). Estos autores encontraron valores de 3.89 y 3.77 g/100 ml entre 658 corderos de raza Etiope Highland de parto simple y doble respectivamente. En referencia al peso al nacimiento, Bekele y col. (1992) no hallaron diferencias en la concentración en suero de Ig entre corderos nacidos entre 1 y 1.5 kg (3.63 g/100 ml) y animales de peso al nacimiento de más de 3 kg (4.08 g/100 ml). De los resultados anteriores, es de destacar que aunque no se detecten diferencias estadísticamente significativas, la tendencia es a incrementar la concentración de Ig conforme aumenta el peso al nacimiento. Cabello y Levieux (1981) encontraron, trabajando con corderos, que el peso al nacimiento está positivamente correlacionado con la eficiencia en la absorción de Ig. Halliday (1976), al igual que Bekele y col. (1992), afirmaron que el tamaño de la camada no afecta a la tasa de anticuerpos en sangre de los corderos, siempre y cuando la cantidad de calostro no sea limitante. Así este autor encontró que en razas con escasa producción de calostro, Merino o Caras negras, el tamaño de la camada y como consecuencia el peso al nacimiento sí afecta a la concentración de Ig en sangre de los corderos. En consecuencia un bajo peso al nacimiento no está necesariamente asociado con una baja concentración de Ig en suero (Harker, 1973).

2.7.5.4. Sexo

Para Chen y col. (1999) el sexo en cabritos Nubios no presentó efecto sobre la concentración sérica de Ig de los mismos, aunque sí apunta una tendencia a una mayor concentración en las hembras (3.73 vs 2.97 g/dl, medidas mediante electroforesis). Por el contrario, aunque O'Brien y Sherman (1993) tampoco encontraron diferencias entre sexos en cuanto a la concentración de Ig séricas se refiere, mostraron una mayor concentración en los machos 135.2 mg/ml que en las hembras 91.4 mg/ml (medidas realizadas por test de turbidez). Tampoco en el comportamiento inicial de los cabritos se han encontrado diferencias entre sexos (Ramírez y col., 1998).

En terneros, las opiniones son contradictorias, si bien para Roy, (1990) las hembras poseían una mayor capacidad de absorción que los



machos, Vann y col. (1995) no encontraron diferencias entre géneros ni en *Bos indicus* ni en *Bos taurus*.

Tampoco en ganado ovino, se ha encontrado diferencias en los niveles sanguíneos de IgG₁, IgG₂ e IgM entre sexos en corderos Finnish x Dorset Horn (Ciupercescu, 1977).

2.7.5.5. Medio ambiente

Los terneros expuestos a altas temperaturas y pobres niveles de ventilación en las instalaciones, poseían menores tasas de IgG₁ en sangre a los dos días de edad en comparación con aquellos alojados en buenas instalaciones (18.6 *vs* 25.5 mg/ml).

Condiciones extremas de frío (Olson y col. 1981) reducían la absorción de Ig por parte de los terneros, basada en los cambios en la absorción y transporte de macromoléculas en el intestino, así como en la reducción de la habilidad para ponerse en pie y mamar.

2.7.5.6. Cantidad y calidad del calostro consumido

Dos Santos y col. (1994) no encontraron, en cabritos cruzados de raza Saanen y Anglonubia con cabras locales de Brasil, relación entre la concentración de IgG en el calostro a la hora postparto y los niveles de IgG en suero de los cabritos a las 25 horas de éste. Al igual que en el caso anterior, Chen y col. (1999) tampoco encontraron diferencias, en cabritos Nubios, entre aquellos alimentados con calostro de alta concentración proteica (20 g/dl) y baja (10 g/dl). Por el contrario si los cabritos se agrupaban por concentraciones de Ig, estos autores observaron que aquellos alimentados con calostros ricos en Ig (aproximadamente 10 g/dl) obtenían mayores tasas de Ig en sangre a las 24 primeras horas de vida (4.01 *vs* 2.18 g/dl), que los alimentados con calostro de baja concentración en Ig (6.5 g/dl).

Para Stott y col. (1979a), ingestas superiores a los 2 litros de calostro en terneros, están relacionadas positiva y linealmente con la proporción de Ig absorbidas.



La cantidad de Ig requeridas por un ternero en el encalostrado es de 80 a 150 g (Stott y col., 1979a; McGuirk, 1989). Este rango tan amplio podría estar causado por diferencias en el peso al nacimiento o en los manejos del encalostrado.

La concentración de Ig en el calostro es un factor definitivo en la absorción de las mismas por parte de los terneros (Stott y Fellah, 1983). Aquellos terneros que consumían 1 litro de calostro con una concentración de 60 mg/ml, poseían mayor concentración de Ig en sangre que aquellos que consumían 2 litros de calostro con una concentración de Ig de 30 mg/ml. De igual manera, Muller y Ellinger, (1981) encontraron coeficientes de correlación positivos entre la concentración de IgG (0.52), IgA (0.56) e IgM (0.36) presente en el calostro y la resultante en suero de los terneros. Para Michanek y col. (1989a y b) en contra de lo expuesto anteriormente, la ingesta de grandes cantidades de Ig en las primeras tomas de calostro, puede provocar el cese de la transferencia de inmunidad pasiva.

También en terneros otros autores, encontraron que la relación entre las Ig consumidas y la concentración de Ig en el suero de los terneros es lineal (McEwan y col., 1970b; Stott y Fellah, 1983) en el rango de 0 a 500 g de IgG consumida, lo que sugiere, (según dichos autores) que la capacidad de absorción de Ig por parte del intestino es muy superior a los 500 g diarios.

Por el contrario, Al-Jawad y Lees (1985) no encontraron diferencias en la eficacia de absorción en corderos Clun Forest al encalostrarlos con varias fuentes de Ig que oscilaron en su concentración entre 139 g/l (calostro ovino) y 38 g/l (suero sanguíneo ovino). Este hecho está en concordancia con lo expresado por Sawyer y col. (1977) que, trabajando también con corderos, aseveraron que si la cantidad de calostro suministrada no era limitante, la concentración no jugaba un papel fundamental en la absorción, sino que lo serían factores de absorción intestinales.

La ingesta de leche no calostrada con anterioridad a la ingesta de calostro, no afectó a la absorción de IgG por parte de terneros Holstein (Michanek y col., 1990). Las concentraciones halladas en estos



animales fueron de 10.2 ± 2.3 y 9.6 ± 2.7 mg/ml en terneros que no ingirieron leche antes del calostro y en los que si lo hicieron respectivamente.

2.7.5.7. Alternativas al uso de calostro natural

De entre las indicaciones del uso de fuentes alternativas de calostro, destacaron entre otras la ausencia de la producción de calostro por parte de las madres, en partos múltiples, con crías débiles o bien con un escaso peso al nacimiento y en casos de muerte de la madre o bien en el manejo propio de la lactancia artificial donde una relación muy larga con la madre dificulta la posterior adaptación a la misma (Larson y col., 1974; Eales y col 1982; Al-jawad y Lees, 1985; Sherman y col., 1990; Winter y Clarkson, 1992; Argüello y col., 1998b). El uso de alternativas al calostro de la madre está también instaurado como prevención de ciertas patologías transmitidas a través del calostro materno, como por ejemplo el CAEV (Peretz, 1992; Greenwood y col., 1995; Nord y col., 1998).

Tampoco se debe olvidar que el calostro aparte del aporte de defensas cubre otra serie de funciones, entre ellas la laxante (García de Jalón y col., 1990). Así Heath (1985) afirmó que el aporte de la misma cantidad de calostro vacuno que de ovino a un cordero, reduce a la mitad la cantidad de grasa consumida, reduciendo el efecto laxante de la misma, por lo que recomienda añadir aproximadamente 55 g de aceite vegetal por litro de calostro vacuno que se administre a corderos.

En el ganado caprino el uso de calostro vacuno también se encuentra extendido. Greenwood (1993) realizó un estudio con cabritos de raza Saanen y Alpina Británica en Australia, donde de entre varios lotes de cabritos uno de ellos fue encalostado con calostro vacuno, no observando ningún efecto adverso. Nord y col. (1998) tras encalostar a 229 cabritos con calostro de vaca, encontraron un ligero aumento en los problemas respiratorios, achacable a la ausencia de ingesta de calostro caprino. Este manejo es seguido habitualmente como medida profiláctica del contagio de la Artritis Encefalitis Caprina (Nord y col., 1998) o de la enfermedad de Jonh (paratuberculosis). Guerrault (1990) trabajando con cabritos, y ensayando 4 tipos de calostro caprino

pasteurizado, bovino sin tratar, bovino en polvo y bovino liofilizado encontró que las concentraciones séricas de los cabritos fueron de 15, 11,1 y 3 mg/ml en el segundo día.

En el caso del ganado ovino (Logan y col., 1978a; Eales y col 1982; Al-Jawad y Lees, 1985; Sherman y col., 1990; Winter y Clarkson, 1992) uno de los principales substitutivos del calostro materno ha sido el de origen vacuno, dada la gran producción de calostro por parte de las vacas y el escaso uso comercial que se hace de él. Ya en el año 1974 Larson y col. demostraron la efectividad del calostro bovino liofilizado en la transferencia de Ig específicas contra antígenos de *E. coli*. El suero sanguíneo vacuno también ha sido usado satisfactoriamente como substitutivo del calostro ovino en corderos (Al-Jawad y Lees, 1985), si bien acompañado de un lactorreemplazante como fuente energética. Por el contrario, los mismos autores no recomendaron el uso de sangre entera (vacuna u ovina) como reemplazante del calostro ovino en corderos, dado que no aporta los suficientes niveles de inmunidad.

Uno de los principales problemas que ocasiona el uso de calostros heteroespecíficos, es la aparición de anemias hemolíticas en los animales recién nacidos. Este hecho es debido a la ingesta de anticuerpos sensibilizados a la propia especie. La anemia hemolítica por consumo de calostro vacuno ha sido descrita en cabritos y corderos por Winter (1990) y Perrin y col. (1995).

Como una nueva alternativa en el encalostado, observamos que el uso de calostros comerciales se encuentra ampliamente distribuido, sobretodo en el ganado ovino (Solanes y col., 1995). Generalmente se trata de productos concentrados y esterilizados procedentes bien de ganado vacuno u ovino. Su utilización como única fuente de Ig no ha tenido resultados totalmente satisfactorios. Usando calostro comercial de origen caprino, Constant (1994) no logró concentraciones sanguíneas de IgG en cabritos superiores a las encontradas en cabritos alimentados con calostro natural caprino pasteurizado. Lo que se justifica comentando que la presencia de ciertas enzimas, hormonas y factores de crecimiento pudieran explicar este hecho. Otra explicación al hecho reseñado anteriormente es que el mecanismo de absorción de macromoléculas del intestino no es selectivo a las Ig, por lo que una mayor proporción de albúmina en los calostros comerciales, pudiera

competir con la absorción de Ig, como así ocurre en terneros, donde la adición de albúmina al calostro, disminuye la absorción de IgG₁ de un 59% a un 36% (Besser y Osborn, 1993).

Autores como Solanes y col. (1995), encontraron mayores mortalidades en lotes de corderos criados sólo con calostro comercial (60g/animal) que en lotes donde se ha usado como complemento un encalostrado natural, y Bernabé y col. (1998) asociaron el uso de un calostro comercial con la aparición de casos de poliartritis asociada a *klebsiella pneumoniae* en cabritos.

La vía parenteral ha sido ensayada por Quigley y Welborn, (1996) los cuales han obtenido un cierto éxito en el uso de soluciones concentradas de Ig para solucionar problemas de fallo de transferencia pasiva de inmunidad en terneros, siendo la fuente utilizada para la obtención de Ig la sangre de vaca obtenida en mataderos. Dichos autores han ensayado la vía intravenosa y la subcutánea con distinto éxito. Mientras que por la vía intravenosa consiguieron un incremento de 2.9 g/l de IgG, por vía subcutánea no lograron ningún incremento, siendo la causa de la diferencia, el método de obtención del concentrado de Ig. Finalmente parece que el uso de concentrados de Ig vía parenteral, puede ser utilizado como fuente de inmunidad en terneros donde ya ha concluido el período de transporte intestinal de macromoléculas (Crawford y col., 1995; Crowley y col., 1994; Quigley y Welborn, 1996).

2.7.5.8. Métodos de conservación del calostro

a) Congelación

Para Chelack y col. (1993), la congelación del calostro no es un método adecuado, en el ganado vacuno. Entre las razones expuestas estaban en primer lugar la costumbre de congelar calostros de entre los 6 primeros ordeños, sin contrastar su contenido en Ig, en segundo lugar requiere de un espacio en condiciones de congelación que puede ser muy grande, y finalmente las tareas de descongelación y atemperado pueden ser largas y tediosas. En contra a lo expresado anteriormente, Klobasa y col. (1998) encontraron que no hay diferencias en los niveles

de Ig en suero de terneros ni en su coeficiente de absorción, en terneros alimentados con calostro congelado o bien liofilizado de la misma concentración.

b) Deshidratación

La fabricación de concentrados de calostro mediante diversas métodos de deshidratación ha sido una práctica común en el ganado vacuno. Chelack y col., (1993) testaron tres métodos de deshidratación, liofilizado, evaporación por microondas y evaporación por secado, encontrando que el método con mayor eficacia y retención de anticuerpos y con menor costo y gasto energético fue la evaporación por secado.

c) Acidificación

Cuando los métodos de refrigeración o deshidratación no están disponibles, la acidificación en condiciones de climas cálidos con formaldehído es una alternativa viable según Mbuthia y col. (1997).

3. Material y métodos

3.1. Material animal

Cabras

El presente trabajo se ha realizado en las instalaciones de la Granja de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, sita en Montaña Cardones situada al noreste de la isla de Gran Canaria (España) y a una altura sobre el nivel del mar de 100 m.

Los animales que participaron en la experiencia eran cabras pertenecientes a la Agrupación Caprina Canaria (Variedad Majorera) explotadas bajo condiciones intensivas. Los alojamientos habilitados para los animales de la experiencia cubrieron siempre las necesidades en superficie postuladas por Fuentes (1989), y dispusieron de una alimentación balanceada a lo largo de la lactación y primeros días postparto según sus necesidades y adaptadas a los requerimientos del INRA. La ración estuvo formada por maíz, alfalfa y remolacha en pellets, soja y paja de buena calidad o, según disposición, tronco u hoja de platanera, racionándose para cada fase fisiológica en que se encontraban los animales.

El manejo reproductivo de los animales fue el tradicional en las islas con introducción brusca del macho para favorecer la aparición del efecto macho y monta natural.

El número total de animales que formaron parte en la presente experiencia fue el siguiente:

Cabras: 14 de 1^a lactación
 13 de 2^a lactación
 14 de 3^a lactación
 12 de 4^a lactación
 7 de 5^a lactación



Cabritos	Lote LN	12
	Lote EAAL	12
	Lote EAR	12
	Lote EAC	12

Partos

Al objeto de estar presente en la mayoría de los partos posibles, las cabras se controlaron desde las 8 a.m. hasta las 8 p.m. durante la época de partos. Una vez que se producía éste (en el caso que los partos fueran por la noche, las tareas se realizaban a las 8 de la mañana siguiente) el baifo se separaba de la madre y se realizaban las siguientes tareas:

- .- Limpieza y secado.
- .- Desinfección del cordón umbilical.
- .- Pesado e identificación mediante cadenilla numerada.
- .- Toma de sangre.

Una vez realizadas las tareas anteriores, en las que nunca se invertían más de 10 minutos, los cabritos eran asignados a uno de los lotes experimentales.

Lote 1 (LN).- Encalostrado natural (Figura 5). Estos cabritos eran devueltos a la madre y continuaban con ellas toda la experiencia.



Figura 5. Encalostrado natural.

Lote 2 (EAAL).- Encalostrado artificial *ad libitum*. Estos cabritos una vez realizadas las operaciones iniciales eran alojados en una instalación de lactancia provista de cama de serrín y foco de calor. Allí se les administraba en biberón (Figura 6), *ad libitum*, durante tres días, dos veces al día, calostro obtenido de partos anteriores y mantenido en refrigeración (4°C) no más de dos días.



Figura 6. Manejo de la administración del calostro en biberon.

Lote 3 (EAR).- Encalostrado artificial restringido. Al igual que en caso anterior y tras la realización de las primeras tareas sobre los cabritos, éstos eran alojados en una instalación de lactancia provista de cama de serrín y foco de calor. Allí se les administró en biberón, 100 ml por kg de peso vivo nacimiento, durante dos días, dos veces al día, de calostro obtenido de partos anteriores y mantenido en refrigeración (4°C) no más de dos días.

Lote 4 (EAC).- Encalostrado artificial comercial. Estos cabritos una vez realizadas las operaciones iniciales eran alojados en una instalación de lactancia provista de cama de serrín y foco de calor. Siguiendo las recomendaciones del fabricante, se administraron dos dosis de 10 g de calostro comercial, al nacimiento y 5 horas después, continuando a las dos horas con el aprendizaje en lactancia artificial. La composición del calostro

comercial administrado fue 32.88% humedad, 6.62% de proteína bruta, 22.50% materias grasas (hidrolizadas), 0.15% celulosa, 1.34% materias minerales, 2.76% azúcares totales (sacarosa), 0.94% cenizas brutas, 0.79% nitrógeno total, 0.14% calcio, 0.11% fósforo y 0.1% sodio (según datos suministrados por el fabricante).

3.2. Muestreos

Calostro

Muestras de 300 ml de calostro se obtenían de las dos mamas del animal en el momento del parto, y posteriormente con una periodicidad de 12 horas hasta las 132 horas del mismo. Dicha muestra fue dividida en tres partes, por un lado 3 eppendorf de 1.5 ml eran congelados a -20°C para la determinación de la IgG caprina, por otro 80 ml de calostro eran conservados a 4°C tras la incorporación de 0.2 g de Dicromato potásico y enviados con la mayor brevedad al Instituto Canario de Investigaciones Agrarias del Gobierno de Canarias sito en La Laguna (Tenerife) para la determinación de la composición química, utilizándose el resto de la muestra obtenida para las determinaciones físicas.

Sangre

De los cabritos se obtenía mediante punción en la vena yugular, 3 ml de sangre en el momento del parto y posteriormente con una periodicidad de 12 horas hasta las 84 horas postparto. Dicha sangre fue centrifugada durante 5 minutos a 3500 r.p.m. a 4°C en una centrífuga de marca KUBOTA 5100 y el suero obtenido se dividía en 2 alícuotas, siendo conservado a -20°C hasta la determinación de su contenido en IgG caprina.

3.3. Metodología empleada

3.3.1. Análisis químicos

3.3.1.1. Inmunodifusión Radial

a) Introducción

La inmunodifusión radial es la técnica más aceptada actualmente para la determinación y cuantificación de Ig en suero sanguíneo o leche, según dos protocolos, Inmunodifusión radial limitada (Mancini y col. 1965) o bien Inmunodifusión radial cronometrada (Fahey y McKelvey, 1965). En el presente trabajo se ha utilizado la primera dado que ofrece mayores facilidades a la hora de la lectura de resultados.

b) Fundamento

La técnica consiste en distribuir uniformemente en agar una cierta cantidad de anti-inmunoglobulina G (antiIgG). Una vez el agar ha solidificado en placas de Petry, se practican en el una serie de pocillos donde se introducen las muestras patrón y las muestras problemas. Conforme las muestras difunden radialmente a través del agar se produce una reacción antígeno-anticuerpo (IgG se une a antiIgG) y como resultado de la misma se produce la precipitación de la molécula resultante. Fruto de esta precipitación se forma un halo circular en torno al pocillo (Figura 7), cuya dimensión depende de la estequiometría antígeno-anticuerpo.

La técnica descrita por Mancini y col. (1965) tiene ciertas limitaciones. En primer lugar el anticuerpo difundido en el agar ha de estar a bajas concentraciones para poder determinar concentraciones de antígeno pequeñas, y en segundo lugar a de ser lo suficientemente elevada la concentración de anticuerpo difundida en el agar como para medir altas concentraciones de antígeno.



Figura 7. Presentación de los halos formados por la precipitación de los complejos antígeno-anticuerpo.

c) Preparación de reactivos

EDTA 0.4M

Se agregan 152 g de EDTA (sal tetrasódica) y 148.9 g de EDTA (sal disódica) a 900 ml de agua destilada, se agita la mezcla en un agitador magnético, aportando calor para facilitar la dilución de los solutos. Posteriormente se lleva a un litro ajustando el pH a 7.8.

Tampón de glicina

Por cada litro de buffer se añade 7.5 g de glicina a 600 ml de agua destilada, agregándose con posterioridad 100 ml de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) 0.4M. Se ajusta el pH de la muestra a 7.0 y se lleva a un litro controlando el pH.

Agarosa al 2%

Para la preparación de un litro de agarosa al 2%, se añadían 10 g de agarosa a 150 ml de tampón de glicina frío, con posterioridad se añadían 850 ml de tampón previamente calentado, se agitaba en

agitador magnético con aporte de calor, hasta obtener una solución clara, sin permitir que la agarosa hirviese.

Anti-IgG caprina.

Para la preparación de la Anti-IgG caprina se siguieron las indicaciones de Harlow y Lane (1988). Se inocularon 8 conejos cruzados California x Neozelandés con una solución homogeneizada que contenía 1.2 ml de IgG (Sigma Immuno Chemicals) a una concentración de 0.67 mg/ml y 2 ml de adyuvante de Freund completo (Laboratorios Sigma).

Para la inoculación se rasuró el lomo de los animales y se depositó el inóculo en 10 localizaciones subcutáneas a lo largo del mismo, teniendo especial cuidado de no inocular en músculo subcutáneo o bien en pared costal, así como evitar que tras la retirada de la aguja el inóculo depositado refluyese. El objetivo de dicha inoculación era la producción por parte de los conejos de un suero hiperinmune frente a la IgG caprina. El adyuvante de Freund (Harlow y Lane, 1988) es vital para conseguir, por parte de los conejos una respuesta de estimulación fuerte y prolongada.

A las cinco semanas de la inoculación, los conejos fueron sangrados por punción en vena marginal de la oreja. Dicha sangre fue centrifugada a 3500 r.p.m. durante 3 minutos, controlándose el grado de reacción de los conejos al inóculo. El resultado de esta inoculación fue bueno, aunque se debió realizar una reinoculación para fortalecer el antisuero producido. La única diferencia de esta segunda reinoculación fue el uso de adyuvante de Freund incompleto para evitar los efectos indeseables del mismo.

Tras 15 días de la segunda inoculación, los animales fueron anestesiados y sangrados mediante punción cardiaca hasta su muerte. La sangre obtenida de los 8 animales fue centrifugada a 3500 r.p.m. durante 3 minutos, repartiéndose el suero obtenido en alícuotas que se congelaron a -20°C hasta su uso.

d) Preparación de las placas

Una vez preparada la agarosa al 2% y atemperada a 55°C, se mezclaba con la anti-IgG caprina (preparada con anterioridad) a la concentración que se determina en el siguiente apartado. De la mezcla resultante se vertieron 20 ml en cada placa de Petry, se dejó enfriar y una vez solidificado se introdujeron 24 horas a 4°C. Tras este periodo de maduración de la agarosa, y sobre una plantilla se practicaron 10 pocillos en el agar equidistantes entre sí 2 cm de tal manera que se impidiese la interferencia entre los halos de los diferentes pocillos. Los pocillos fueron identificados por la parte posterior de la placa del 1 al 10, así como también las placas eran numeradas correlativamente.

e) Puesta a punto de la técnica

Para estudiar cual fue la concentración de anti-IgG necesaria para los ensayos, se realizó la siguiente experiencia. Se diluyeron 0.8, 0.6, 0.4 y 0.2 ml de anti-IgG (a 55°C) en 19.2, 19.4, 19.6 y 19.8 ml de agarosa al 2% atemperada a 55°C y se vertieron el contenido en varias placas de Petry que se rotularon con la concentración resultante de anti-IgG 0.04, 0.032, 0.02 y 0.01 mg/ml de anti-IgG. En cada una de estas placas se realizaron pocillos en los que se inocularon concentraciones conocidas de IgG caprina y se procedió según la técnica descrita anteriormente. La concentración de anti-IgG que mostró los mejores resultados a las 24 horas de incubación fue la de 0.032 mg/ml, mostrando una buena definición de los halos así como una discriminación entre las diferentes concentraciones.

f) Realización de la técnica

Para la determinación de las muestras problema (calostro y suero) se prepararon las placas según las indicaciones anteriormente mencionadas. En cada una de las placas se introducían 3 patrones de concentración conocida de IgG caprina, 50, 25 y 1 mg/ml, siempre en localizaciones distintas siendo el volumen introducido en los pocillos de 10 microlitros. Por tanto en cada una de las placas se podían introducir 7 muestras problema.



Tras la siembra de las placas se introducían a 36°C en condiciones de máxima humedad en una estufa, donde permanecían durante 24 horas.

Tras el periodo de incubación se sacaban de la estufa y se medía con un calibre el diámetro de los halos formados. Con las tres concentraciones de referencia se calculaba una recta de regresión, según se comenta en el fundamento de la técnica, y extrapolando los resultados de diámetro de las muestras problema en la recta de regresión de cada placa se obtenían los resultados en concentración de IgG caprina.

En el caso de que los halos no resultasen circulares o bien que presentasen alguna irregularidad, esas muestras eran repetidas, y si correspondía a una muestra patrón se repetía la placa entera.

3.3.1.2. Composición química del calostro

El calostro conservado en Dicromato potásico y refrigerado se envió con la mayor brevedad posible al laboratorio de la Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes dependiente del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias del Gobierno de Canarias, donde mediante un Milko-Scan 133, se obtenía su composición en proteína bruta, grasa, lactosa y extracto seco.

3.3.2. Análisis físicos

3.3.2.1. pH

La medición de la acidez en el calostro se obtuvo mediante la determinación del pH, con un pHmetro CRISON 507 directamente sobre las muestras de calostro a 20°C.

3.3.2.2. Conductividad

La conductividad se midió con un conductímetro HANNA HI 8733 sobre el calostro a 20°C expresándose los resultados en mS/cm.



3.3.2.3. Densidad

Para la determinación de la densidad del calostro se utilizó un lactodensímetro ALLA con un rango de lectura de 1000 a 1100 g/l. La determinación se realizó a 20°C.

3.3.2.4. Color

El análisis de color se ha realizado con un colorímetro Minolta CR-200, determinando el espacio de color definido por la norma CIE (Commission International d'Eclairage): plano cromático de coordenadas a^* (valores positivos corresponden a tonos rojos y negativos a verdes) y plano cromático de coordenadas b^* (valores positivos tonos amarillos y negativos azules), situándose perpendicular a ellos el eje L^* (Figura 8) (luminosidad). Los valores de a^* y b^* , se utilizan para el cálculo de C^*_{ab} (croma) y de H°_{ab} (ángulo hue) mediante un sistema de coordenadas cilíndricas (Wyszecki y Stiles, 1982). Las ecuaciones de transformación correspondientes son:

$$C^*_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$H^{\circ}_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* > 0 \text{ y } b^* > 0$$

$$H^{\circ}_{ab} = 90^{\circ} + \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* < 0 \text{ y } b^* > 0$$

$$H^{\circ}_{ab} = 180^{\circ} + \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* < 0 \text{ y } b^* < 0$$

$$H^{\circ}_{ab} = 270^{\circ} + \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* > 0 \text{ y } b^* < 0$$

El cromatismo, representa el módulo o longitud del vector y el ángulo hue, la rotación del mismo. Los valores de L^* (luminosidad) se encuentran en una escala que va de 0 (negro) a 100 (blanco). H°_{ab} (ángulo Hue) viene en grados y C^*_{ab} (croma) al tratarse de un módulo carece de unidades.

3.4 Tratamiento estadístico

Para el análisis de las variables de composición química y física en el tiempo, se utilizó un modelo de análisis lineal de medidas repetidas de tres factores, un factor intrasujeto y dos factores entresujeto, donde los tiempos de medición constituyen los niveles de un factor de efectos fijos (M), los números de lactación se corresponden con los niveles de un factor de efectos fijos (NL), los tipos de prolificidad constituyen los niveles de un factor de efectos fijos (P) y los individuos utilizados son una muestra aleatoria de un factor de efectos aleatorios anidado (I). El modelo lineal que se postuló fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \delta_{(jkl)l} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde Y_{ijkl} es la puntuación del animal l , perteneciente a la subpoblación LP_{jk} , sobre la variable M_i , μ es la magnitud general de las puntuaciones, α_i es el efecto debido a la variable i -ésima, β_j es el efecto debido a la j -ésima subpoblación, γ_k es el efecto debido a la k -ésima subpoblación, $(\alpha\beta)_{ij}$, $(\alpha\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$ y $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ son las interacciones, $\delta_{(jkl)l}$ es el efecto debido al l -ésimo individuo de la jk -ésima subpoblación y ε_{ijkl} es el error del modelo lineal.

En el análisis de relación entre las variables de composición química y física se utilizó el grado de asociación lineal mediante el coeficiente de correlación de Pearson. De aquellas cuya correlación fue estadísticamente significativa, se determinó su ecuación de regresión lineal simple, mediante el programa SPSS (versión 8.0).

Para el análisis del nivel de IgG sanguíneo se utilizó un modelo de análisis lineal de un solo factor, a fin de determinar, por separado, la variación atribuible a los efectos del tipo de encalostado, tipo de parto, sexo y a la vitalidad, utilizando el peso al nacimiento como covariable:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} es el valor individual del animal, μ es la media de la población, α_i es el efecto del factor i -ésimo bajo consideración (tipo de encalostado, tipo de parto, sexo o vitalidad), βX_{ij} es la regresión del nivel de IgG sanguíneo sobre el peso al nacimiento del animal j -ésimo en



el factor i -ésimo bajo consideración y ε_{ij} es el error asociado al registro ij -ésimo.

En el caso de los factores tipo de parto, sexo y vitalidad, se consideraron conjuntamente los animales pertenecientes a los lotes 1, 2 y 3, a fin de incrementar el tamaño muestral.

Para el análisis de relación entre los niveles de IgG sanguíneo y consumido se utilizó el grado de asociación lineal mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

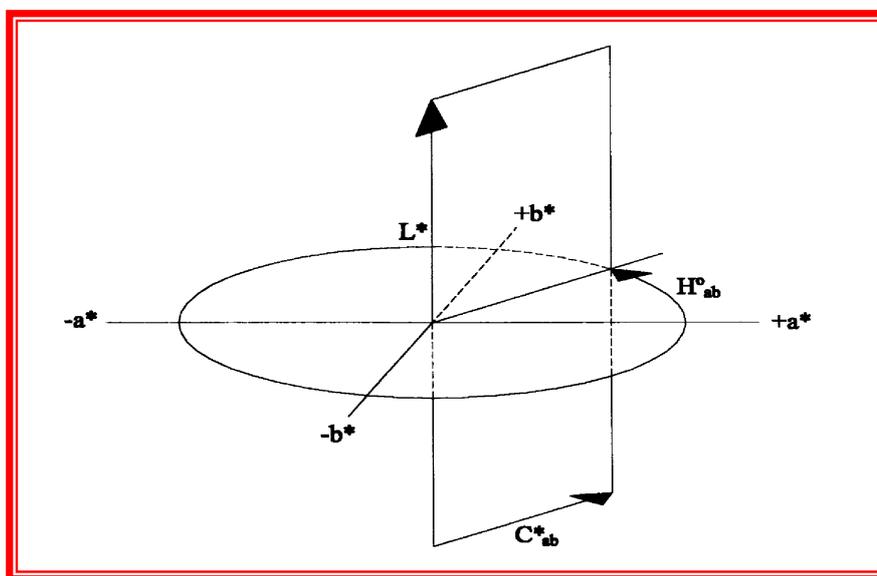


Figura 8. Representación en coordenadas cilíndricas de los parámetros L^* (luminosidad) y a^* y b^* .

4. Resultados y discusión

4.1. Parámetros químicos

4.1.1. Proteína

La proteína calostrál (Tabla 1, Gráfica 1, Anexo: Tabla 1), al igual que veremos que sucede con la grasa y sólidos totales, declina rápidamente hasta aproximadamente el cuarto día postparto, momento en el que se estabiliza en torno al 4%, manteniéndose con cierta tendencia a la baja prácticamente a lo largo de toda la lactación salvo al final de la misma que experimenta un incremento (Capote, 1999).

Tabla 1. Evolución de la composición química calostrál durante los primeros cinco días postparto.

Horas	Proteína %	Grasa %	Lactosa %	ST %
Parto	9.58	8.09	3.98	22.46
24	6.97	8.57	4.07	19.69
48	5.38	7.20	4.37	17.50
72	4.80	7.01	4.48	16.84
96	4.35	6.62	4.66	16.11
132	4.17	5.93	4.71	15.58

ST: sólidos totales

Esta evolución en dicho periodo de tiempo se ajusta fielmente a una función cuadrática cuya expresión matemática correspondería a:

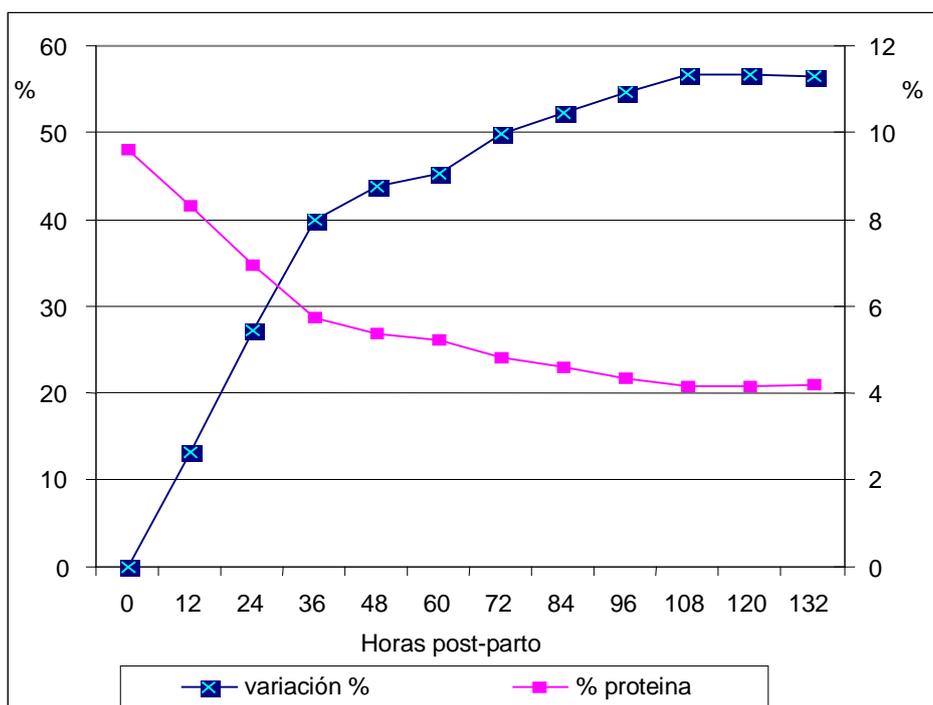
$$\% \text{ proteína} = 0.0005t^2 - 0.0981t + 9.28 \quad r^2 = 0.95 \quad P < 0.001$$

t: horas

Como se observa en la Gráfica 1, existen dos momentos claves en la tendencia en cuanto a porcentaje proteico calostrál. El primero sobre las 36h postparto con una disminución muy pronunciada, estimándose la caída proteica en torno al 1.3%/hora desde el momento del parto, lo que hace que en esas 36 primeras horas la caída global ronde el 40% frente al presentado en el momento del parto. A partir de este momento y hasta aproximadamente las 108h postparto, la tendencia también es a la baja pero de una forma más moderada (0.27%/hora), alcanzando al final de dicho periodo del orden de un 60% menos de proteína que en el momento inicial. A partir de aquí y como comentamos anteriormente, la

tendencia es hacia la estabilidad, ligeramente descendente en los meses sucesivos. Los últimos valores presentados (132h) resultan ligeramente superiores al 3.79% presentados por Fresno y col. (1992) y al 3.53% citado por Capote (1999), si bien en ambos casos los animales aun perteneciendo a la ACC, eran de la variedad Tinerfeña y el manejo tanto alimenticio como reproductivo seguido difería notablemente.

Gráfica 1. Evolución del porcentaje proteico del calostro y su variación (%) en los cinco primeros días postparto.



El conocimiento de este comportamiento, como analizaremos al estudiar la evolución de las inmunoglobulinas, va a resultar de vital importancia en la elección del calostro que pretendamos conservar y administrar a los cabritos a fin de evitar la mortalidad en su mayor grado sin mermar su potencial de crecimiento.

Al comparar los resultados encontrados en la ACC frente a los valores citados para otras razas caprinas encontramos que todos coinciden en una fuerte pendiente negativa fundamentalmente en los dos-tres primeros días postparto, si bien difieren en los valores de partida. Así, Graf y col. (1970) trabajando con cabras German Coloured citan valores entre 8-9% al parto y entre 4-5% al tercer día. Análogas cifras encuentran Linzel y Peaker (1974) en un trabajo sobre la



evolución química del calostro pre y postparto. Valores ligeramente inferiores (6-7%) citan para cabras West African Dwarf (Akinsoyinu y col., 1977). Por el contrario, valores al parto, que incluso casi doblan a los hallados en la ACC son citados por Csapo y col. (1994) en cabras Blancas Húngaras (16.58%), Hadjipanayiotou (1995) en cabras de raza Damasco (16%) o Chen y col. (1998) en cabras Nubias criadas en Taiwan (16.46%). Estas diferencias podrían estribar en una diferente base genética, ya que como señalaron Pritchett y col. (1991) el peso del primer ordeño es una de las variables más determinantes en la cantidad de soluto presente en el calostro, siendo dicha concentración mayor cuanto menos peso tenga el primer ordeño. Este hecho fue corroborado por Quigley y col. (1994) en ganado vacuno Jersey, lo que conduciría a pensar en que las cabras de vocación lechera, a parte de otros factores como alimentación o duración de la lactación, al presentar una mayor producción lechera desde el principio, los solutos y entre ellos las proteínas, estuvieran más diluidos y en consecuencia presentasen una menor concentración.

Comparando las cifras anteriores con algunas citadas para el ganado ovino, el porcentaje proteico al parto es semejante en los casos de cabras con aptitud fundamental cárnica (19%) pero claramente superior al de cabras de vocación lechera. Parece que estas diferencias tienden a igualarse rápidamente (6.4 *vs* 6.9 en ovejas y cabras respectivamente) según Pattinson y col.(1991).

4.1.1.1. Inmunoglobulinas

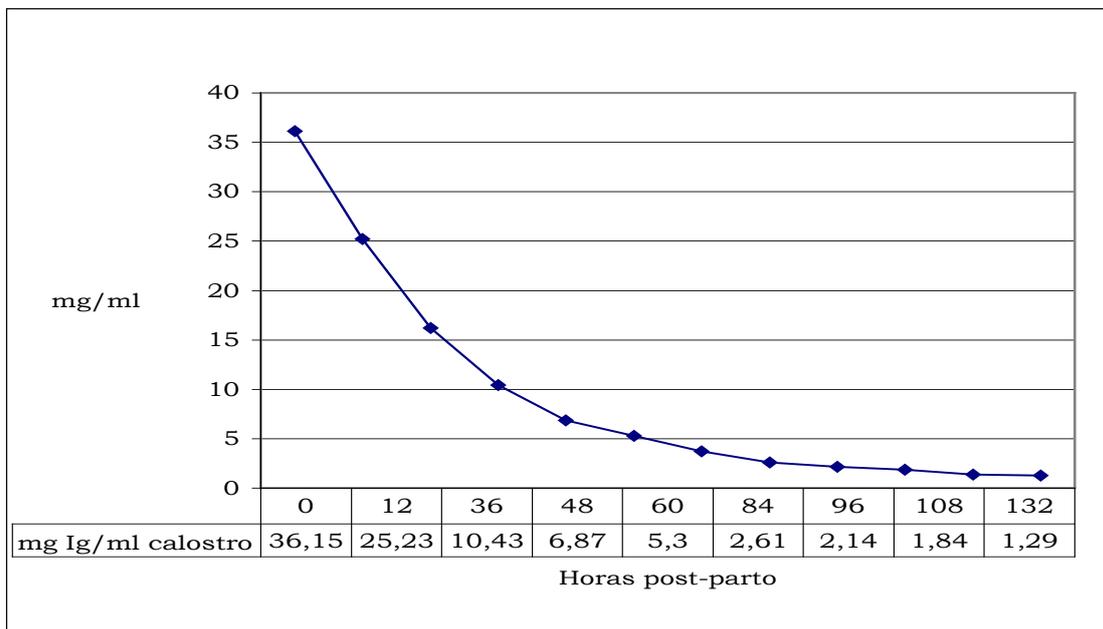
Como se ha comentado en la revisión bibliográfica, el poder inmunitario del calostro a través del aporte de inmunoglobulinas es una de sus principales características, y por ello, se hace necesario un estudio cuantitativo y evolutivo a fin de poder hacer un mejor enalostro de los animales. El trabajo se centra en la concentración de IgG, debido a que se trata de la inmunoglobulina predominante, pudiendo cifrarse entre el 80 y 90% del total de las inmunoglobulinas presentes en el calostro (Klaus y col. 1969; Neubauer y Schöne, 1979; Lacerata y col., 1996).

En la Gráfica 2 se representa la evolución y valores en el tiempo de IgG en mg/ml de calostro durante los cinco primeros días postparto. Analizando ésta, comprobamos que se ajusta mejor a una función exponencial que a una cuadrática como en el caso del porcentaje proteico total, siguiendo la expresión matemática;

$$\text{IgG mg/ml} = 28.98 e^{-0.0261 t} \quad r^2 : 0.97. \quad P < 0.001$$

t: horas postparto

Gráfica 2. Evolución de la IgG en mg/ml en las 132 primeras horas.

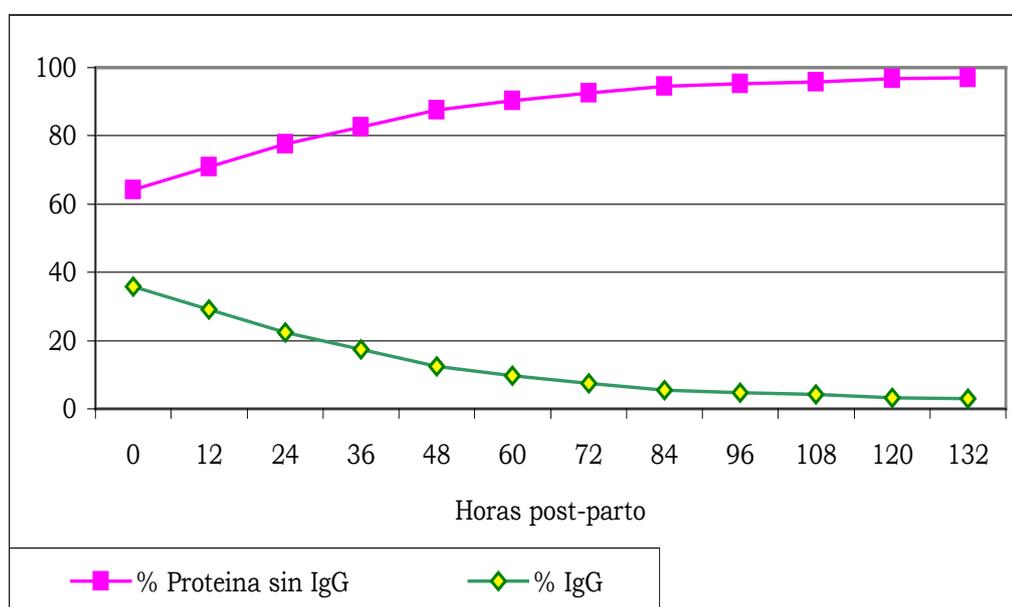


Valores próximos (sobre 45 mg/ml al parto y cercanos al 0 al tercer día) y evolución semejante a la de la ACC fue descrita por Linzel y Peaker (1974) en un estudio sobre la evolución del calostro pre y postparto. Posteriormente, Ubertalle y col. (1987) trabajando con cabras Saanen y Camosciata citan también valores muy semejantes a la hora del parto (52 mg/ml), pero bastante inferiores a las 24 h (3.6 mg/ml vs 16.2 mg/ml). En el caso de la raza Nubiana (Chen y col., 1998) los valores son claramente superiores a los de la ACC tanto en el momento del parto (72 vs 36 mg/ml), como a las 36h (18 vs 10 mg/ml) y a las 132h (4.6 vs 1.3 mg/ml). Si bien los valores más elevados encontrados en la bibliografía están descritos por Dos Santos y col. (1994)

trabajando con cabras rústicas brasileñas que citan cifras al parto de 126 mg/ml y de 34 mg/ml a las 12 horas del mismo.

Vistos estos valores se podría afirmar que aquellas razas seleccionadas para la aptitud lechera presentan inferiores tasas de IgG por ml de calostro, lo que no implica que la producción total de inmunoglobulinas sea menor, ya que la producción total de calostro es generalmente mayor.

Gráfica 3. Evolución del porcentaje que representa la IgG sobre la proteína total del calostro en animales de la ACC.



Como se representa en la Gráfica 3, la participación de la IgG sobre la proteína total presente en el calostro pasa de un 36% en el momento del parto al 3% a las 132 horas. Resultados algo superiores (49% y 8% al nacimiento y cinco días postparto respectivamente) han sido referidos por Chen y col. (1998) si bien trabajando con cabras de menor producción lechera. Sin embargo, al hacer la comparación sobre la evolución sobre porcentaje inicial de IgG, a las 12 horas postparto en la ACC descendía al 70%, mientras que en cabras nativas coreanas al 42% (Ha y col., 1986) y en cabras Nubias en Taiwan al 55% (Chen y col., 1998). A las 24 horas postparto, la concentración de IgG en el calostro de las cabras de la ACC, representaba el 45% del valor inicial, valor más elevado que el 34% citado por Chen y col. (1998) y muy superior al 10% descrito por Ha y col. (1986).

Como se deduce de las afirmaciones precedentes, la mayor variabilidad en la ACC tanto en el porcentaje de proteína sin IgG, como en el porcentaje de IgG, tienen lugar en las 36 primeras horas postparto. Así en el primer caso en este periodo hay una reducción cercana al 40% y en el segundo próxima al 70 %. Si representamos (Gráfica 4) estas situaciones y la de la proteína total durante este periodo de tiempo mediante un ajuste lineal y analizamos sus pendientes encontramos diferencias significativas entre todas ellas, encontrando las siguientes expresiones matemáticas:

$$\text{Proteína total \%} = 9.58 - 0.1070 t \quad r=0.99$$

$$\text{Proteína sin IgG \%} = 6.26 - 0.0396 t \quad r=0.98$$

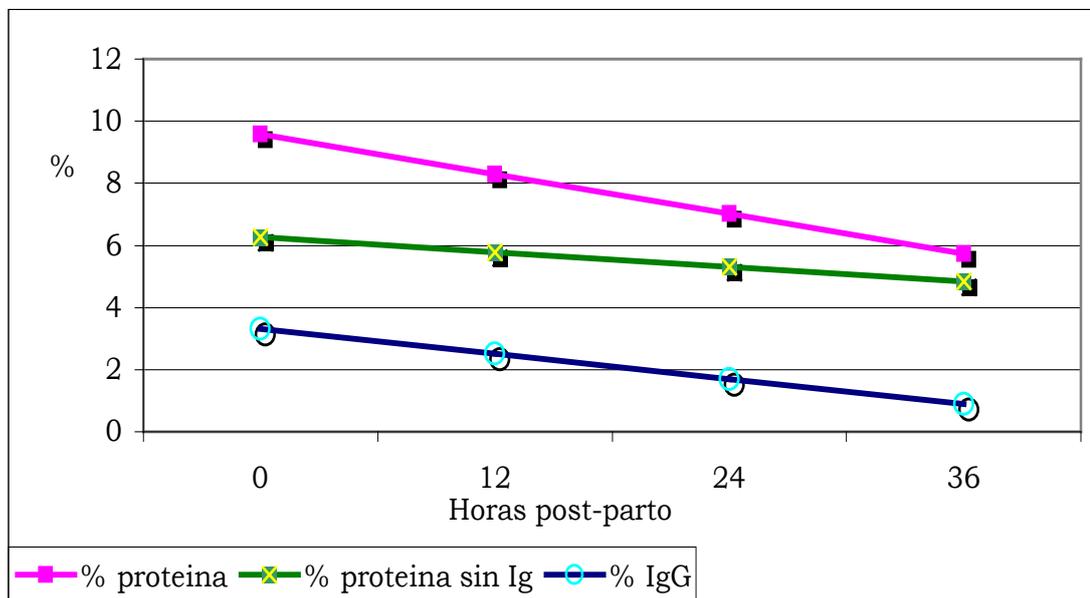
$$\text{IgG \%} = 3.32 - 0.0674 t \quad r=0.99$$

t: tiempo entre 0 y 36 horas

Donde comprobamos que la mayor pendiente negativa es la correspondiente a la proteína total (-0.11%/hora), siendo prácticamente doblemente responsable de este descenso la caída de IgG (-0.07%/hora) frente a la proteína sin tener en cuenta la IgG (-0.04%/hora).

Las concentraciones máximas observadas en los trabajos de la bibliografía para la concentración de IgG calostrales son 134.18 mg/ml (Ha y col., 1986) y 79.2 mg/ml (Chen y col., 1998), pareciendo que cuanto más alta sea la concentración inicial, más alta será la persistencia en la curva de descenso de la IgG. En la presente experiencia, se puede confirmar esta aseveración, dado que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.015$) entre el porcentaje de representación a las 12 horas entre animales con una concentración inicial mayor a 26.56 mg/ml (92.49%) y aquellos con una concentración menor (55.71%). Este hecho ha sido sugerido por Ferrer y col. (1997) si bien estos autores pensaban que se trataba de una característica del ganado caprino.

Gráfica 4: Pendientes de las proteínas calostrales durante las 36 primeras horas postparto.



4.1.1.2. Factores de variación de la concentración de IgG

Como se ha expuesto anteriormente, la variabilidad individual expresada por el alto coeficiente de variación es muy elevada pudiendo estar influenciada por los siguientes factores:

Prolificidad

Se dispone de escasa bibliografía en referencia al efecto que la prolificidad ejerce sobre el nivel de IgG en el calostro caprino. Como se muestra en la Tabla 2, no se observan diferencias estadísticamente significativas salvo en el momento del parto ($P < 0.05$), pero sí una tendencia a niveles superiores de IgG en animales de parto simple. Quizás el mantener unas menores necesidades nutritivas, favorezca de alguna manera la incorporación de IgG a la glándula mamaria. En ganado ovino, Pattinson y col. (1991) trabajando con ovejas de raza Cambridge), tampoco observaron efecto de la prolificidad o del peso al nacimiento de las crías.

Tabla 2. Evolución de la concentración de IgG (Media±Desviación Típica) en el calostro en función de la prolificidad.

Horas	Parto simple	Parto doble
0	46.15±24.10	30.81±17.52
12	26.07±11.27	24.38±11.98
24	17.05±8.11	15.63±9.64
36	8.89±6.57	10.71±7.25
48	8.31±5.22	5.88±4.04
60	5.92±4.39	4.78±4.23
72	4.25±2.55	3.21±2.98
84	3.55±2.57	2.06±2.16
96	2.86±3.11	1.73±2.02
108	1.76±1.02	1.84±1.76
120	1.60±0.78	1.20±1.17
132	1.30±0.60	1.20±1.30

P<0.409

Media ± desviación típica

Número de lactación

La edad del animal, que en ganado caprino está muy relacionada con el número de lactación (Tabla 3) no parece presentar efecto significativo sobre la concentración de IgG calostrual en ningún momento del estudio. Este resultado concuerda con lo citado por Dos Santos y col.(1994). Por el contrario, Ha y col., (1986) trabajando con cabras nativas coreanas, si observaron que la concentración de IgG en calostro de cabras primíparas era menor que en multíparas. Las referencias a este respecto en ganado vacuno son mucho más abundantes y casi todas en el sentido de que la concentración en IgG calostrual es mayor conforme avanza el número de lactación (Kruse, 1970; Oyeniyi y Hunter, 1978 citado por Csapo; Muller y Ellinger, 1981; Devery-Pocius y Larson, 1983; Shearer y col., 1992; Chelak y col., 1993).

Tabla 3. Evolución de la concentración de IgG (Media±Desviación Típica) en el calostro en función del número de lactación.

Horas	Primera lactación	Segunda y sucesivas lactaciones
0	39.88±23.18	34.24±19.51
12	24.99±14.44	25.27±9.11
24	18.53±9.80	13.25±6.93
36	9.61±6.19	10.70±7.92
48	6.72±5.34	6.55±4.09
60	5.09±3.89	5.43±4.68
72	3.42±2.86	3.64±3.03
84	2.20±1.67	2.85±2.79
96	1.73±2.10	2.45±2.80
108	1.82±1.60	1.84±1.60
120	1.43±1.24	1.27±0.95
132	1.04±0.85	1.33±1.29

P<0.638

Media ± desviación típica

Tipo de crianza

No hemos encontrado referencia bibliográfica alguna en rumiantes sobre el efecto que pudiera tener la presencia o ausencia de la cría o crías en la concentración y mantenimiento de la IgG calostrual. En el presente estudio (Tabla 4) tampoco se manifiesta, lo que corrobora un trabajo previo realizado en la ACC por Argüello y col. (1998b). El único aspecto destacable, aunque no de forma estadística, es que si bien en las primeras 12 horas los animales con cría mantienen prácticamente constante la concentración de IgG (30 mg/ml), en los animales sin cría sufre un descenso bastante pronunciado (38 a 22 mg/ml), para igualarse a las 24 horas y mantener muy semejante la concentración durante todo el periodo de estudio. Así a expensas de corroborar este hecho en otras razas caprinas, podríamos decir que la presencia de la cría parece no estimular a la madre, ni positiva ni negativamente en cuanto a la concentración de IgG. Este hecho lo consideramos de especial importancia, dado que en el manejo actual de lactancia artificial recomendamos la separación temprana del cabrito de su madre para evitar el establecimiento de la relación materno-filial, no afectándose en principio la calidad del calostro producido por estas madres.



Tabla 4. Evolución de la concentración de IgG (Media±Desviación Típica) en el calostro en función del tipo de relación.

Horas	Con cría	Sin cría
0	32.01±9.12	37.98±24.14
12	29.53±12.22	21.62±10.21
24	17.13±10.31	15.52±8.10
36	12.02±8.92	9.08±5.14
48	6.89±4.56	6.86±4.97
60	5.13±4.56	5.43±4.28
72	4.17±3.49	3.36±2.73
84	2.67±3.01	2.55±1.69
96	2.24±3.07	2.06±1.84
108	1.55±1.56	2.07±1.51
120	1.07±1.04	1.56±1.04
132	1.27±1.59	1.32±0.66

P=0.875

Media ± desviación típica

4.1.2. Grasa

La evolución de la grasa calostrual (Tabla1, Gráfica 5, Anexo: Tabla 1), al igual que ocurría con la proteína, es altamente dependiente del tiempo ($P<0.001$), pero manifestando una trayectoria ciertamente diferente. Quizás lo más notable es que el porcentaje graso se eleva en las primeras 12 horas postparto, alcanzando en este momento la mayor tasa (9.2%), para a partir de este instante iniciar un fuerte descenso que se detiene sobre las 36 horas, modificando la pendiente en este punto y aunque aún descendente ya de forma más moderada hasta las 132 horas estudiadas. En todo momento, salvo las 6-8 primeras horas, el porcentaje graso es siempre más elevado que el proteico, lo que coincide con todas las referencias bibliográficas a este respecto en ganado caprino estudiadas.

Resultando la estimación de las ecuaciones lineales para la grasa y proteína entre las 12 y 36 primeras horas y las 36 y 132 horas postparto,

$$\text{Grasa } 12\text{-}36 \text{ h: } \text{grasa \%} = 10.67 - 0.104 t \quad r^2: 0.93$$

$$\text{Proteína } 12\text{-}36 \text{ h: } \text{proteína \%} = 9.58 - 0.107 t \quad r^2: 0.99$$

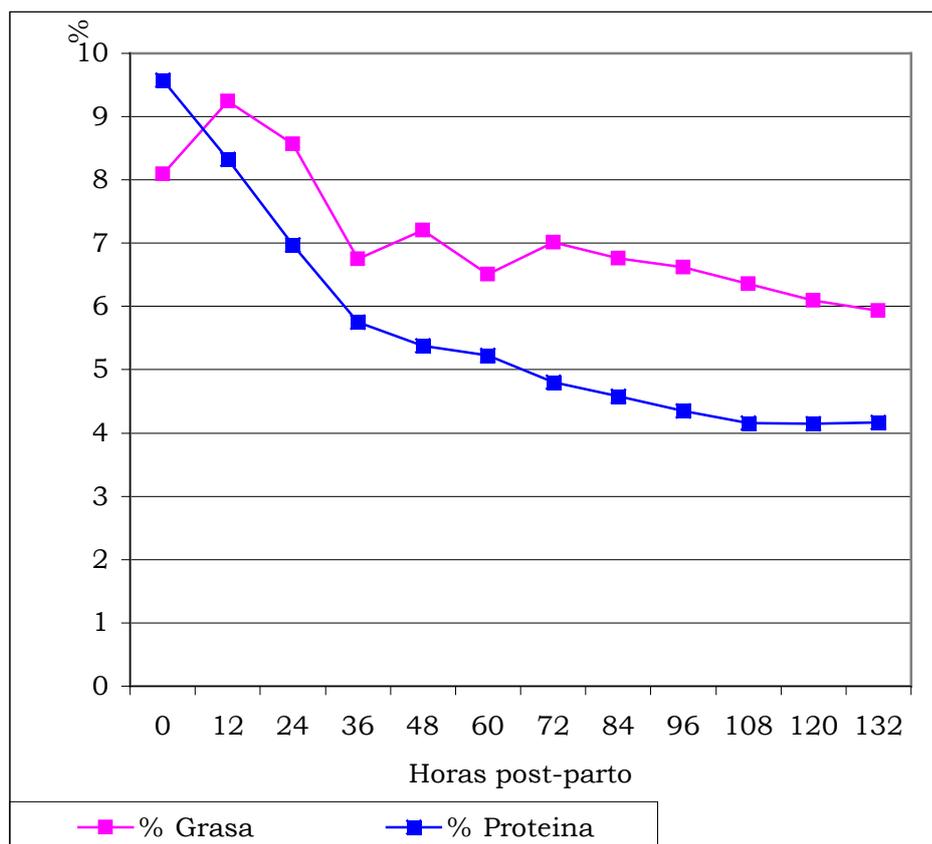
$$\text{Grasa } 36\text{-}132 \text{ h: } \text{grasa \%} = 7.43 - 0.101 t \quad r^2: 0.66$$



$$\text{Proteína } 36\text{-}132 \text{ h: } \text{proteína \%} = 6.20 - 0.175 t \quad r^2: 0.92$$

t: horas

Gráfica 5. Evolución del porcentaje grasa calostroal durante las 132 primeras horas postparto.



El comportamiento inicial, es decir la elevación del porcentaje grasa en las primeras horas postparto, coincide con diferentes citas, si bien el momento de inicio y la duración del ascenso parece ser diferente según la raza tratada. Así, Linzel y Peaker (1974) observaron un ascenso desde el parto al tercer día. Por su parte, Graf y col. (1970), trabajando con cabras German Coloured, también refieren un incremento en el porcentaje grasa, pero en este caso a partir de las 36 horas postparto, citando unos valores muy semejantes a los encontrados en la ACC, mostrando en los días posteriores una ligera pendiente a la baja. En el caso de Akisoyinu y col. (1979), trabajando con la West African Dwarf, el porcentaje grasa desciende a partir de las 24 horas (9%) hasta el cuarto día postparto (7%).

Al compararlo con el ganado ovino, Molina (1987) trabajando con ovejas Manchegas, encontraron una evolución en el porcentaje graso coincidente con la ACC, con una elevación en las 7 primeras horas postparto hasta alcanza un 18%, para empezar posteriormente un descenso muy pronunciado hasta las 27horas (5-6%) con un nuevo punto de inflexión, alcanzando el quinto día postparto un valor en grasa ligeramente superior al de la ACC. Otro hecho interesante de estudiar es la variación en la composición de los ácidos grasos ya que el índice de Iodo indica una alta proporción de ácidos grasos insaturados en el calostro. La proporción de ácido oleico decrece del 25.7% en la primera semana al 18% en la décima semana de lactación (Sauvant y Fher,1978). Esto no concuerda con lo encontrado por Klobasa y Senft (1970) quienes encuentran menos ácidos oleico, linoléico y linolénico en calostro que en leche.

4.1.3. Lactosa

El fluido pre-calostroal acumulado en las mamas presenta un alto contenido en lactosa e inmunoglobulinas. Según Fleet y col. (1975), la lactosa en el periodo seco es muy baja, incrementándose conforme avanza la preñez, especialmente en los últimos días (Linzell y Peaker, 1974). Después del parto y al contrario que la proteína, grasa y sólidos totales, sigue incrementándose hasta aproximadamente la sexta semana de lactación (Gall, 1981). Este comportamiento coincide con lo descrito por Graf y col. (1970) en cabras German Coloured, Akinsoyinu y col. (1977) en la West African Dwarf y Hadjipanayiotou (1995) en cabras de raza Damasco.

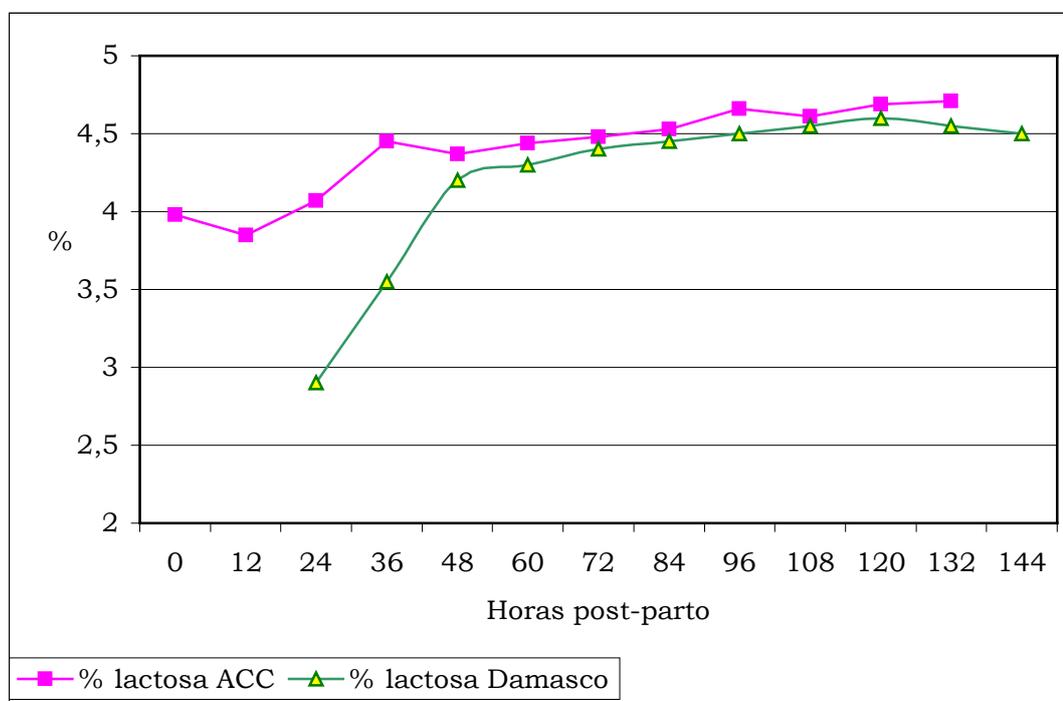
En el caso de la ACC, el porcentaje de lactosa calostroal, (Tabla1, Gráfica 6, Anexo; Tabla 1), y al igual que lo descrito anteriormente, es el único parámetro que presenta una evolución ascendente en el tiempo ($p<0.001$), aumentando en las 132 horas de la experiencia un 18% sobre el valor inicial. Al comparar los resultados obtenidos con animales pertenecientes a la misma Agrupación pero como media en toda la lactación de 5.04% (Capote, 1999), observamos que es ligeramente superior a la obtenida a las 132 horas (4.7%), lo que indica, como ya se había indicado en un párrafo anterior, que sigue elevándose de forma lenta. Estas cifras de la ACC se localizan entre las más altas de la

franja encontrada por Trujillo y col. (1997) que sitúan la media en un 4,15% en cabras Saanen y en un 5.17% en cabras indígenas Griegas, márgenes entre los cuales se incluyen las razas españolas (Herrera y Subires, 1988; Fresno, 1993). A continuación se expone la ecuación de regresión lineal para el porcentaje de lactosa presente en el calostro entre el parto y las 132 horas.

$$\text{Lactosa \%} = 4.00 + 0.0061 t \quad r^2=0.84$$

t: tiempo 0-132 horas

Gráfica 6. Evolución del porcentaje de lactosa en las 132 primeras horas postparto y comparación con la evolución en la raza Damasco según Hadjipanayiotou (1995).

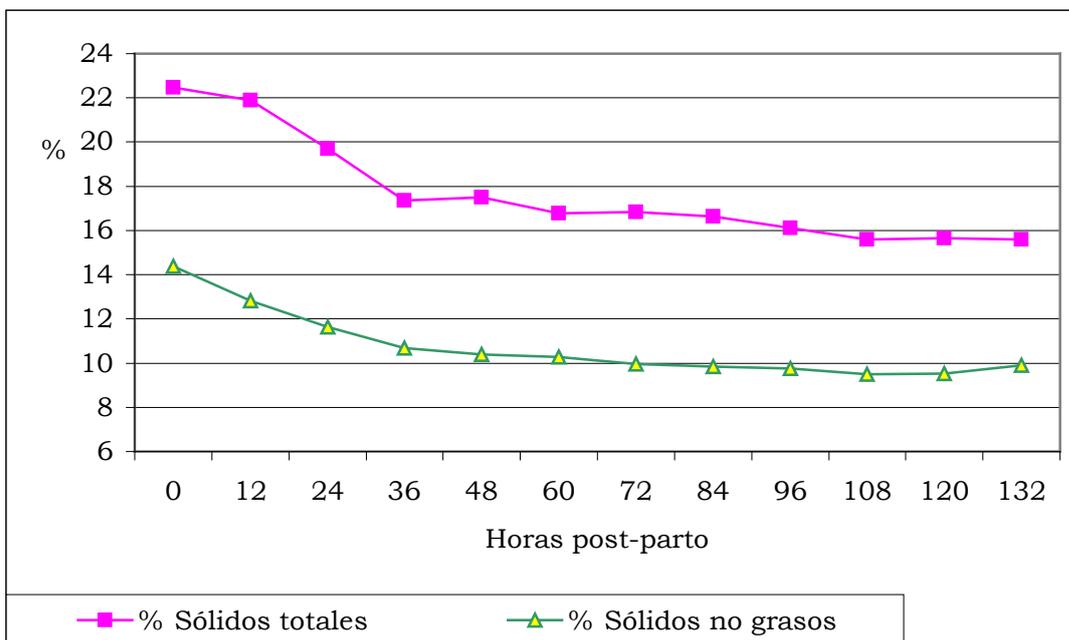


En comparación con el ganado ovino, la evolución de la lactosa es muy semejante, quizás con unos valores ligeramente superiores como cita Hadjipanayiotou (1995) al comparar las cifras en los 11 primeros días entre la raza caprina Damasco y la ovina Chios.

4.1.4. Sólidos totales

Los resultados que se muestran con relación a los sólidos totales (Tabla1, Gráfica 7, Anexo: Tabla 1) evidentemente están condicionados por los expuestos anteriormente, ya que este parámetro se obtiene de la combinación lineal del porcentaje de lactosa, proteína, grasa, minerales y vitaminas presentes en el calostro.

Gráfica 7. Evolución del porcentaje de sólidos totales y sólidos no grasos en el calostro de la ACC durante las 132 primeras horas.



En relación con la evolución de los sólidos totales (con efecto significativo del tiempo postparto $p < 0.001$), y en cuanto a su porcentaje se refiere, se observa (Gráfica 7) al igual que en el porcentaje de sólidos no grasos, una evolución descendente con una primera fase, como era de esperar, con una pendiente más manifiesta hasta las 36 primeras horas, para posteriormente disminuir esta tendencia hasta el final de la experiencia. En conjunto la disminución en las 132 primeras horas en sólidos totales fue próxima al 7% y en sólidos no grasos cercana al 5%. seguidamente se muestran las ecuaciones de regresión lineales para los sólidos totales y sólidos no grasos entre las 0 y 36 y entre las 36 y 132 horas postparto.

ST. 0-36 h: ST % = 22.98 - 0.1462 t r²: 0.94
 STNG 0-36 h: STNG % = 14.22 - 0.1022 t r²: 0.98

ST 36-132 h: ST % = 18.45 - 0.0246 t r²: 0.90
 STNG 36-132 h: STNG % = 11.18 - 0.0156 t r²: 0.97

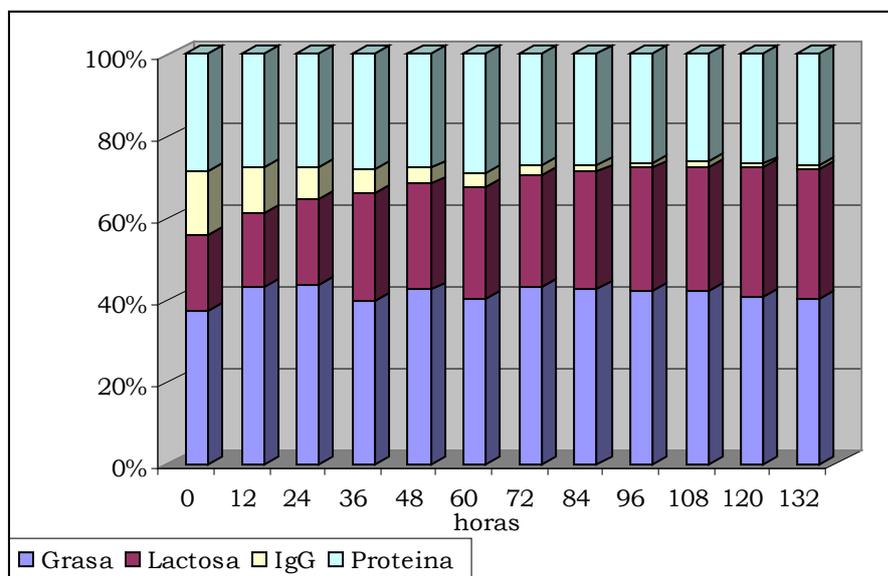
ST: Sólidos totales

STNG: sólidos totales no grasos.

t: horas

En la Gráfica 8 se representa la participación en cada momento del estudio de la grasa, lactosa, IgG y proteína no incluyendo IgG, sobre los sólidos totales, destacando que tanto la grasa como la fracción proteica sin IgG permanecen más o menos constante constantes en su contribución, siendo la IgG la que disminuye claramente su aporte a través del tiempo, siendo sustituido por el incremento de lactosa. Es decir, los constituyentes producidos en la glándula mamaria tienden a mantener su contribución sobre los sólidos totales, siendo el único componente que muestra reducción el proveniente del exterior a través del filtrado sanguíneo.

Gráfica 8. Contribución en cada momento del estudio del calostro de la ACC al total (100%) de sólidos totales.



Hadjipanayiotou (1995) describe una evolución similar relatada en el presente trabajo observando el final de la primera fase descendente alrededor del segundo día postparto, si bien una diferencia

importante es que el porcentaje inicial de sólidos totales es ciertamente mayor al encontrado en la ACC (34% *vs* 22%). Similar diferencia al parto encuentran Csapo y col. (1994) en cabras Blancas Húngaras (29% *vs* 22). Quizás este mayor porcentaje inicial en sólidos totales este relacionado con una base genética diferente, pues los trabajos referenciados utilizan para sus estimas cabras Damasco, y blancas Húngaras de menor producción que la ACC y como describieron Pritchett y col. (1991) el peso del primer ordeño es una de las variables más determinantes en la cantidad de solutos presentes en el calostro, siendo dicha concentración mayor cuanto menor peso tenga el primer ordeño. Sin embargo para otros autores, aún siendo la composición de la primera leche aproximadamente la misma, Sauvant y Fehr (1978) en cabras Francesas y Graf y col. (1970) en cabras German Coloured, la media de sólidos totales durante la lactación era del 18.5% frente al 12.5% en cabras lecheras.

El porcentaje de sólidos totales encontrados al final del ensayo (15.6%), se situó en el rango de los citados en la bibliografía para la leche de cabra, entre el 10.2% en cabras Saanen y el 16% en cabras Griegas (Trujillo y col., 1997), siendo estos valores ligeramente superiores a los observados en cabras Tinerfeñas y en cabras Murciano Granadinas (Fresno y col., 1992; Martín y Juárez, 1995). La media para toda la lactación en la ACC es de 12.53% (Capote, 1999).

En comparación con el ganado ovino, las cifras de sólidos totales son inferiores al parto (36 *vs* 22%), aunque la tendencia es a aproximarse como lo describe Molina (1987) en ovejas Manchegas.

4.1.5. Variabilidad de los componentes químicos calostrales

Como se pone de manifiesto en la Tabla 5 y Gráfica 9 una característica del calostro de la ACC es el elevado coeficiente de variación (CV%) que presenta la IgG, tanto en las 36 primeras horas post-parto, cercano al 57%, como a lo largo de todo el periodo estudiado (77%). Análogamente, trabajos realizados por O'Doherty y Crosby (1996), y utilizando técnicas similares a las empleadas en el presente estudio, citan un alto coeficiente de variación en la concentración de IgG (95%) al igual que Dos Santos y col. (1994), trabajando con ganado



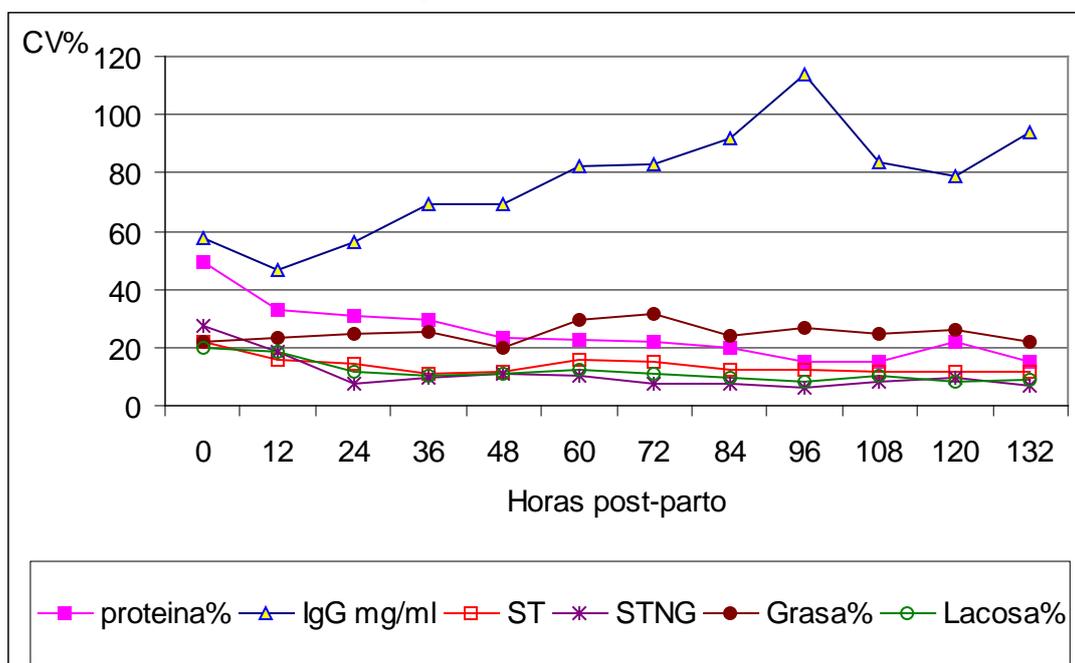
caprino brasileño. Altos coeficientes de variación en la IgG de calostro vacuno también han sido citados por Kruse, (1970), Logan, (1977) y Petrie, (1984 citado por Klobasa).

Tabla 5. Coeficientes de variación medio (CV%) a la 36 y 132 horas de los parámetros químicos.

CV% medio	% Proteína	IgG mg/ml	% Grasa	% Lactosa	% SNG	% ST
36h	35.5	57.2	23.8	14.9	15.7	15.9
132h	24.7	77.0	24.9	11.5	10.9	13.8

CV: Coeficiente de variación. SNG: Sólidos no grasos. ST: Sólidos totales.

Gráfica 9. Evolución de los coeficientes de variación (CV%) a lo largo del periodo de estudio.



Al observar la Gráfica 9 se comprueba que el único componente que incrementa su variabilidad a lo largo de todo el periodo de estudio es la IgG, alcanzando un máximo sobre las 96 horas, mientras que los demás parámetros, salvo el porcentaje graso, descienden hasta las 36 horas manteniéndose a partir de este momento más o menos constante, especialmente la lactosa que oscila entre el 8 y 12 % de CV. La grasa por su parte sigue una trayectoria diferenciada, aumentando a partir del parto, alcanzando el máximo a las 72 horas y en todo momento oscilando entre el 20 y 30% de CV, cifras algo superiores a la señalada por Capote (1999) para la media de toda la lactación en la ACC.

4.2. Parámetros físicos

Si bien los parámetros químicos del calostro caprino han sido relativamente estudiados en las diferentes razas, especialmente por su trascendencia energética y quizás más aún por su importancia inmunológica a fin de evitar ciertas enfermedades transmitidas por él, las propiedades físicas no lo han sido tanto y ha resultado bastante difícil conseguir referencias respecto a ellas, especialmente en el caso del color. En la Tabla 6 y Anexo: Tabla 1, se presentan las medias en función del tiempo para la densidad, pH y conductividad eléctrica del calostro de la ACC

Tabla 6. Evolución de la composición física (Densidad, pH y Conductividad eléctrica) del calostro de la ACC en las 132 primeras horas postparto.

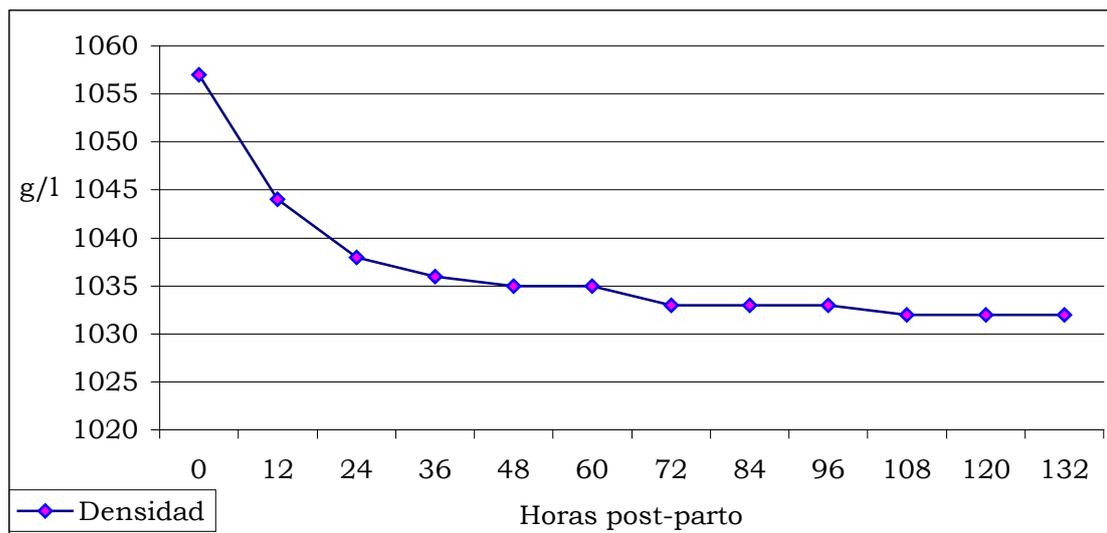
Horas	Densidad g/ml	pH	Conductividad eléctrica mS/cm
Parto	1057	6.36	3.61
24	1038	6.43	4.45
48	1035	6.54	4.58
72	1033	6.53	4.50
96	1033	6.55	4.66
132	1032	6.56	4.69

4.2.1. Densidad

La evolución de la densidad evidentemente tiene que concordar con la evolución de los solutos disueltos en el calostro como así sucede, presentando las 36 primeras horas postparto las variaciones más importantes. Como se puede observar en la Gráfica 10, durante las primeras 24 horas la densidad desciende un 77% de la reducción total que acontece en la presente experiencia. Posteriormente se establece una meseta con una ligera pendiente negativa, donde no se detectan diferencias estadísticamente significativas (Anexo: Tabla 1), al contrario de lo que sucede en las 36 primeras horas, alcanzando el valor de 1032 g/l a las 132 horas postparto. A continuación se muestran las ecuaciones de regresión lineal para la densidad entre las 0 y 36 y entre las 36 y 132 horas postparto.

Densidad 0-36 h: Densidad% = 1054 - 0.575 t r²: 0.89
 Densidad 36-132 h: Densidad% = 1037 - 0.043 t r²: 0.88
 t: horas

Gráfica 10. Evolución de la densidad (g/l) calostrar durante las 132 primeras horas en la ACC.



Esta última cifra es ya muy próxima a la estimada por Fresno y col. (1992) en 1030 g/l para animales de la ACC en primera lactación. Comparando estos valores con otras razas caprinas, Ubertalle y col. (1987) trabajando con raza Saanen y Camosciata, encontraron valores para la densidad de 1051 g/l en la primera hora postparto, observando también una importante reducción de dicha densidad en las 24 horas postparto (1029 g/l).

El valor obtenido para la densidad del calostro a las 24 horas tras el parto (1038 g/l) es inferior a los 1047 g/l citado para ovino de raza Manchega (Molina y col., 1995) y bastante menor a los 1051 g/l reflejado para el ganado vacuno (Fleenor y Stott, 1981).

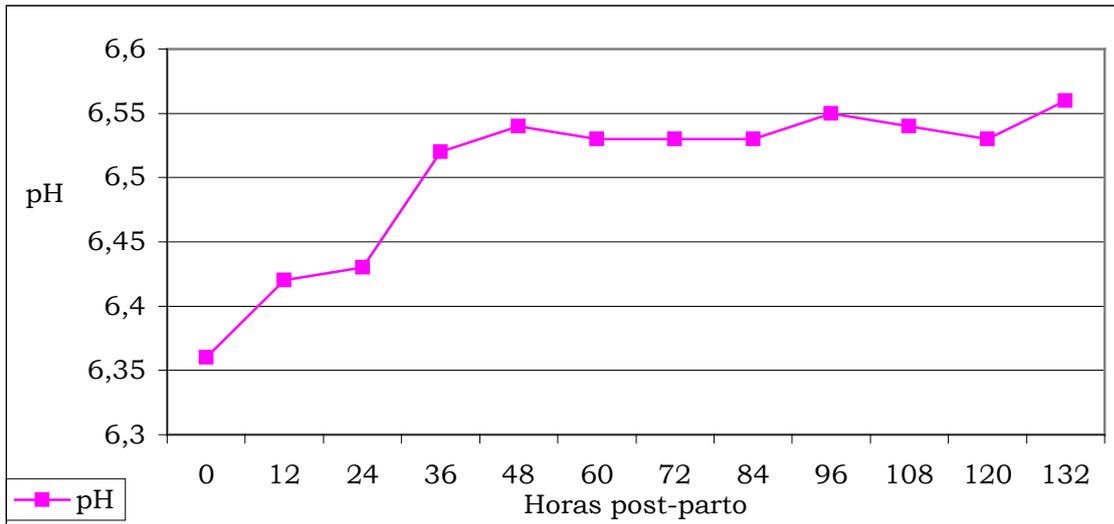
4.2.2. pH

El pH en un primer momento más ácido, tiende a la neutralidad con un ascenso muy ligero, pasando de un valor de 6.36 al parto a 6.56 132 horas después (Gráfica 11). El valor de pH encontrado en la

presente experiencia es similar al observado en leche de la ACC por Fresno y col. (1992) y por Fuh y col. (1985) en cabras de Taiwan (6.4 y 6.5 respectivamente), siendo muy similar al encontrado para el momento del parto en el ganado ovino 6.35 (Molina y col., 1995). Seguidamente se exponen las ecuaciones de regresión lineales para el pH entre las 0 y 36 y entre las 36 y 132 horas postparto.

$$\begin{aligned} \text{pH} & \quad 0\text{-}36 \text{ h: } \text{pH} = 6.359 + 0.004 t \quad r^2: 0.92 \\ \text{pH} & \quad 36\text{-}132 \text{ h: } \text{pH} = 6.517 + 0.002 t \quad r^2: 0.40 \\ & \quad t: \text{ horas} \end{aligned}$$

Gráfica 11. Evolución del pH calostroal durante las 132 primeras horas en la ACC.



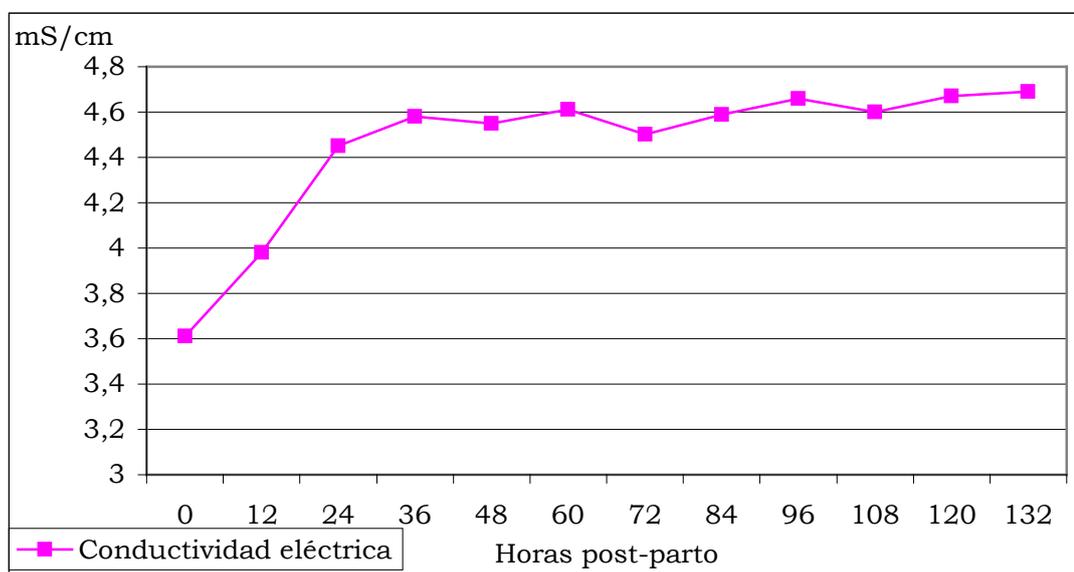
4.2.3. Conductividad eléctrica

Finalmente, y dentro de los parámetros físicos medidos sobre el calostro, hemos de reseñar la evolución ascendente que muestra la conductividad eléctrica. El incremento desde el momento del parto hasta las 136 horas tras el mismo es gradual (Gráfica 12), aunque se muestra una mayor pendiente en las primeras 24 horas postparto. Al comparar nuestros resultados con los relatados en la bibliografía observamos que en la presente experiencia, son inferiores a los 5.2 ó 6.6 mS/cm, relatados por Alamy y col. (1978) y Schuppel y Schwoppe (1998). A continuación se exponen las ecuaciones de regresión lineales

para la conductividad eléctrica entre las 0 y 36 y entre las 36 y 132 horas postparto.

$$\begin{aligned} \text{C. eléctrica } 0-36 \text{ h: CE mS/cm} &= 3.648 + 0.0282 t & r^2: 0.96 \\ \text{C. eléctrica } 36-132 \text{ h: CE mS/cm} &= 4.496 + 0.0013 t & r^2: 0.50 \\ & t: \text{ horas} \end{aligned}$$

Gráfica 12. Evolución de la conductividad eléctrica (mS/cm) calostrál durante las 132 primeras horas en la ACC.



4.2.4. Color

La evolución del color en el calostro durante las 132 primeras horas postparto se presenta en la Gráfica 13. El color junto a la densidad es el parámetro físico que más se modifica en las 36 primeras horas. Así la luminosidad del calostro tiende a elevarse rápidamente hasta aproximadamente las 36 primeras, momento en el que parece alcanzar ya la luminosidad propia de la leche, manteniéndose desde entonces en torno a los 90 y con una pendiente independiente del tiempo. Ello está en consonancia con lo esperado, dado que el calostro a simple vista pasa de ser un líquido amarillento a una secreción blanquecina con mucha más claridad. Seguidamente se pueden

observar las ecuaciones de regresión lineales para la luminosidad entre las 0 y 36 y entre las 36 y 132 horas postparto.

$$\begin{aligned} \text{Luminosidad. 0-36 h: } L^* &= 87.0 + 0.1140t \quad r^2: 0.93 \\ \text{Luminosidad. 36 h-132h: } L^* &= 90.4 + 0.0024t \quad r^2: 0.05 \\ &t: \text{ horas} \end{aligned}$$

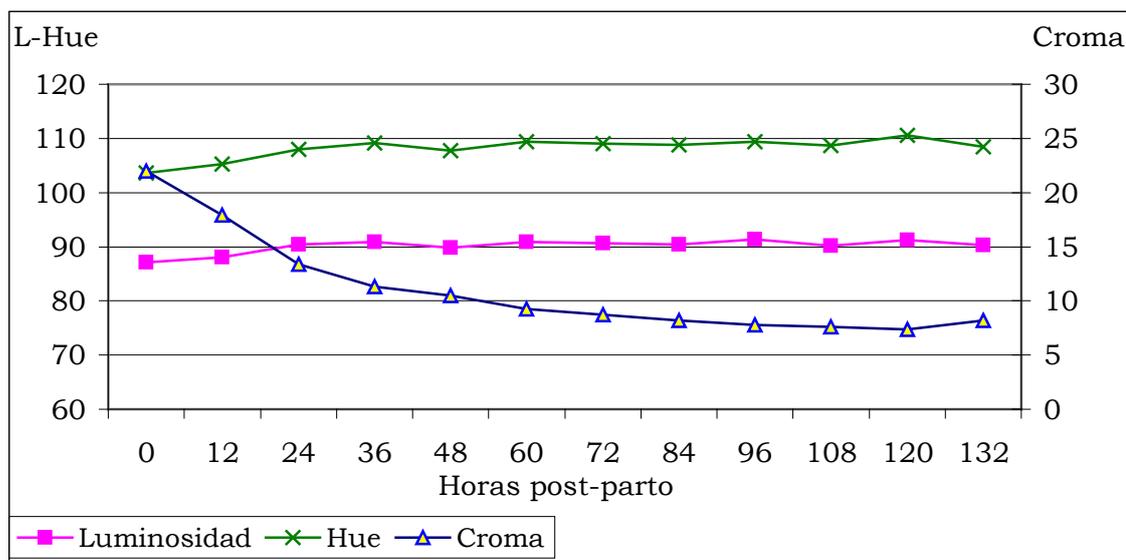
La evolución de los otros dos parámetros que definen el color, Croma y Hue, siguen una evolución opuesta. Así, el Croma descende con una fuerte pendiente hasta aproximadamente las 36 horas, (de 22 a 10 unidades) manteniendo a partir de este momento una ligera tendencia a la baja para elevarse justamente al final del periodo de estudio. Por su parte, el Hue, esto es, el arcotangente de las coordenadas a^* y b^* experimenta un ascenso, fundamentalmente en esas 36 primeras horas, para a partir de este momento mantener una pendiente próxima a cero. Esta evolución es explicable, ya que con el devenir de las horas el calostro pasa de amarillento al blanco propio de la leche, con una reducción de la magnitud de la coordenada cromática b^* y por tanto una menor longitud de la hipotenusa formada por las coordenadas a^* y b^* . De igual forma esta reducción del índice de amarillo, unido a una evolución constante del parámetro a^* , hace que el arcotangente del ángulo formado por estos dos vectores crezca en valor. Seguidamente se exponen las ecuaciones de regresión lineales para el Croma y Hue entre las 0 y 36 y entre las 36 y 132 horas postparto.

$$\begin{aligned} \text{Croma } 0-36 \text{ h: } &\text{Croma} = 21.63 - 0.3047t \quad r^2: 0.98 \\ \text{Hue } 0-36 \text{ h: } &\text{Hue} = 103.6 + 0.1613t \quad r^2: 0.98 \\ \\ \text{Croma } 36 \text{ h-132h: } &\text{Croma} = 11.8 - 0.0363t \quad r^2: 0.77 \\ \text{Hue } 36 \text{ h-132h: } &\text{Hue} = 108.5 + 0.0060t \quad r^2: 0.07 \\ &t: \text{ horas} \end{aligned}$$

Es de destacar con relación al color del calostro caprino que no se han encontrado referencias bibliográficas respecto al mismo, habiéndose realizado un trabajo previo en la ACC por Argüello y col. (1998a), obteniendo semejantes resultados a los aquí expuestos.

Como ha quedado reflejado y al igual que sucedía con la composición química, en las 36 primeras horas postparto suceden los mayores cambios en las características del calostro de la ACC. Dentro de éstos, el color podría ser de gran ayuda en la predicción de la calidad del calostro, dado que se puede determinar de una forma sencilla, rápida, barata y en la propia explotación.

Gráfica 13. Evolución del color calostrual durante las 132 primeras horas postparto.



4.2.5. Variabilidad de los componentes físicos del calostro

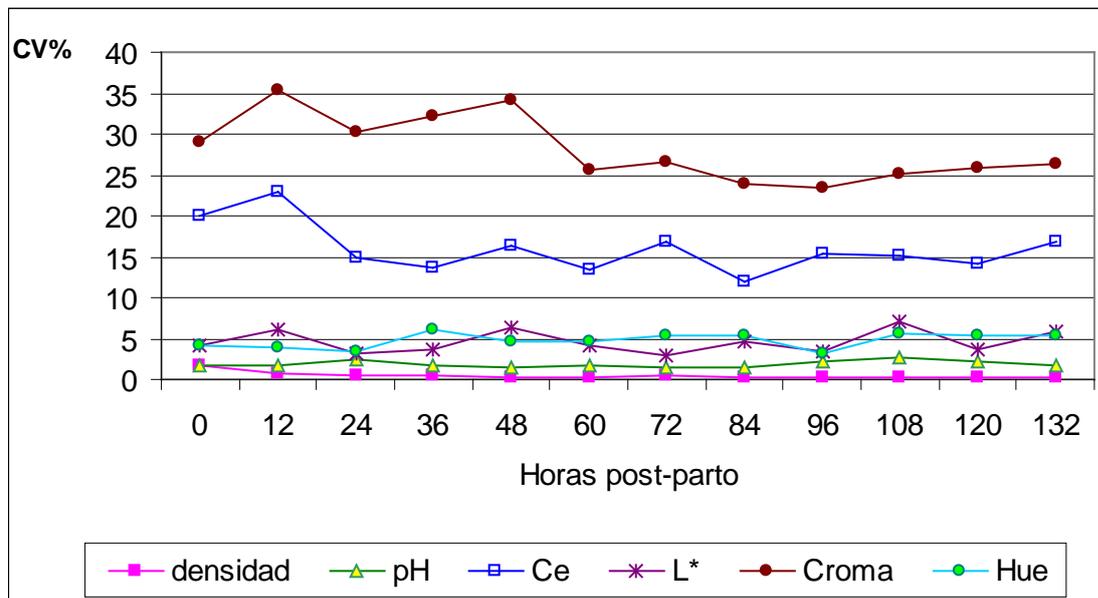
Al contrario de lo que sucedía con los componentes químicos, la variabilidad de los componentes físicos (Tabla 7, Gráfica 14) es muy escasa, especialmente en el caso de la densidad, el pH, la luminosidad y el Hue y tanto a las 36 como a las 132 horas. Por contra, la conductividad eléctrica (17% de CV) y especialmente el Cromo mantienen una elevada variabilidad durante todo el periodo de estudio, es decir este componente del color sería el que más diferenciase un calostro de otro desde un punto de vista físico.

Tabla 7. Coeficientes de variación medio a las 36 y 132 horas de los componentes físicos calostrales.

CV% medio	Densidad	L*	Croma	Hue	pH	C.E mS/cm
36h	0.91	4.3	31.7	4.4	1.91	17.8
132h	0.51	4.6	28.1	4.7	1.90	15.9

CV: Coeficiente de variación. C.E. Conductividad eléctrica.

Gráfica 14. Evolución de los coeficientes de variación (CV%) de los parámetros físicos a lo largo del periodo de estudio.



4.3. Correlaciones entre variables químicas y físicas calostrales en la ACC

En la Tabla 8a se presentan las correlaciones obtenidas entre las medias en cada control de los parámetros químicos en el calostro de la ACC a lo largo de las 132 horas de estudio. Entre ellas es de destacar la alta correlación positiva entre el porcentaje graso y proteico, lo que concuerda con lo que ocurre posteriormente en leche como en los casos de cabras Malagueñas citado por Herrera y Subires (1988) y en cabras de la ACC citado por Capote (1999). La lactosa calostrale es el componente químico que presenta las correlaciones negativas, sin tener en cuenta los sólidos, más elevadas frente al porcentaje proteico y graso. Este hecho resulta interesante, ya que posteriormente, es decir en el transcurso de la lactación, Capote (1999) no encuentra

correlaciones significativas entre estos parámetros, coincidiendo con lo citado por Gall (1981) para quien la lactosa y proteína no están correlacionadas.

Tabla 8a. Matriz de correlaciones entre parámetros químicos del calostro de la ACC.

	% Proteína	% Grasa	% Lactosa	% SNG	% ST
% Grasa	0.86***				
% Lactosa	-0.94***	-0.96***			
% SNG	0.99***	0.80***	-0.90***		
% ST	0.99***	0.91***	-0.97***	0.97***	
IgG mg/ml	0.99***	0.81***	-0.90***	0.90***	0.97***

***: altamente significativa, $P < 0.001$

Lógicamente, los sólidos totales, como combinación de los constituyentes de la leche, presentaron altas correlaciones con éstos, especialmente con la proteína, al contrario que en leche de la ACC donde la grasa obtiene valores superiores entre 0.63-0.90, dependiendo del número de lactación y siendo siempre más elevados a los obtenidos para la proteína (Capote, 1999).

A su vez la IgG como componente proteico presenta una alta correlación con la proteína total. A este respecto, Chen y col. (1999) observaron una correlación de 0.93, semejante a la encontrada en nuestra experiencia, aunque utilizando la electroforesis como método de determinación. Las correlaciones halladas también son equiparables con las cifras expresados para ganado vacuno por Mechor y col. (1992). Creemos reseñable la correlación altamente negativa que presenta respecto a la lactosa, es decir, parece que el efecto inmunológico estuviese en contraposición al efecto energético otorgable a la lactosa y del cual están tan necesitados los cabritos al nacimiento.

En la Tabla 8b se muestran las correlaciones obtenidas entre las medias de los parámetros físicos en el calostro de la ACC tomadas en cada control desde el nacimiento hasta las 132 horas. Como era lógico pensar, los tres parámetros que determinan el color están significativamente correlacionados pero de forma opuesta la luminosidad y Hue respecto al Cromo. Es decir a mayor Cromo, menor luminosidad y Hue presentará el calostro. Por su parte es de reseñar que la densidad solamente se correlaciona positivamente con el Cromo,



mientras que lo hace negativa y de forma altamente significativa con el resto de componentes físicos estudiados.

Tabla 8b. Matriz de correlaciones entre parámetros físicos del calostro de la ACC.

	Densidad	L*	Croma	Hue	pH
L*	-0.89***				
Croma	0.96***	-0.90***			
Hue	-0.92***	0.98***	-0.93***		
pH	-0.92***	0.81***	-0.95***	0.85***	
C.e. mS/cm.	-0.97***	0.94***	-0.96***	0.94***	0.92***

***: altamente significativa, $P < 0.001$. L*: Luminosidad. C.e.: Conductividad eléctrica.

Respecto a las correlaciones encontradas entre los parámetros físicos y químicos (Tabla 8c), la densidad, como cabría esperar, está positivamente correlacionada con la proteína y en menor grado con la grasa, y de forma negativa con el porcentaje de lactosa. Respecto al color, cuando el calostro es más rico en el tanto por ciento de proteína y grasa y más pobre en lactosa, la luminosidad es menor, lo que sucede justamente al principio de la secreción calostrual, con un comportamiento semejante al que sucede con el Hue y con el pH. El Croma, dentro de las componentes que definen el color del calostro es el elemento que mayores coeficientes de correlación alcanza y en un sentido igual al descrito para la densidad, es decir positivamente frente a proteína y grasa y negativamente frente a la lactosa.

Tabla 8c. Matriz de correlaciones entre parámetros físicos y químicos del calostro de la ACC.

	% Proteína	% Grasa	% Lactosa	% ST
Densidad g/l	0.94***	0.68***	-0.80***	0.91***
Luminosidad	-0.86***	-0.69***	0.79***	-0.86***
Hue	-0.90***	-0.74***	0.83***	-0.90***
Croma	0.99***	0.81***	-0.91***	0.97***
pH	-0.96***	-0.84***	0.90***	-0.95***

***: altamente significativa, $P < 0.001$

4.3.1-. Predicción de la concentración de IgG en el calostro caprino

En la Tabla 9 se muestra un resumen de las correlaciones medias halladas entre la IgG y los diferentes parámetros físicos y químicos estudiados en las 132 primeras horas postparto.



Tabla 9. Resumen de las correlaciones encontradas entre la IgG mg/ml y los diferente parámetros químicos y físicos estudiados.

Parámetros Químicos	s	Parámetros Físicos	s
Proteína %	0.90***	Luminosidad	-0.88***
Grasa %	0.81***	Croma	0.99***
Lactosa %	-0.91***	Hue	-0.92***
SNG %	0.91***	Densidad g/l	0.97***
ST %	0.97***	pH	-0.96***
		C.e. mS/cm	-0.96***

S: significación estadística. NS: no significativa. SNG: sólidos no grasos. ST: sólidos totales. C.e.: conductividad eléctrica

Como se observa en la Tabla 9, tanto los parámetros físicos como químicos muestran bien positiva o negativamente un alto coeficiente de correlación con la concentración de IgG calostrual, es decir en principio cualquiera de ellos sería un buen predictor de la posible concentración de IgG dentro del periodo de estudio. No obstante, es manifiesto que algunos parámetros son mucho más baratos, inmediatos y fáciles de medir que otros, especialmente a nivel de campo, tales como la densidad (g/l), el pH o el Croma mediante una tabla de colores. Algunos modelos en los que solo se incluye la densidad han sido descritos en ganado vacuno por Mechor y col. (1992) y Fleenor y Stott (1980) explicando en estos casos alrededor del 70% de la variación en la concentración de IgG. A continuación se exponen ecuaciones de regresión lineal de la IgG sobre algunos parámetros físicos.

Ecuación: IgG = f(densidad)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=-1530+1.48x densidad (g/l)		.94	2.73		
Variable	b	E.S.	IC	P	
Densidad	1.48	.113	1.23	1.73	.001
Constante	-1530	117	-1792	-1268	

Ecuación: IgG = f(pH)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=-1110-169xpH		.93	3.04		
Variable	b	E.S.	IC	P	
pH	-169	14	-201	-137	.001
Constante	1110	94	900	1320	



Ecuación: IgG = f(Croma)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=-17+2.4xCroma		.99	0.83		
Variable	b	E.S.	IC	P	
Croma	2.40	.05	2.28	2.52	.001
Constante	-17.06	.64	-18.50	-15.62	

Ecuación: IgG = f(densidad, pH)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=-333+0.83x Densidad(g/l)-80xpH		.98	1.88		
Variable	b	E.S.	IC	P	
Densidad	.83	.20	.37	1.29	.001
pH	-80	23	-133	-28	
Constante	-333	35.49	-1134	467	

Ecuación: IgG = f(densidad, Croma)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=-141+0.12x Densidad(g/l)+2.21xCroma		.99	0.84		
Variable	b	E.S.	IC	P	
Densidad	.12	.14	-.20	.44	.001
Croma	2.21	.22	1.70	2.73	
Constante	-141	146	-473	189	

Ecuación: IgG = f(pH, Croma)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=1873-30.7xpH+2.0xCroma		.99	0.57		
Variable	b	E.S.	IC	P	
Croma	2.0	.12	1.72	2.27	.001
pH	30.7	8.8	-50.6	-10.7	
Constante	187	58	-541	319	

Ecuación: IgG = f(pH, Croma, densidad)

Ecuación		r ²	E.S.		
IgG(mg/ml)=63-30.6xpH+1.8xCroma+0.12xDensidad(g/l)		.99	0.55		
Variable	b	E.S.	IC	P	
Croma	1.81	.18	1.39	2.24	.001
pH	-30.6	8.5	-50.3	-11.0	
Densidad	.12	.09	-.09	.33	
Constante	63	111	-193	321	

4.4. Transferencia de inmunidad pasiva

Los cabritos estudiados no presentaron concentraciones detectable de IgG en sangre en el momento del nacimiento (Tabla 10), lo que concuerda con lo citado por Constant y col. (1994). Este hecho se explica por la naturaleza característica de la placenta de los rumiantes que impide la transferencia de Ig de la madre al feto. El peso al nacimiento de los cuatro lotes comparados fue 2949, 2921, 2868 y 2907 g (encalostrados con la madre, con calostro de cabra en biberón *ad libitum*, con calostro de cabra restringido al 10% de su peso vivo diario y encalostrado comercial respectivamente) no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los mismos. En la Tabla 10 y Gráfica 15, se muestran las concentraciones de IgG en relación al tipo de encalostrado empleado.

Tabla 10. Efecto del tipo de encalostrado sobre la concentración sanguínea de IgG (mg/ml).

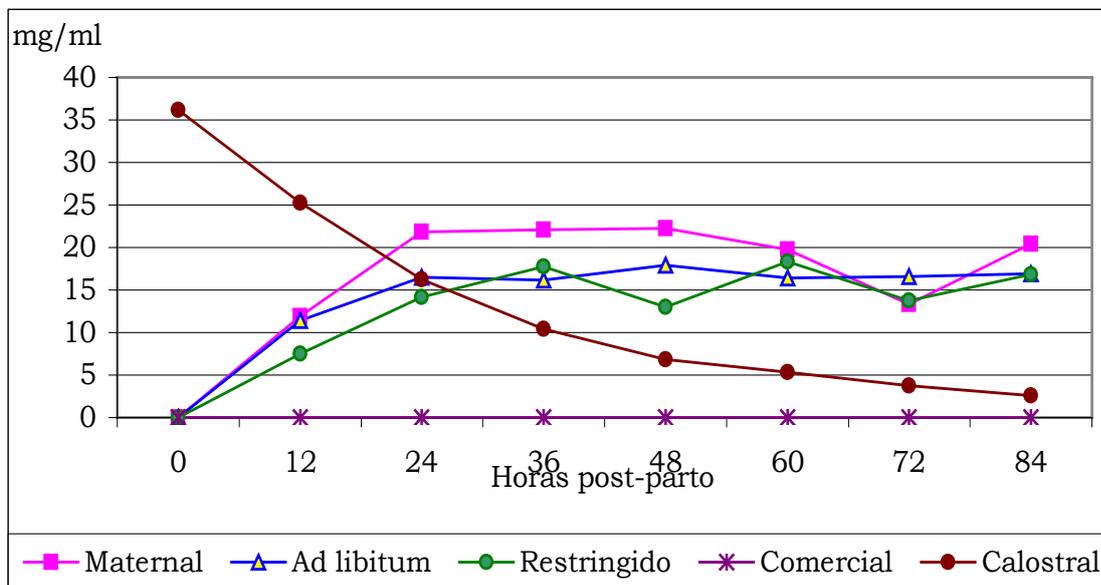
Tiempo (horas)	Con la madre	Ad libitum	Restringido	Artificial	P<
0	0	0	0	0	
12	11.92±14.51 ^{ab}	11.40±7.48 ^a	7.48±4.15 ^a	0 ^b	0.007
24	21.86±15.89 ^a	16.51±7.91 ^a	14.15±3.29 ^a	0 ^b	0.001
36	22.06±22.39 ^a	16.18±7.09 ^a	17.79±3.2 ^a	0 ^b	0.002
48	22.21±14.47 ^a	17.89±9.88 ^a	12.96±4.68 ^a	0 ^b	0.001
60	19.77±15.46 ^a	16.40±8.24 ^a	18.34±3.70 ^a	0 ^b	0.001
72	13.35±7.99 ^a	16.56±6.74 ^a	13.74±4.26 ^a	0 ^b	0.001
84	20.43±13.09 ^a	16.94±7.37 ^a	16.81±5.03 ^a	0.02±0.04 ^b	0.001

Media±desviación típica. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

En relación con el tipo de encalostrado utilizado, se observa no se detectan diferencias estadísticas entre el encalostrado con la madre *ad libitum* y restringido, siendo muy notable con respecto a los animales alimentados con calostro comercial, ya que éste no aporta ninguna tasa de inmunidad a los animales, y tan solo a las 84 horas postparto se pueden observar trazas de IgG en el suero, probablemente de síntesis propia, dado que los animales privados de calostro comienzan la producción endógena mucho antes que los animales que consumen el mismo. Este hecho ha sido referido por Logan y Pearson (1978) al observar la síntesis de Ig por parte de las placas de Peyer en intestino

delgado de terneros que no habían consumido calostro alguno, mientras que en el caso de los alimentados con calostro, dicha síntesis no acaecía en los primeros días de vida, lo que fue corroborado por la revisión realizada por Roy (1990), donde se sugería que la producción propia de Ig en terneros privados del consumo de calostro comenzaba antes que en aquellos que si lo consumían, pudiendo establecerse la fecha de comienzo de producción sobre los 10 días postparto.

Gráfica 15. Evolución de la concentración de IgG (mg/ml) en calostro y suero de cabritos.



El comienzo de la producción endógena de IgG en los cabritos, ha de ser estudiado con detenimiento, dado que hasta el momento no existen trabajos rigurosos sobre el mismo, habiéndose estimado éste por López y col. (1999) sobre los 15-30 días de vida en animales de la ACC.

Si bien no se detectan diferencias estadísticamente significativas, si se observa (Gráfica 15) que los animales criados con sus madres tienen tendencia hacia valores superiores a los alcanzados por los otros dos lotes. En terneros, Stott y col. (1979a) observaron una mayor proporción en la absorción de Ig en los criados con sus madres y forzados a una alimentación temprana, respecto a aquellos encalostrados en cubo. Por el contrario en trabajos posteriores, Brignole y Stott. (1980) y Logan y col. (1981b) observaron hechos contrarios a los expresados anteriormente, incluso señalando que los terneros criados

con sus madres comenzaban a mamar el calostro más tarde (sin intervención humana) que aquellos que eran criados en cubo o biberón. De estos resultados se podría deducir que la ingesta precoz de calostro induce a unas mayores tasas de inmunidad en sangre.

En pequeños rumiantes, el establecimiento de la relación materno filial parece jugar un papel fundamental en la transferencia de inmunidad pasiva. Así, cuando los corderos son separados de sus madres a los 2 días poseen menor tasa de anticuerpos en sangre en comparación con animales separados más tardíamente (15 días), lo que se podría explicar por un estrés de separación e incremento de la tasa de cortisol (Napolitano y col., 1995). Por el contrario, Dos Santos y col. (1994) separando a los corderos justo al momento del nacimiento no encontraron diferencias significativas entre éstos y los criados con sus madres, para los niveles de IgG1 y cortisol entre las 0 y 19 horas postparto. En el caso del ganado caprino son muy escasas las referencias al respecto, así Ramírez y col. (1996) afirmaron que el vínculo materno filial en numerosas especies de ungulados se establece en los 10 primeros minutos tras el parto, lo cual podría explicar las diferencias entre los experimentos citados anteriores, ya que, mientras Napolitano y col. (1995) separaban a los animales tras dos días de contacto con las madres, afirmándose el vínculo materno-filial, Dos Santos y col. (1994) separaban a las crías tras el nacimiento, no permitiendo así el establecimiento de dicha relación.

En el caso de la ACC, se observa (Tabla 10) escasa diferencias entre animales encalostrados con sus madre y ad libitum, aunque siempre ligeramente superior en los primeros. Esto concuerda con lo descrito en el párrafo anterior ya que los animales eran separados de sus madres a la mayor brevedad posible, de forma que se evitaba en gran medida la formación del vínculo materno filial. Este manejo favorece la adaptación a las tetinas artificiales como ya había sido referenciado anteriormente (Argüello y col., 1998b) sin mermar de forma significativa la tasa de anticuerpos en sangre.

El manejo propuesto para el lote restringido en el cual solo se aportaban calostros dos días y en una cantidad proporcional al 10% diario de su peso vivo, tampoco manifestó diferencias estadísticamente significativas con los otros dos lotes, si bien es cierto que las tasas de



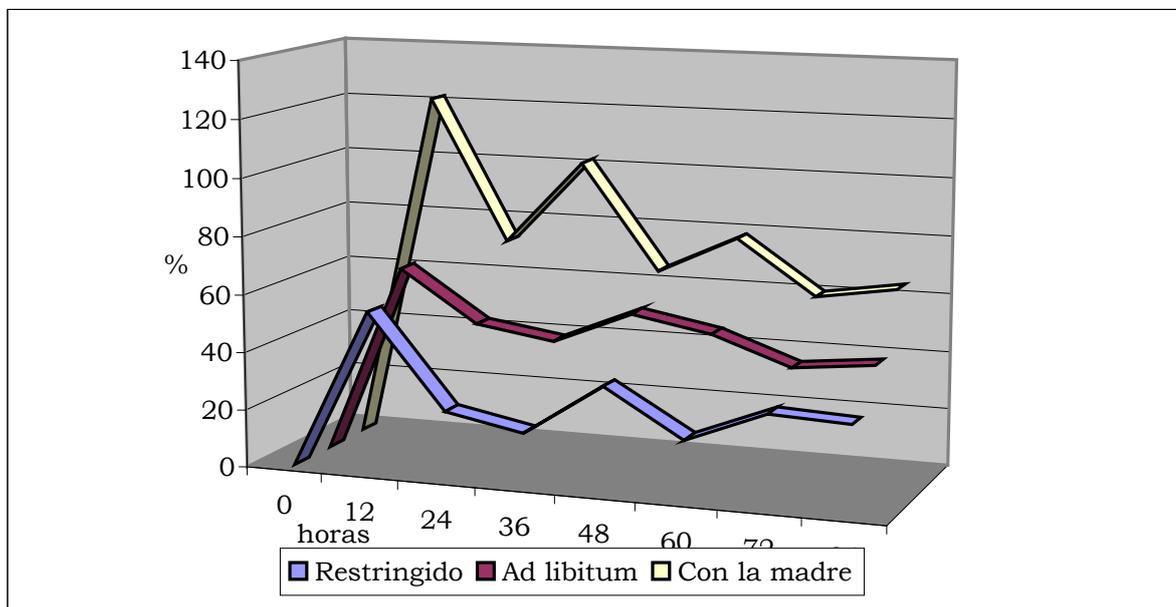
IgG séricas (Gráfica 15) parecían algo inferiores en las primeras 36 horas, para igualarse al final de la experiencia, lo cual podría indicar que el manejo propuesto es adecuado en los cabritos de la ACC, ya que como se verá posteriormente la tasa de viabilidad no se ve afectada.

En cuanto a la aparición del pico de absorción de IgG, se observa en la Gráfica 15 que para los tres lotes están comprendidos entre las 24 y 60 horas postparto, presentando los dos primeros (maternal y *ad libitum*) mayor precocidad que el restringido (24-48 vs 36-60 horas postparto).

En el caso de cabritos de raza Nubia, Chen y col. (1999) encontraron un pico en la concentración de gammaglobulinas en suero sanguíneo de 33.3 mg/ml a las 24 horas postparto. En el caso de terneros, Logan y col. (1978) citan los niveles máximos de IgG entre las 16 y 48 horas (21.5 ± 2.6 mg/ml), mientras que en corderos Ciupercescu (1977) trabajando con la raza Finnish x Dorset Horn observaron la máxima concentración de IgG1 a las 72 horas de vida (22 mg/ml).

Al igual que sucede con la IgG calostrada la variabilidad de las inmunoglobulinas en suero sanguíneo es muy elevada (Gráfica 16), apreciándose que los animales encalostrados con la madre presentan un alto coeficientes de variación durante todo el periodo de estudio (60%), superior al observado en los lotes alimentados *ad libitum* (50%) y restringido, siendo este último el más homogéneo en cuanto a variabilidad (20%). Otros autores encuentran valores semejantes en el coeficientes de variación de suero sanguíneo de cabritos, tales como Chen y col. (1999) 51%, Sherman y col. (1990) 56% y O'Brien y Sherman (1993) 62%.

Gráfica 16. Evolución del coeficiente de variación en los diferentes lotes de encalostrado.



4.4.1. Factores de variación de la concentración sérica de IgG

4.4.1.1. Peso al nacimiento y prolificidad

En el presente trabajo no se han encontrado correlaciones significativas entre el peso al nacimiento y las concentraciones sanguíneas de IgG. Similares resultados han sido relatados para ganado ovino por Bekele y col. (1992), no encontrando diferencias en la concentración en suero de Ig entre corderos nacidos entre 1 y 1.5 kg y animales de peso al nacimiento de más de 3 kg. Aunque no existan diferencias, es de destacar que la tendencia es a incrementar la concentración de Ig conforme aumenta el peso al nacimiento, como se muestra en la Gráfica 17. En contra de lo expresado anteriormente, Cabello y Levieux (1981) afirmaron, trabajando con corderos, que el peso al nacimiento está positivamente correlacionado con la eficiencia en la absorción de Ig. Quizá la explicación se podría encontrar en lo descrito por Halliday (1976) y Bekele y col. (1992), quienes afirman que el tamaño de la camada, y por ende el peso al nacimiento, no afecta a la tasa de anticuerpos en sangre de los corderos, siempre y cuando la cantidad de calostro no sea limitante. Así, estos autores encontraron

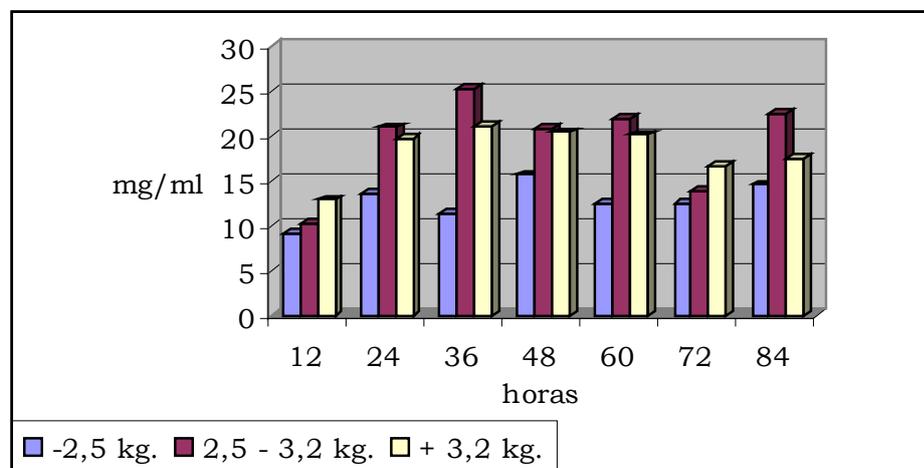
que en razas con escasa producción de calostro, tales como Merino o Caras negras, el peso al nacimiento si afectaba a la concentración de Ig, por tanto un bajo peso al nacimiento no está necesariamente asociado con una baja concentración de Ig en suero, siempre y cuando, como sucede en la ACC, el aporte de calostro sea suficiente.



Figura 9. Comportamiento maternal tras el parto.

También se podría pensar que un diferente comportamiento entre los animales de parto simple y doble, es decir de mayor o menor peso, maquen las diferencias, ya que los animales de parto simple son ligeramente más precoces (tiempo al primer intento de puesta en pié, primera puesta en pié con éxito y primer amamantamiento) que los de parto doble (Ramírez y col., 1998). Probablemente también un diferente comportamiento de ayuda por parte de la madre y un comportamiento imitativo en los animales nacidos de parto doble jueguen un role importante en la escasez del efecto peso nacimiento-prolificidad sobre la tasa de anticuerpos alcanzada. Este comportamiento debería ser estudiado con mayor detenimiento dado que las referencias encontradas en la bibliografía no son concluyentes.

Gráfica 17. Evolución de los niveles séricos de IgG en cabritos según pesos al nacimiento.



En el caso del ganado caprino, Chen y col. (1999) encontraron resultados opuestos a los observados en la ACC, con menores concentraciones de Ig en suero de cabritos Nubios de parto simple que de parto doble a las 24 horas de vida contrastando con lo observado en la presente experiencia (Tabla 11). Por el contrario, Rabbani y col. (1990), no observaron diferencias. En corderos, Ciupercescu (1977) y Bekele y col. (1992) constataron también que el tamaño de la camada no afectaba a la tasa de anticuerpos, coincidiendo con Halliday (1976) siempre y cuando la cantidad de calostro no fuese limitante.

Tabla 11. Efecto de la prolificidad sobre la concentración sanguínea de IgG (mg/ml).

Tiempo (horas)	Parto simple	Parto múltiple	P<
0	0	0	
12	5.31±2.88	11.16±10.73	0.282
24	20.24±12.92	18.40±12.34	0.513
36	16.96±11.49	19.95±17.42	0.932
48	17.39±11.83	19.45±12.32	0.787
60	16.35±11.37	18.82±12.13	0.601
72	15.46±8.09	14.38±6.73	0.272
84	15.32±8.96	19.18±10.31	0.790

4.4.1.2. Sexo

El sexo, como se muestra en la Tabla 12, no afectó a los niveles séricos de IgG a lo largo del periodo de estudio, como tampoco se observó un efecto sobre la concentración máxima ni sobre el pico de aparición de la misma.

En el caso del ganado caprino, Chen y col. (1999) reseñan que el sexo, en cabritos Nubios, no afectaba a la concentración sérica de Ig, aunque sí apuntaron una tendencia a una mayor concentración en las hembras. Por el contrario, aunque O'Brien y Sherman (1993) tampoco las observaron, apuntaron una mayor concentración en los machos.

Al repasar la bibliografía, las opiniones en terneros también son contradictorias. Así para Roy (1990), las hembras poseen una mayor capacidad de absorción que los machos, mientras que Vann y col. (1995) no encontraron diferencias entre géneros ni en el *Bos indicus* ni en el *Bos taurus*. En el caso de corderos, Ciupercescu (1977) tampoco observó ninguna diferencia en los niveles sanguíneos de IgG1, IgG2 e IgM entre sexos.

Tabla 12. Efecto del sexo sobre la concentración sanguínea de IgG (mg/ml).

Tiempo (horas)	Machos	Hembras	P<
0	0	0	
12	10.11±11.23	11.85±9.26	0.905
24	19.83±14.03	16.15±7.06	0.369
36	21.38±19.51	15.74±7.33	0.293
48	18.66±8.69	20.01±17.32	0.241
60	16.92±8.18	21.39±17.25	0.219
72	15.72±7.38	12.53±5.49	0.088
84	17.92±7.67	19.79±14.12	0.185

4.4.1.3. Viabilidad

La mortalidad de los cabritos guarda una gran relación con la concentración de IgG en suero (Tabla 13), encontrando que aquellos que murieron durante la experiencia, presentaban las tasas inferiores de IgG, siendo estadísticamente significativas a las 12 horas postnacimiento. Al igual que en el presente estudio, Dos Santos y col.

(1994) trabajando con cabritos mestizos criados en Brasil, encontraron unos niveles de IgG en suero inferiores en los animales que morían durante su experimento. La causa de esta mayor mortalidad se atribuía a un incremento en la susceptibilidad a las afecciones por microorganismos.

Tabla 13. Concentraciones medias en sangre de IgG en cabritos que sobrevivieron y en los que murieron (mg/ml).

Tiempo (horas)	Vivos	Muertos	P<
0	0	0	
12	8.60±10.36	0.47±1.24	0.025
24	15.18±13.22	5.19±11.20	0.651
36	16.09±17.09	6.04±11.52	0.334
48	15.92±13.46	4.85±9.03	0.859
60	14.98±13.03	7.15±11.90	0.247
72	11.55±8.11	7.73±12.35	0.913
84	15.33±11.70	8.78±11.98	0.994

En la Tabla 14 se muestra la relación del tipo de encalostrado con la mortalidad habida durante la experiencia. En ella se observa la gran diferencia que existe entre el encalostrado artificial donde prácticamente murió un 50%, mientras que en los otros tres tipos de encalostrados las diferencias fueron mínimas y la viabilidad muy elevada.

Tabla 14. Efecto del tipo de encalostrado sobre la viabilidad.

	Viabilidad
Con la madre	88%
Ad libitum	90%
Restringido	100%
Artificial	54%

(% de animales vivos al final de la experiencia)

4.4.2. Correlaciones entre la IgG consumida y sérica

Por medio de los lotes alimentados *ad libitum* y de forma restringida se estimó la cantidad de IgG calostrado ingerida, ya que se controló en cada toma la cantidad y fase de calostro suministrado a los cabritos. En la Tabla 15 se correlaciona la cantidad de IgG calostrado consumida en un espacio de tiempo (12, 24, 36 o 48 primeras horas),

frente a la tasa de IgG en sangre 12 o más horas posteriores a dicha ingesta.

Tabla 15. Correlaciones entre la cantidad de IgG consumida y la concentración de la misma en sangre.

IgG en sangre	Cantidad de IgG calostroal consumida entre las			
	0-12 horas	0-24 horas	0-36 horas	0-48 horas
24h	0.86***			
36h	0.64**	0.85***		
48h	0.70**	0.73**	0.68**	
60h	0.70**	0.86***	0.75**	0.75**
72h	0.79***	0.76**	0.66**	0.62*
84h	0.58*	0.61*	0.47	0.44

*:P< 0.05. **:P< 0.01. ***:P< 0.001

Como se desprende de la Tabla 15, la cantidad de IgG consumida presenta una alta correlación positiva con la IgG sanguínea principalmente en las primeras 72 horas de vida del animal, decaendo de forma sustancial a las 84h. Esto nos induce a pensar que la toma de calostro en las primeras 48 horas de vida es fundamental y dentro de ellas el conjunto de IgG consumido en las 24 primeras horas, ya que parece tener la mayor repercusión sobre la concentración de IgG sérica a las 84h. Este hecho concuerda con lo citado por Constant y col., (1994) quienes encontraron diferencias entre cabritos alimentados con calostro con una concentración de 3 g/kg. y de 1.5 g/kg. de IgG. Los primeros presentaron un pico de IgG en sangre a las 12 horas postparto, mientras que los alimentados con la dosis baja, lo alcanzaron a las 24 horas. Por su parte, Abel Francisco y Quigley (1993) citaron, trabajando con terneros, que la relación entre la cantidad de Ig ingerida y la absorbida no está bien entendida. Así, Stott y Fellah (1983) encontraron que la concentración de Ig calostroal era un factor definitivo en la absorción de las mismas por parte de los terneros, ya que aquellos que consumían un litro de calostro con una concentración de 60 mg/ml, poseían mayor concentración de Ig en sangre que aquellos que consumían dos litros de calostro con una concentración 30 mg/ml. De igual manera, Muller y Ellinger, (1981) encontraron coeficientes de correlación positivos entre la concentración de IgG (0.52), IgA (0.56) e IgM (0.36) presente en el calostro y la resultante en el suero de los terneros. Por el contrario, Al-Jawad y Lees (1985) no encontraron diferencias en la eficacia de absorción en corderos de raza Clun Forest

al encalostrarlos con varias fuentes de Ig que oscilaba su concentración entre 139 g/l (calostro ovino) a 38 g/l (suero sanguíneo ovino).

Parece ser que el momento de la primera toma, y el cierre intestinal a las macromoléculas conforme avanza el tiempo, son los principales factores que determinan estas correlaciones (Staley y Bush, 1985 y Jochims y col., 1994). Por otro lado, el inhibidor de la tripsina muy presente en la primera fase calostrual va desapareciendo a la par que aumenta la actividad y la presencia de la tripsina abomasal (Quigley y col. (1995).

Respecto a la absorción de Ig por los cabritos y que evidentemente llega un momento en el cual no son capaces de incorporarlas al riego sanguíneo, se plantea la duda de si éste comienza a contar desde el nacimiento o bien desde que el animal recibe la primera toma de calostro. Por otro lado, parece lógico pensar que aquellas sustancias capaces de inhibir la actividad de la tripsina, pudieran desempeñar en un futuro una vía de alargamiento del período de cierre intestinal en cabritos.

5. Conclusiones

- 1-. La proteína calostrál al igual que sucede con la grasa y sólidos totales, declinan rápidamente hasta aproximadamente el cuarto día post-parto, momento en el que se estabilizan, pero son las 36 primeras horas donde el descenso es mayoritario. El conocimiento de este comportamiento resulta de vital importancia en la elección del calostro que se pretende conservar y administrar a los cabritos a fin de evitar la mortalidad en su mayor grado sin mermar su potencial de crecimiento.
- 2-. La participación de la IgG sobre la proteína total calostrál pasa de un 36% en el momento del parto (36 mg/ml) al 3% a las 132 horas (1.3 mg/ml) descendiendo de una forma exponencial.
- 3-. La presencia de la cría parece no estimular a la madre, ni positiva ni negativamente en cuanto a la tasa de IgG, lo que consideramos importante, dado que para la lactancia artificial recomendamos la separación temprana del cabrito de su madre para evitar el establecimiento de la relación materno-filial.
- 4-. Se podría afirmar que aquellas razas seleccionadas para la aptitud lechera, caso de la ACC, presentan inferiores tasas de IgG por ml de calostro, lo que no implica que la producción total de inmunoglobulinas sea menor, ya que la producción total de calostro es generalmente mayor.
- 5-. Una característica del calostro es el elevado coeficiente de variación (CV%) que presenta la IgG, tanto en las 36 primeras horas post-parto, cercano al 57%, como en las 132 primeras horas (77%).
- 6-. El porcentaje de lactosa calostrál es el único parámetro químico que presenta una evolución ascendente en el tiempo aumentando en las 132 horas post-parto un 18% sobre el valor inicial. Es decir, parece que el efecto inmunológico estuviese en contraposición al efecto energético otorgable a la lactosa y del cual están tan necesitados los cabritos al nacimiento.
- 7-. Los constituyentes producidos en la glándula mamaria tienden a mantener su contribución sobre los sólidos totales, siendo el único componente que muestra reducción el proveniente del exterior a través del filtrado sanguíneo.
- 8-. La densidad presenta en las 36 primeras horas post-parto la variación más importantes descendiendo un 77% de la reducción total.
- 9-. El pH tiende a la neutralidad con un ascenso muy ligero, pasando de 6.36 al parto a 6.56, 132 horas después.



10-. El color junto a la densidad son los parámetros físicos que más se modifican en las 36 primeras horas. La luminosidad tiende a elevarse rápidamente hasta alcanzar en este periodo la propia de la leche. Los otros dos parámetros que definen el color, Cromo y Hue, siguen una evolución opuesta; el Cromo desciende con una fuerte pendiente y el Hue experimenta un ascenso.

11-. Al contrario de lo que sucedía con los componentes químicos, la variabilidad de los componentes físicos es escasa, especialmente en la densidad, el pH, la luminosidad y el Hue. Por contra, la conductividad eléctrica (17% de CV) y especialmente el Cromo mantienen una elevada variabilidad durante todo el periodo de estudio, es decir este componente del color sería el que más diferenciase un calostro de otro desde un punto de vista físico.

12-. Tanto los parámetros físicos como químicos muestran bien positiva o negativamente un alto coeficiente de correlación con la concentración de IgG calostrual. No obstante, es manifiesto que algunos parámetros son mucho más baratos, inmediatos y fáciles de medir que otros, especialmente a nivel de campo, tales como la densidad (g/l), el pH o el Cromo mediante una tabla de colores, lo que podría ser de gran ayuda en la predicción de la calidad del calostro la propia explotación.

13-. Respecto a la transferencia de inmunidad pasiva, los cabritos no presentaron concentraciones detectable de IgG en sangre en el momento del nacimiento.

14-. En relación con el tipo de encalostrado utilizado, no se detectan diferencias estadísticas significativas entre encalostrados de forma natural (LN), artificial *ad libitum*, (EAAL), artificial restringida (EAR), siendo muy notable con respecto al artificial comercial (EAC).ya que éste no aporta ninguna tasa de inmunidad pasiva a los animales

15-. Al igual que sucedía con la IgG calostrual la variabilidad de las inmunoglobulinas en suero sanguíneo es muy elevada, apreciándose que los animales encalostrados con la madre presentan altos coeficientes de variación durante todo el periodo de estudio (60%), superior al observado en los lotes alimentados *ad libitum* (50%) y restringido (20%)

16-. El manejo propuesto para el lote restringido podría ser adecuado en los cabritos de la ACC, ya que su tasa de viabilidad no es inferior al encalostrado natural ni al restringido *ad libitum*. Favoreciendo su adaptación a las tetinas artificiales sin mermar de forma significativa la tasa de anticuerpos en sangre.

6. Bibliografía

- Abel Francisco, S.F. y Quigley III, J.D. 1993. Serum immunoglobulin concentrations after feeding maternal colostrum plus colostrum supplement to dairy calves. *American Journal Veterinary Reserach*, 54(7): 1051-1054.
- Agrawal-KP y Bhattacharyya-NK. 1980. Note on the composition of colostrum and its transition to normal milk in Indian dwarf goats. *Indian-Journal-of-Animal-Sciences*. 1980, 50(9): 782-784.
- Akinsoyinu, A.O. 1977. *Journal of Dairy Research*, 44:57-62.
- Akinsoyinu, A.O.; Tewe, O.O. y Mba, A.U. 1979. *Journal of Dairy Science*, 62:921-924.
- Alamy, H.A.; Mohamed, A.A. y Alamy, H.A. 1978. The chemical composition and properties of goats milk. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 6(2): 239-245.
- Alberts, B.; Bray, D.; Lewis, J.; Raff, D.; Roberts, K. y Watson, J.D. 1986. *Biología molecular de la célula*. Ed. Omega, Barcelona.
- Al-Jawad, A.B. y Lees, J.L. 1985. Effects of ewe's colostrum and varius substitutes an the serum immunoglobulin concentration, gut closure process and growth rate of lambs. *Animal Production*, 40: 123-127.
- Argüello, A.; Ginés, R.; Capote, J.y López, J.L. 1998a. Composición química y características físicas del calostro caprino. *Veterinaria Argentina*, 15(148): 573-578.
- Argüello, A.; Mayáns, S. López, J.L. 1998b. *Lactancia Artificial en Cabritos*. Cabildo Insular de Tenerife, 26 pp.
- Attaie, R.; Richter, R.L. y Reine, A.H. 1992. Volatile branched chain and n-chain fatty acids in caprine and bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 75: 119.
- Babiuk, L.A; Campos, M; Sordillo, L.M; Hughes, H; Rossi-Campos, A y Harland, R. 1990. Interaction of cytokines and leukocytes in infectious diseases. *Journal of Dairy Science*, 73: Supplement 1, 235.
- Bainter, K. 1986. *Intestinal absorption of macromolecules and immune transmission from mother to young*. Boca Ratón, Fla. CRC Press Inc., 102.
- Balfour, W.E. y Comline, R.S. 1959. The specificity, of the intestinal absorption of large molecules by the newborn calf. *J. Physiol.*, London, 148: 77-78.

- Barza, H.; Marinescu, M. y Blaga, L. 1993. Disorders of foals 0-10 days of age. Part I. Revista Romana de Medicina Veterinaria, 3(1): 9-20.
- Baumrucker, C.R. y Blum, J.R. 1993. Secretion of insulin-like growth factors in milk and their effect on the neonate. Livestock Production Science, 35: 49-72.
- Bekei, A. 1987. Possibility of diagnosing subclinical mastitis by measuring the electric conductivity of colostrum. Magyar Allatorvosok Lapja, 42(2): 105-108.
- Bekele, T.; Otesile, E.B. y Kasali, O.B. 1992. Influence of passively acquired colostrum immunity on neonatal lamb mortality in Ethiopian highland sheep. Small Ruminant Research, 9: 209-215.
- Bernabé, A.; Contreras, A.; Gómez, M.A.; Sánchez, A.; Corrales, J.C. y Gómez, S. 1998. Polyarthritis in kids associated with *Klebsiella pneumoniae*. Veterinary Record, 142: 64-66.
- Bernier, G.M.; Ballieux, R.E.; Tominaga, K.T. y Putnam, F.W. 1967. Heavy chain subclasses of human γ G-globulin. Serum distribution and cellular localization. J. exp. Med., 125: 303-318.
- Bessner, T.E. y Osborn, D. 1993. Effect of bovine serum albumin on passive transfer of immunoglobulin G1 to newborn calves. Veterinary Immunology and Immunopathology, 37: 321-327.
- Besser, T.E.; Gay, C.C. y Prichett, L.C. 1991. Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. Journal of American Veterinary Medical Association, 198: 419.
- Brambell, F.W.R. 1970. The transmission of passive immunity from mother to young. Frontiers of Biology, Volumen 18, edited by Neuberger, A. Y Tatum, E.I., North Holland Publishing Co., Amsterdam.
- Bramford, D.R. 1966. Studies in vitro of the passage of serum proteins across the intestinal wall of young rats. Proc. R. Soc. Ser. B., 166: 30-45.
- Brandon, M.R. y Lascelles, A.K. 1971. Relative efficiency of absorption of IgG1, IgG2, IgA and IgM in the newborn calf. Aust. J. exp. Biol. Med. Sci., 49: 629-633.
- Brignole, T.J. y Stott, G.H. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. Journal of Dairy Science, 63: 451-456.
- Brock, J.H.; Arzabe, F.R. y Pineiro, A. 1977. The effect of trypsin and chymotrypsin on the bactericidal activity and specific antibody activity of bovine colostrum. Immunology, 32: 207.



- Brown, M.D. 1978. Relationships between immunoglobulins and the intestinal epithelium. *Gastroenterology*, 75: 129-138.
- Bush, L.J. y Staley, T.E. 1980. Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 63: 672-680.
- Butler, J.E. 1969. Bovine immunoglobulins: A review. *Journal of Dairy Science*, 52: 1895-1909.
- Butler, J.E.; Winter, A.J. y Wagner, G.G. 1971. Symposium: Bovine immune system. *Journal Dairy Science*, 54: 1309-1339.
- Cabello, G. Y Levieux, M. 1981. Absorption of colostral IgG1 by the newborn lamb: influence of the length of gestation, the birthweight, and thyroid function. *Research Veterinary Science*, 31: 190-194.
- Capote, J. 1999. Efecto de la influencia de ordeño en las características morfológicas, productivas y de facilidad de ordeño en cabras de la Agrupación Caprina Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de G.C., 238 pp.
- Castro, N. 2000. Estudio de los principales factores de variación sobre la calidad del calostro de la Agrupación Caprina Canaria. Tesina de Licenciatura. Universidad de Las Palmas de G.C., 91 pp.
- Ciupercescu, D.D. 1977. Dynamics of serum immunoglobulin concentration in sheep during pregnancy and lactation. *Research in Veterinary Science*, 22: 23-27.
- Clark, S.L. 1959. The ingestion of proteins and colloidal materials by columnar absorptive cells of the small intestine in suckling rats and mice. *J. biophys. Biochem. Cytol.*, 5: 41-50.
- Constant, S.B.; Leblanc, M.M.; Klapstein, E.F.; Beebe, D.E.; Leneau, H.M. y Nunier, C.J. 1994. Serum immunoglobulin G concentration in goats kids fed colostrum or a colostrum substitute. *Javma*, 205(12): 1759-1762.
- Crawford, M.L.; Quigley, J.D. y Martin, K.R. 1995. Immunoglobulin concentrations in serum in response to injectable immunoglobulin in neonatal dairy calves. *Journal Dairy Science*, 78: 1567-1572.
- Crowley, M.L.; Fisher, L.J. y Owen, B.D. 1994. Blood-derived immunoglobulins in milk replacer, or by injection, for improved performance of colostrum-deprived neonatal calves. *Animal Feed Science and Technology*, 47: 245-257.



- Csapo, J.; Csapo, Z.; Martin, T.G.; Szentpeteri, J. y Wolf, G. 1994. Composition of colostrum from goats, ewes and cows producing twins. *International Dairy Journal*: 445-458.
- Chelack, B.J.; Morley, P.S. y Haines, D.M. 1993. Evaluation of methods for dehydration of bovine colostrum for total replacement of normal colostrum in calves. *Canadian Veterinary Journal*, 34: 407-412.
- Chen, J.C.; Chang, C.J.; Peh, H.C. y Chen, S.Y. 1998. Total protein and globulin contents of mammary secretion during early post-partum period of Nubian goats in the Taiwan area. *Small Ruminant Research*, 31: 67-73.
- Chen, J.C.; Chang, C.J.; Peh, H.C. y Chen, S.Y. 1999. Serum protein levels and neonatal growth rate of Nubian goat kids in Taiwan area. *Small Ruminant Research*, 32: 153-160.
- Devery-Pocius, J.E. y Larson, B.L. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *Journal of Dairy Science*, 66 (2): 221-226.
- Donovan, G.A.; Badinga, L.; Collier, R.J.; Wilcox, C.J. y Braun, R.K. 1986. Factors influencing passive transfer in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 69: 754-759.
- Dos Santos, G.T.; Bertolini, D.A.; Macedo, F.; Prado, I. y Martins, E. 1994. Variabilidade em imunoglobulina G (IgG) no colostro de cabra de primeira ordenha e absorcao intestinal de IgG pelos cabritos recém-nascidos. *Arquivos Biologicos y Tecnologicos*, 37(2): 285-292.
- Eales, F.A.; Gilmour, J.S.; Barlow, R.M. y Small, J. 1982. Causes of hypothermia in 89 lambs. *Veterinary record*, 110(6): 118-120.
- Fabelo, F.; López, J.L. y Argüello, A. 1992. Aproximación al estudio de la lactancia artificial en cabritos de la Agrupación Caprina Canaria. *O Médico Veterinário*, 32:48-50.
- Fahey, J.L. y McKelvey, E.M. 1965. Quantitative determination of serum immunoglobulin in antibody agar plates. *Journal Immunology*, 94: 84.
- Ferrer, O.; Real, F.; Molina, J.M.; Acosta, B.; Muñoz, M.C. y León, L. 1997. IgG concentration in mammary secretions of goats throughout lactation in healthy and coagulase-negative staphylococci infected udders. *Comp. Immun. Microbiol. Infect. Dis.* 20(3): 253-260.



- Fleener, R.J. y Stott, G.H. 1981. Single radial immunodiffusion analysis for quantitation of colostral immunoglobulin concentration. *Journal of Dairy Science*, 64: 740-747.
- Fleener, W.A. y Stott, G.H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 63: 973.
- Fleet, I.R.; Goode, J.A.; Hamon, M.H.; Laurie, M.S.; Linzell, J.L. y Peaker, M. 1975. Secretory activity of goat mammary glands during pregnancy and the onset of lactation. *Journal of Physiology*, 251(3): 763-773.
- Fresno, M. 1993. Estudio de la producción láctea en la Agrupación Caprina Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, 168 pp.
- Fresno, M.; Martín, P.; Capote, J.; Darmanin, N.; Corbella, M. y Casanova, C. 1992. Calidad media de la leche de la Agrupación Caprina Canaria durante la primera lactación. *Avances en Alimentación y mejora Animal*, 31: 19-20.
- Fuentes, J.L. 1989. Alojamiento e Instalaciones. Manual sobre cabras, 119-130.
- Fuh, Y.M.; Ho, C.M.; Wang, C.T. y Liang, I. 1985. Chemical composition and physical properties of goat milk produced in the southern area of Taiwan. *Journal of the Taiwan Livestock Research*. 18(2): 175-183.
- Gall, C. 1981. Milk production. En: *Goat Production*, Ed. C. Gall, Academic Press, Londres, 1981, pp.310-344.
- García de Jalón, J.A.; De las Heras, M.; Ferrer, L.M. y Sancho, F. 1990. Síndrome de la boca mojada. *Medicina Veterinaria*, 7(9): 505-509.
- García, S. y Goddard, P.J. 1998. The provision of supplementary colostrum to newborn lambs: effects on post-natal lamb and ewe behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 61: 41-50.
- Gawad, I.A.; Mahfouz, M.; Ali, A.A.; Hewedi, M. y Gawad, I.A. 1986. The electrophoretic pattern of goats' milk proteins during various periods of lactation. *Annals of Agricultural Science*, 24 (3): 1469-1475.
- Gay, C.C. 1983. Failure of passive transfer of colostral immunoglobulins and neonatal disease in calves: a review. 4th International Symposium Neonatal Diarrhea. *Vet. Infect. Dis. Organ.*, Saskatoon, SK, Canada. 346, in proceeding.



- Gitlin, D.; Kumate, J.; Urrusti, J. y Morales, C. 1964. The selectivity of the human placenta in the transfer of plasma proteins from mother to fetus. *J. Clin. Invest.*, 43: 1938-1951.
- Godfrey, R.W.; Smith, S.D.; Guthrie, M.J.; Stanko, R.L.; Neuendorff, D.A. y Randel, R.D. 1991. Physiological responses of newborn *bos indicus* and *bos indicus* x *bos taurus* calves after exposure to cold. *Journal of Animal Science*, 69: 258-263.
- Goyena, M., Ortiz, J.M. y Alonso, F.D. 1997. Influence of different systems of Feeding in the appearance of cryptosporidiosis in goat kids. *Journal Parasitology*, 83 (6): 1185-1186.
- Graf, F.; Osterkorn, K.; Fautz, J.; Frahm, K. y Gall, C. 1970. *Arb. Inst. Tierzucht, Vererbungs-u. Konstitutionsfor., Univ. München, Heft*, 8:45-52.
- Greenwood, P.L. 1993. Rearing systems for dairy goats. *Small Ruminant Research*, 10: 189-199.
- Greenwood, P.L.; North, R.N. y Kirkland, P.D. 1995. Prevalence, spread and control of caprine arthritis-encephalitis virus in dairy goat herds in New South Wales. 1995. *Australian Veterinary Journal*, 72: 9, 341-345.
- Guerrault, P. 1990. Apport de colostrum: plusieurs methodes. *La Chevre*, 180: 30-31.
- Ha, W.K.; Lim, J.W. y Choi, C.K. 1986. A study on the immunoglobulin G concentration in milk and blood serum of Korean native goats. I. Changes of IgG concentration on the lactation period of Korean native goats. *Korean Journal of Animal Sciences*, 28(10): 679-683.
- Hadjipanayiotou, M. 1995. Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrum of ewes and goats. *Small Ruminant Research*, 18: 255-262.
- Halliday, R. 1958. The absorption of antibody from immune sera and from mixtures of sera by the gut of the young rat. *Proc. R. Soc. Ser. B.*, 148: 92-103.
- Halliday, R. 1959. The effect of steroid hormones on the absorption of antibody by the young rat. *J. Endocr.*, 18: 56-66.
- Halliday, R. 1971. Total protein and immunoglobulin concentrations in sera from 2-day-old Finnish Landrace x Dorset Horn Lambs. *Journal of Agricultural Science*, 77: 209-211.
- Halliday, R. 1976. Variations in immunoglobulin concentration in Finnish x Dorset Horn lambs. *Research Veterinary Science*, 21: 331-334.



- Harker, D.B. 1973. Serum immune globulin levels in lambs under a week old. *Veterinary Record*, 93: 431.
- Harlow, E. y Lane, D. 1988. *Antibodies A Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor Laboratory, USA; 53-137.
- Heath, S.E. 1985. Feeding bovine colostrum to lambs. *Veterinary Record*, 116(24): 647.
- Herrera, M y Subires, J. 1988. *La Raza Caprina Malagueña*. Diputación Provincial de Málaga, 127 pp.
- Hough, R.L.; McCarthy F.D.; Kent, H.D.; Eversole, D.E. y Wahlberg, M.L. 1990. Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68: 2622-2627.
- Hunter, A.G.; Reneau, J.K. y Williams, J.B. 1977. Factors affecting IgG concentration in day old lambs. *Journal Animal Science*, 45: 1146-1151.
- Jeffcott, L.B. 1971. Duration of permeability of the intestine to macromolecules in the newly-born foal. *Veterinary Record*, 88: 340-341.
- Jochims, K.; Kaup, F.J.; Drommer, W. y Pickel, M. 1994. An immunoelectron microscopic investigation of colostral IgG absorption across the intestins of newborn calves. *Research in Veterinary Science*, 57: 75-80.
- Kehoe, J.M. 1971. Subclass of bovine IgG. *Journal of Dairy Science*, 54: 1317-1317.
- Kiddy, C.A.; McCann, R.; Maxwell, C.; Rock, C.; Pierce, C. y Butler, J.E. 1971. Changes in levels of immunoglobulin in serum and other body fluid immediately before and after parturition. *Journal of Dairy Science*, 54:1325-1329.
- Kirsten, A.R.H.; Jeff, W.T.; Thomas, E.B.; Denise, S.K. 1996. Optimizing performance of a qualitative zinc sulfate turbidity test for passive transfer of immunoglobulin G in calves. *AJVR*, 57(12): 1711-1713.
- Klaus, G.G.B.; Bennett, A. y Jones E.W. 1969. A quantitative study of the transfer of colostral immunoglobulins to the newborn calf. *Immunology*, 16: 293-299.
- Klobasa, F. y Senft, B. *Milchwiss.*, 25:453-456.



- Klobasa, F.; Goel, M.C. y Werhahn, E. 1998. Comparison of freezing and lyophilizing for preservation of colostrum as a source of immunoglobulins for calves. *Journal Animal Science*, 76: 923-926.
- Kraehenbuhl, J.P. y Campiche, M.A. 1969. Early stages of intestinal absorption of specific antibodies in the newborn. *J. Cell. Biol.* 42: 345-365.
- Kruse, V. 1970. Absorption of immunoglobulin from colostrum in newborn calves. *Animal Production*, 12: 627-638.
- Lacetera, N.; Bernabucci, U.; Ronchi, B. y Nardone, A. 1996. Effects of selenium and vitamin E administration during a late stage of pregnancy on colostrum and milk production in dairy cows, and on passive immunity and growth of their offspring. *American Journal of Veterinary Research*, 57(12): 1776-1780.
- Lacy-Hulbert, S.J.; Woolford, M.W. y Lomas, J. 1996. Early season milk quality. *Proceeding 48th Ruakura Farmers Conference held at Ruakura, New Zealand, 11 June 1996*, 75-81.
- Lampert, L.M. 1975. *Modern dairy products*. Food trade Press, USA, third edition, 44-47.
- Landau, S.; Zoref, Z.; Nitsan, Z. y Madar, Z. 1997. The influence of extruding corn grain in diets fed to Finn x Awassi crossbred ewes during late pregnancy on birth weight of lambs. *Canadian Journal of Animal Science*, 77: 141-147.
- Larson, R.E.; Ward, A.C.S.; Frederiksen, K.R.; Ardrey, W.B. y Frank, F.W. 1974. Capability of lambs to absorb immunoproteins from freeze-dried bovine colostrum. *American Journal of Veterinary Research*, 35(8): 1061-1063.
- Lascelles, A.K.; Beh, K.J. y Husband, A.K. 1980. Origin of antibody in mammary secretion with particular reference to the IgA system. *Advance Experimental Medical Biology*, 137: 493-511.
- Laskowski, M y Laskowski, M 1951. Crystalline trypsin inhibitor from colostrum. *J. biol. Chem.*, 190: 563-573.
- Lecce, J.G. y Morgan, D.O. 1962. Effect of dietary regimen on cessation of intestinal absorption of large molecules (closure) in the neonatal pig and lamb. *J. Nutr.*, 78: 263-268.
- Lee, C.S. y Outteridge, P.M. 1981. Leucocytes of sheep colostrum, milk and involution secretion, with particular reference to ultrastructure and lymphocyte sub-populations. *Journal of Dairy Research*. 48: 225-237.



- Linzell, J.L. y Peaker, M. 1974. Changes in colostrum composition and in the permeability of the mammary epithelium at about the time of parturition in the goat. *Journal Physiology*, 24:129-151.
- Logan, E.F. 1977. The influence of husbandry con colostrum yield and immunoglobulin concentration in beef cows. *British Veterinary Journal*, 133: 120-125.
- Logan, E.F. y Pearson, G.R. 1978. The distribution of immunoglobulins in the intestine of the neonatal calf. *Annales de Recherches Veterinaries*, 9(2): 319-326.
- Logan, E.F.; Penhale, W.J. y Jones, R.A. 1972. Changes in the serum immunoglobulin levels of colostrum-fed. *Research in Veterinary Science*, 14: 394-397.
- Logan, E.F.; Foster, W.H. y Irwin, D. 1978a. A note on bovine colostrum as an alternative source of immunoglobulin for lambs. *Animal Production*, 26(1): 93-96.
- Logan, E.F.; McMurray, C.H.; O'Neill, D.G.; McParland, P.J. y McRory, F.J. 1978b. Absorption of colostrum immunoglobulins by the neonatal calf. *British Veterinary Journal*, 134(3): 258-262.
- Logan, E.F.; Pearson, G.R. y Acres, S.D. 1979. Colostral immunoglobulins in the small intestine of neonatal calves. *Proceeding. Second International Symposium on Neonatal Diarrhea*, October, 3-5, University of Saskatchewan, 475-486.
- Logan, E.F.; Mensely, D.J. y Lindsay, A. 1981a. Colostrum and serum immunoglobulin levels in Jersey cattle. *Brit. Vet. J.*, 137: 279-282.
- Logan, E.F.; Muskett, B.D. y Herron, R.J. 1981b. Colostrum feeding of dairy calves. *Veterinary Record*, 108: 283-284.
- López, J.L.; Matías, D.; Ginés, R.; Argüello, A. y Capote, J. 1999. Eficacia del uso de un calostro comercial frente a calostro natural en la lactancia artificial de cabritos. *Actas de las XXIV Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, Soria, pp. 145-148
- Losonczy, S.; Pethes, G.; Frenyo, V.L.; Antal, T. y Szabo, I. 1979. Quick physiological test to control optimal colostrum uptake by calves in large scale managment. I. Pre- and postcolostral serum IgG concentration of calves. *Magyar Allatorvosok Lapja*, 34: 371-375.
- Mancini, G.; Carbonara, A.O. y Heremans, J.F. 1965. Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. *Immunochemistry*, 2: 235.



- Martín, M.C. y Juárez, M. 1995. Composición de la leche de cabra de diferentes razas. Actas de la XXXV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Tenerife, España, 97-99.
- Mbuthia, E.W.; Klobasa, F.; Gachuiru, C.K. y Abate, A. 1997. Effect of treatment with formaldehyde and formic acid on immunoglobulin content of stored bovine colostrum. *Animal Feed Science and Technology*, 67: 291-298.
- McCarthy, E.F. y McDougall, E.I. 1953. Absorption of immune globulin by the young lamb after ingestion of colostrum. *Biochem. J.*, 55: 177-182.
- McEwan, A.D.; Fisher, E.W. y Selman, I.E. 1970a. An estimation of the efficiency of the absorption of immune globulins from colostrum by newborn calves. *Research Veterinary Science*, 11: 239-243.
- McEwan, A.D.; Fisher, E.W. y Selman, I.E. 1970b. A turbidity test for the estimation of immune globulin levels in neonatal calf serum. *Clin. Chim. Acta*, 27: 155-163.
- McGuire, T.C.; Pfeiffer, N.E.; Weikel, J.M. y Bartsch, R.C. 1976. Failure of colostrum immunoglobulin transfer in calves dying from infectious disease. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 169: 713-718.
- McGuirk, S.M. 1989. Practical colostrum evaluation. *Proceeding 21 st Annu. Meet Assoc. Bov. Pract.*, 21: 79-82.
- Meckenzie, H.A. 1970. Milk protein. Academic Press, New York, USA, Vol.I 45-123.
- Mechor, G.D.; Grohn, Y.T.; McDowel, L.R. y Van Saun, R.J. 1992. Specific gravity of bovine colostrum immunoglobulins as affected by temperature and colostrum components. *Journal of Dairy Science*, 75(11): 3131-3135.
- Meiron, R.; Cohen, R.; Barnea, A.; Ratner, D. y Trainin, Z. 1977. Immunoglobulin levels in colostrum and milk dairy cattle. *Refu. Vet.*, 34:51.
- Micusan, V.V. y Borduas, A.G. 1977. Biological properties of goat immunoglobulins. *G. Immunology*, 32(4): 373-381.
- Michanek, P.; Ventorp, M. y Weström, B. 1990. Milk intake before first colostrum in newborn dairy calves. Effect on intestinal transmission of macromolecules. *Journal of Dairy Science*, 73: 480-483.



- Molina, P. 1987. Composición y factores de variación de la leche de ovejas de raza manchega. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 239 pp.
- Molina, J.M.; Rodríguez-Ponce, E.; Ferrer, O.; Gutiérrez, A.C. y Hernández, S. 1994. Biopathological data of goat kids with cryptosporidiosis. *Veterinary Record*, 135: 67-68.
- Molina, P.; Muelas, R.; Fernández, N. y Torres, A. 1995. Change of colostrum composition and factors affecting the level of production and composition of colostrum from dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 78(1): 228.
- Möllerberg, L.; Ekman, L. y Jacobsson, S.O. 1975. Plasma and blood volume in the calf from birth till 90 days of age. *Acta Vet. Scand.*, 16: 178-185.
- Morand-Fehr, P. 1984. Influence of environment on mortality of kids. *Colloq. Instit. Natl. Rech. Agron.*, 28: 31-46.
- Morand-Fehr, P. 1989. Management programs for the prevention of kid losses. *Curso de producción caprina. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza*, pp: 405-423.
- Mottram, T.T. y Smith, D.L.O. 1990. Specification and design of a facility for research into milking systems for small ruminants. *Agricultural Engineer*, 45(2): 43-44.
- Muller, L.D. y Ellinger, D.K. 1979. Colostral and serum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 62: 232.
- Muller, L.D. y Ellinger, D.K. 1981. Colostral immunoglobulin concentration among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64(8): 1727-1730.
- Muller, S. y McCutcheon, S.N. 1991. Comparative aspects of resistance to body cooling in newborn lambs and kids. *Animal Production*, 52: 301-309.
- Nandakumar, P. y Rajagopalaraja, C.A. 1983. Growth and mortality in relation to serum immunoglobulin level in neonatal kids. *Kerala Journal of Veterinary Science*, 14: 49-52.
- Napolitano, F.; Marino, V.; De Rosa, G.; Capparelli, R. y Bordi, A. 1995. Influence of artificial rearing on behavioral and immune response of lambs. *Applied Animal Behaviour Science*, 45: 245-253.



- Nardone, A.; Lacetera, N.; Bernabucci, U. y Ronchi, B. 1997. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *Journal of Dairy science*, 80: 838-844.
- Neubauer, H.P.; Schöne, H.H. 1979. Transfer of insulin-binding antibodies from nanny goats to kids. *American Journal Veterinary Research*, 7(40): 962-965.
- Newstead, D.F. 1976. Carotene and immunoglobulin concentrations in the colostrum and milk of pasture-fed cows. *Journal of Dairy*
- Nightengale, G.T. 1979. Colostral immunoglobulin transfer in calves II, the rate of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62: 1766-1773.
- Nightengale, G.T. y Stott, G.H. 1981. Adrenal response of the newborn calf to acute inanition and colostrum feeding. *Journal of Dairy Science.*, 64(2): 236-240.
- Nocek, J.E.; Braund, D.G. y Warner, R.G. 1984. *Journal of Dairy Science*, 67: 319. Citado por Roy, J.H.B., 1990.
- Nord, K.; Løken, T. Orten, A. 1998. Control of caprine arthritis-encephalitis virus infection in three Norwegian goat herds. *Small Ruminant Research*, 28: 109-114.
- Nowak, R.; Poindron, P. y Putu, I.G. 1990. Development of mother discrimination by single and multiple newborn lambs. *Dev. Psychobiol*, 22: 833-845.
- O'Brien, J.P. y Sherman, D.M. 1993. Serum immunoglobulin concentrations of newborn goat kids and subsequent kid survival through weaning. *Small Ruminant Research*, 11: 71-77.
- Odde, K.G. 1986. Neonatal calf survival. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 4: 501-508.
- O'Doherty, J.V. y Crosby, T.F. 1996. The effect of diet in late pregnancy on progesterone concentration and colostrum yield in ewes. *Theriogenology*, 46: 233-241.
- O'Doherty, J.V.; Maher, P.F. y Crosby, T.F. 1997. The performance of pregnant ewes and their progeny when offered grass silage, maize silage or a maize silage/ensiled super pressed pulp mixture during late pregnancy. *Livestock Production Science*, 52: 11-19.
- Olson, D.P.; Woodward, L.F.; Bull, R.C. y Everson, D.O. 1981. Immunoglobulin levels in serum and colostrum whey of protein-metabolizable energy restricted beef cows. *Research Veterinary Science*, 30:49-52.



- Osame, S., Ichijo, S., Ohta, C., Watanabe, T., Benkele, W. y Goto, H. 1991. Efficacy of colostrum immunoglobulins for therapeutic and preventive treatments of calf diarrhea. *Journal of Veterinary Medical Science*, 53(1): 87-91.
- Outteridge, P.M. y Lee, C.S. 1981. Cellular immunity in the mammary gland with particular reference to T, B lymphocytes and macrophages. En: *The Ruminant Immune System*. Ed. J.E. Butler. Plenum Publishing Corporation. U.S.A., pp: 513-534
- Oyeniyi, O.O. y Hunter, A.G. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *Journal of Dairy Science*, 61 (1): 44-48.
- Pahud, J.J. y Mach, J.P. 1970. Identification of secretory IgA, free secretory piece and serum IgA in the ovine and caprine species. *Immunochemistry*, 7: 679-686.
- Park, Y.W. 1991. Interrelationships between somatic cell counts, electrical conductivity, bacteria count, percent fat and protein in goat milk. *Small Ruminant Research*, 5(4): 367-375.
- Parmely, M.J. y Beer, A.E. 1977. Colostral mediated immunity and the concept of a common secretory immune system. *Journal of Dairy Science*, 60: 655-665.
- Pattinson, S.; Davies, D.A.R. y Winter, A.C. 1991. Colostrum production by prolific ewes. *Animal Production*, 52: 583.
- Payne, L.C. y Marsh, C.L. 1962. Gamma globulin absorption in the baby pig: the nonselective absorption of heterologous globulins and factors influencing absorption time. *J. Nutr.*, 76: 151-158.
- Peretz, G. 1992. Caprine arthritis-encephalitis control in France. *Veterinary Record*, 131(21): 495-496.
- Perrin, G.; Polack, B.; Guerraud, J.M. Petet, M. 1995. Haemolytic anaemia in young goats given bovine colostrum. *Summa*, 12(6): 71-72.
- Petrie, L. 1984. Maximising the absorption of colostrum immunoglobulins in the newborn dairy calf. *Veterinary Record*, 114(7): 157-163.
- Pierce, A.E. 1955. Electrophoretic and immunological studies on sera from calves from birth to weaning. *J. Hyg.*, 53: 247-260.
- Pierce, A.E. 1961. Further studies on proteinuria in the new-born calf. *J. Physiol.*, London, 156: 136-149.



- Pritchett, L.C.; Gay, C.C.; Besser, T.E. y Hancock, D.D. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G₁ concentration in colostrum from Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 74: 2336-2341.
- Quigley III, J.D. y Dewdry, J.J. 1998. Symposium: practical considerations of transition cow and calf management. *Journal of Dairy Science*, 81: 2779-2790.
- Quigley III, J.D. y Welborn, M.G. 1996. Influence of injectable immunoglobulin on serum immunoglobulin concentrations in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 79: 2032-2037.
- Quigley III, J.D.; Martin, K.R.; Dowlen, H.H.; Wallis, L.B. y Lamar, K. 1994. Immunoglobulin Concentration, specific gravity, and nitrogen fractions of colostrum from Jersey cattle. *Journal of Dairy Science*, 77: 264-269.
- Quigley III, J.D.; Martin, K.R.; Dowlen, H.H. y Lamar, K.C. 1995. Addition of soybean trypsin inhibitor to bovine colostrum: Effects on serum immunoglobulin concentrations in Jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 78: 886-892.
- Quigley III, J.D.; Dewdry, J.J. y Martin, K.R. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 81: 1308-1312.
- Quiles, A.J.; Gonzalo, C.; Fuente, F.; Hevia, M. y Sanchez, J.M. 1991. Protein composition and variation of caprine colostrum (Murciano-Granadina breed) by means of polyacrylamid-SdS get electrophoresis. *Animal Production*, 52: 311-316
- Rabbani, S.; Irfan, M.; Muhammad, K. y Ahmed, Z.Q. 1990. Studies on the transfer of maternal immunoglobulins in kids. *Archiva Veterinaria Bucaresti*, 19: 53-59.
- Rajala, P. y Castrén, H. 1995. Serum immunoglobulin concentrations and health of dairy calves in two management systems from birth to 12 weeks of age. *Journal of Dairy Science*, 78: 2737-2744.
- Ramírez, A.; Quiles, A.; Hevia, M. L.; Sotillo, F. y Ramírez, M. C. 1996. Influence of forced contact on the maternal- filial bond in the domestic goat after different periods of post-partum separation. *Small Ruminant Research*, 23: 75-81.
- Ramírez, A.; Quiles, A. y Hevia, M.L. 1998. Comportamiento de los cabritos de raza Murciano-Granadina en su primera hora de vida. *Archivos de Zootecnia*, 47: 639-647.



- Rowan, K.J.; Englebright, R.K.; Djajanegara, A. y Sukmawati, A. 1994. Effect of colostrum consumption and the level of environmental pathogen load on the health and growth of kids from birth to weaning. Proceedings of the 7th AAAP Animal Science Congress, 2: 29-30.
- Roy, J.H.B. 1990. The Calf. 5^a Edi., Vol.1 Management of Health. Butterworths.
- Sanz, M.R.; Lara, L.; Gil, F. y Boza, J. 1995. Energy utilization for maintenance and growth in preruminant kid goats and lambs. Small Ruminant Research, 17: 25-30.
- Sauvant, D. Y Fehr, P.M. 1978. XX International Dairy Congress. Vol E Paris, 48-49.
- Sawyer, M.; Willadsen, C.H.; Osburn, B.I. y McGuire, T.C. 1977. Passive transfer of colostral immunoglobulins from ewe to lamb and its influence on neonatal lamb mortality. Journal of the American Veterinary Medical Association, 171(12): 1255-1259.
- Schulz, J.; Fahr, R.D.; Finn, G. y Naumann, I. 1999. Physical examination of the mammary gland and milk indicators of udder health in the goat. Tierärztliche Praxis, 27: 2, 92-98.
- Schuppel, H. y Schwöpe, M. 1998. Zur andwendung des Mastitis-Schnelltests und zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit für die Kontrolle der Eutergesundheit bei Ziegen. Archiv für Lebensmittelhygiene, 49(3): 61-64.
- Shabray, S.A.; Haggag, H.F. y Shabray, S.A. 1980. Studies on the electrical conductivity of milk. Egyptian Journal of Dairy Science, 8(2): 95-102.
- Shearer, J.; Mohammed, H.O.; Brenneman, J.S. y Tran, T.Q. 1992. Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. Preventive Veterinary Medicine, 1-2(14): 143-154.
- Sherman, D.M.; Arendt, T.D.; Gay, J.M. y Maefsky, V.A. 1990. Comparing the effects of four colostral preparations on serum Ig levels of newborn kids. Veterinary Medicine, August 85: 908-913.
- Sibalin, M. y Björman, N. 1966. On the fine structure and absorptive function of the porcine jejunal villi during the early suckling period. Expl. Cell. Res., 44: 165-174.
- Smith, V.R. y Larson, B.L: 1975. Nutrition and biochemistry of milk/Maintenance. In Lactation Academic Press New York, USA, Vol. III: 237-280.



- Smith, W.D.; Dawson, A.McL.; Wells, P.W. y Burrells, C. 1975. Research in Veterinary Science, 19: 189-194.
- Solanes, D.; Such, X. y Caja, G. 1995. Efecto de la utilización de un calostro concentrado comercial sobre el crecimiento y la supervivencia de corderos inmunodeprimidos. ITEA, Volumen Extra(16): 735-737.
- Staley, T.E. y Bush, L.J. 1985. Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to Ig absorption and disease. Journal of Dairy Science, 68: 184-205.
- Stott, G.H. 1980. Immunoglobulin absorption in calf neonates with special considerations of stress. Journal of Dairy Science, 63(4): 681-688.
- Stott, G. H. y Fellah, A. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. Journal of Dairy Science, 66(6): 1319-1328.
- Stott, G.H.; Marx, D.B.; Menefee, B.E. y Nightengale, G.T. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. Journal of Dairy Science, 62: 1766-1773.
- Stott, G.H.; Marx, D.B.; Menefee, B.E. y Nightengale, G.T. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves III. The amount of absorption. Journal of Dairy Science, 62: 1902-1907.
- Stott, G.H.; Fleenor, W.A. y Kleese, W.C. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milkings. Journal of Dairy Science, 64(3): 459-465.
- Tennant, B.; Harrold, M.; Reina-Guerra, M. y Laben, C. 1969. Neonatal alteration in serum gamma globulin levels of Jersey and Holstein-Freisan calves. American Journal Veterinary Research, 30: 345-354.
- Tizard, I. 1992. Inmunología Veterinaria, 4^a Ed. Interamericana McGraw-Hill.
- Trujillo, A.; Guamis, B. y Carretero, C. 1997. Las proteínas mayoritarias de la leche de cabra. Revista Alimentaria, Septiembre, 19-26.
- Ubertalle, A.; Ladetto, G ; Cauvin, E. y Mazzocco, P .1987. Calostro caprino: Caratteristiche del latte ottenuto nelle prime 24 ore post partum. Summa, 4: 4, 239-242.



- Vann, R.C.; Holloway, J.W.; Carstens, G.E.; Boyd, M.E. y Randel, R.D. 1995. Influence of calf genotype on colostrum immunoglobulins in *Bos taurus* and *Bos indicus* cows and serum immunoglobulins in their calves. *Journal of Animal Science*, 73: 3044-3050.
- Vermorel, M.; Dardillat, C.; Vernet, J.; Saïdo, S. y Demigne, C. 1983. Energy metabolism And thermo regulation in the newborn calf. *Annales de Recherches Veterinaires*, 14: 382-389.
- Vihan, V.S. 1988. Immunoglobulin levels and their effect on neonatal survival in sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 1: 135-144.
- Vihan, V.S. 1993. Use of *Escherichia coli* vaccine for passive protection against neonatal colibacillosis in goats. *Small Ruminant Research*, 11: 179-185.
- Virella, G.; Nunes, M.A.S. y Tamagnini, G. 1972. Placental transfer of human IgG subclasses. *Clin. Exp. Immun.*, 10: 475-478.
- Winter, A.C. 1990. Colostrum needs of lambs. *The Veterinary Record*, 554-555.
- Winter, A.C. y Clarkson, M.J. 1992. Farm investigations of anaemia in lambs caused by feeding cow colostrum. *Veterinary Record*, 131(10): 213-216.
- Wyszecki, G. y Stiles, W.S. 1982. *Color science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. Wiley - Interscience Publication, New York, 950 pp.
- Yoffey, J.M. y Courtice, F.C. 1970. *Lymphatics lymph and the lymphomyeloid complex*. Academic Press, London, 213 pp.





7. Anexo

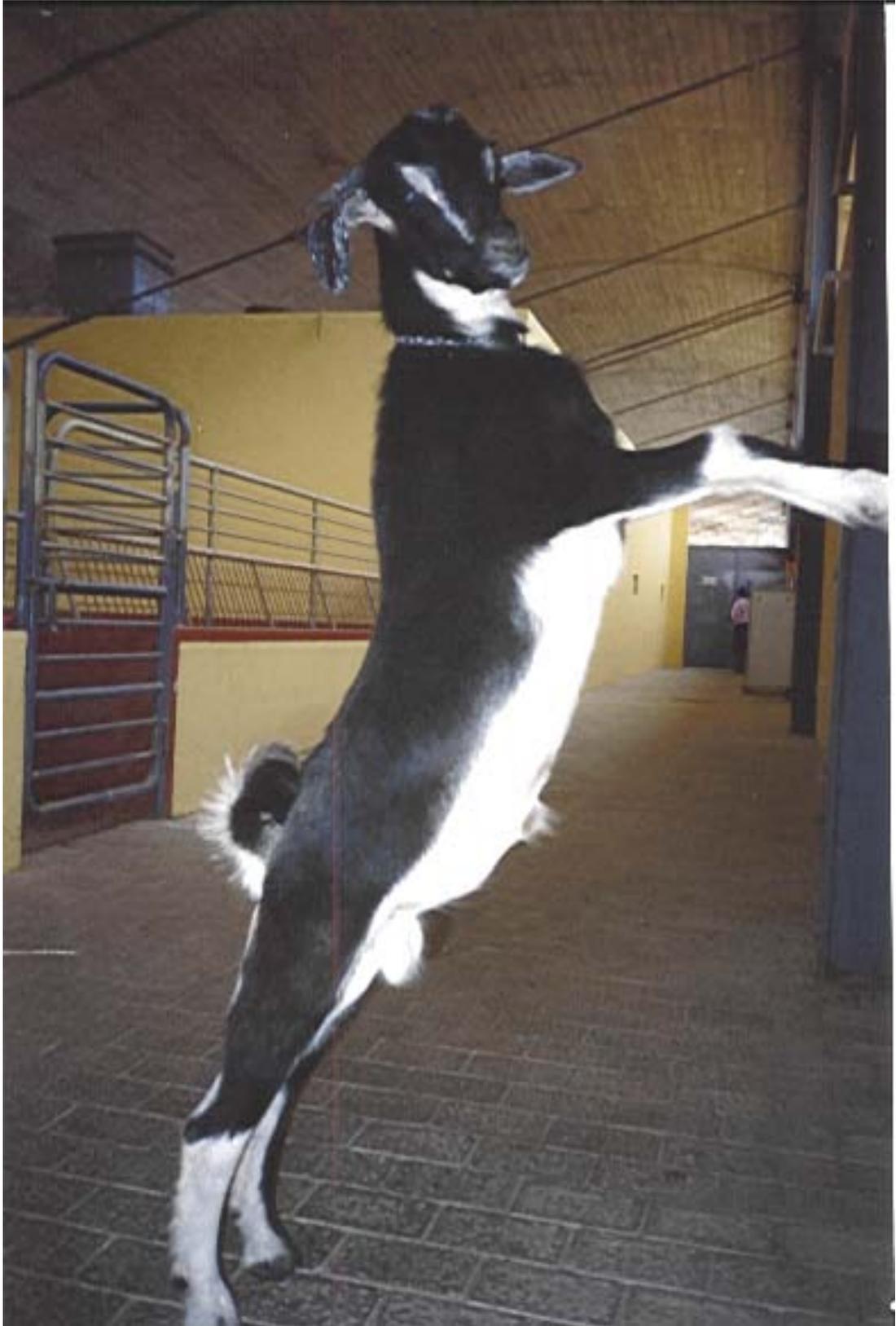
Tabla 1. Evolución a través del tiempo de estudio de las variables físicas y químicas evaluadas. Efectos e interacciones de la prolificidad, lactación y tipo de relación.

	Proteína(%)	Grasa(%)	Lactosa(%)	SNG(%)	ST(%)	IgG(mg/ml)
0	9.58±4.71 ^a	8.09±1.76 ^{abc}	3.98±0.78 ^{ab}	14.37±3.90 ^a	22.46±4.99 ^a	36.15±20.75 ^a
12	8.32±2.74 ^{ab}	9.24±2.16 ^a	3.85±0.57 ^a	12.83±2.41 ^{ab}	21.90±3.48 ^a	25.23±11.74 ^b
24	6.97±2.14 ^{bc}	8.57±2.11 ^{ab}	4.07±0.47 ^{abc}	11.64±1.91 ^{bc}	19.69±2.89 ^{ab}	16.22±9.07 ^c
36	5.75±1.68 ^{cd}	6.75±1.72 ^{abc}	4.45±0.46 ^{bcd}	10.68±1.00 ^{cd}	17.35±1.87 ^{bc}	10.43±7.20 ^{cd}
48	5.38±1.26 ^{cd}	7.20±1.45 ^{bc}	4.37±0.47 ^{abc}	10.38±1.17 ^{cd}	17.50±2.09 ^{bc}	6.87±4.74 ^{de}
60	5.23±1.42 ^{cd}	6.51±1.92 ^{bc}	4.44±0.54 ^{bcd}	10.29±1.07 ^{cd}	16.79±2.61 ^{bc}	5.30±4.36 ^{de}
72	4.80±1.04 ^d	7.01±2.19 ^{bc}	4.48±0.50 ^{bcd}	9.97±0.77 ^{cd}	16.84±2.51 ^{bc}	3.72±3.08 ^{de}
84	4.58±0.91 ^d	6.76±1.64 ^{bc}	4.53±0.43 ^{bcd}	9.83±0.77 ^d	16.62±2.04 ^{bc}	2.61±2.40 ^e
96	4.35±0.65 ^d	6.62±1.76 ^{bc}	4.66±0.37 ^d	9.76±0.58 ^d	16.11±1.99 ^c	2.14±2.44 ^e
108	4.16±0.64 ^d	6.36±1.58 ^c	4.61±0.48 ^{cd}	9.50±0.76 ^d	15.58±1.86 ^c	1.84±1.54 ^e
120	4.15±0.90 ^d	6.09±1.59 ^c	4.69±0.37 ^d	9.52±0.93 ^d	15.64±1.85 ^c	1.35±1.06 ^e
132	4.17±0.63 ^d	5.93±1.30 ^c	4.71±0.43 ^d	9.60±0.71 ^d	15.58±1.84 ^c	1.29±1.21 ^e
	Densidad(g/l)	L*	Croma	Hue(°)	pH	Cond.(mS/cm)
0	1057.14±19.11 ^a	87.08±3.70 ^a	21.99±6.39 ^a	103.63±4.33 ^a	6.36±0.11 ^a	3.61±0.72 ^a
12	1043.87±8.05 ^b	88.00±5.39 ^{ab}	17.89±6.33 ^b	105.27±4.13 ^{ab}	6.42±0.11 ^{ab}	3.98±0.91 ^{ab}
24	1037.78±6.21 ^{bc}	90.43±2.80 ^{ab}	13.40±4.04 ^c	107.97±3.62 ^{abc}	6.43±0.16 ^{abc}	4.45±0.66 ^{bc}
36	1036.43±4.85 ^c	90.83±3.38 ^{ab}	11.30±3.65 ^{cd}	109.18±6.71 ^{bc}	6.52±0.11 ^{bc}	4.58±0.63 ^{bc}
48	1035.02±3.72 ^c	89.80±5.69 ^{ab}	10.52±3.60 ^{cde}	107.77±5.10 ^{abc}	6.54±0.10 ^{bcd}	4.55±0.74 ^{bc}
60	1035.07±2.96 ^c	90.85±3.77 ^{ab}	9.28±2.38 ^{de}	109.37±5.12 ^{bc}	6.53±0.11 ^{bcd}	4.61±0.62 ^{bc}
72	1032.86±4.05 ^c	90.66±2.75 ^{ab}	8.71±2.31 ^{de}	109.03±5.58 ^{bc}	6.53±0.11 ^{bcd}	4.50±0.76 ^{bc}
84	1032.86±2.73 ^c	90.39±4.27 ^{ab}	8.20±1.97 ^{de}	108.86±5.88 ^{bc}	6.53±0.10 ^{bcd}	4.59±0.55 ^{bc}
96	1033.11±3.38 ^c	91.32±3.17 ^b	7.77±1.81 ^e	109.36±3.52 ^{bc}	6.55±0.15 ^{cd}	4.66±0.72 ^{bc}
108	1032.30±2.58 ^c	90.17±6.40 ^{ab}	7.61±1.92 ^e	108.72±6.16 ^{bc}	6.54±0.17 ^{bcd}	4.60±0.70 ^{bc}
120	1032.14±3.06 ^c	91.27±3.33 ^{ab}	7.35±1.90 ^e	110.52±5.96 ^c	6.53±0.14 ^{bcd}	4.67±0.66 ^c
132	1031.97±2.86 ^c	90.34±5.25 ^b	8.22±2.16 ^{de}	108.45±5.79 ^{bc}	6.56±0.12 ^d	4.69±0.79 ^c

Media± desviación típica. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05). Cond. Conductividad eléctrica.



Capítulo II.- Crecimiento



Resumen

Un total de 120 cabritos pertenecientes a la Agrupación Caprina Canaria fueron asignados al azar a tres lotes con un manejo alimenticio diferente. Un primer lote permaneció 24 horas con la madre y fue alimentado por ésta (LN). Los otros dos grupos de animales se retiraron de la madre nada más nacer y fueron alimentados en lactancia artificial, uno *ad libitum* (LAA) y el otro con acceso restringido al alimento (LAR). Los cabritos fueron pesados en el momento del nacimiento y hasta los 10 kg de peso vivo con una periodicidad de 4 días, controlándose la ingesta de los animales de LAR con el objetivo de determinar el índice de conversión (IC).

En referencia a los resultados, cabe destacar que el mejor ajuste de las estimas del crecimiento se obtuvo mediante una aproximación lineal, siendo los animales que presentaron una mayor velocidad de crecimiento los criados en LN (154 g/d). Los cabritos alimentados con lactorreemplazante obtuvieron crecimientos menores (116 y 107 g/d, LAA y LAR respectivamente), siendo las diferencias establecidas estadísticamente significativas. Para cada tipo de lactancia empleado, hubo marcadas diferencias entre sexos, siendo éstas siempre a favor de los machos (200 *vs* 144, 121 *vs* 116 y 140 *vs* 103 machos y hembras en LN, LAA y LAR respectivamente). El peso al nacimiento mostró un claro efecto sobre los pesos posteriores de los animales, aunque el comportamiento en los distintos tratamientos empleados fue distinto. Así, la lactancia que más diseminó los pesos de los animales a los 35 días de edad fue la LAR, con una desviación del coeficiente de variación inicial por encima del 30%. El IC de los machos descendió desde el nacimiento hasta los 17 días para mantenerse con posterioridad en valores próximos al 1.25, mientras que las hembras experimentaban un fuerte ascenso hasta el día 10, con un posterior descenso hasta el día 17 para terminar en valores cercanos a los de los machos.

Los resultados de este capítulo concluyen que son los cabritos alimentados con sistemas *ad libitum* los que presentan mayores crecimientos, comportándose los machos y las hembras de forma diferente por lo que se recomienda su crianza separada y mostrando los dos sexos un claro efecto del peso nacimiento en el periodo estudiado.



Summary

120 Canary Caprine Group's kids were assigned at random in the three different groups with different feeding management. The first group stayed 24 hours with the dam (LN). The others two groups left their mother when these were born and they were feeding with artificial lactation, one *ad libitum* (LAA) and the other one with restricted feeding (LAR). The kids were weighted at birth and every four days until 10 kg live weight. It controlled milk replacer feed in LAR group in order to calculated food conversion.

The results showed the best adjust of growth estimations using a linear approximation. The highest weight speed was in animals feeding in LN (154g/d). The kids feeding with milk replaced were statistical significant lower (116 and 107 g/d LAA and LAR, respectively). Birth weight showed an important effect on animal growth although different for every treatment. Thus, LAR was lactation method that more spread animal weight at 35 days old with a deviation of coefficient of variation upper 30%. The males IC decreased from birth to 17 days, it remained about 1.25. The females increased to 10 days, decreased until 17th day, finished with similar values of males.

This chapter conclusion is that *Ad libitum* feeding kids have higher growth, showed both sexes birth weight effect during studied period, males and females behavior different, so we recommended breed them separately.



1. Introducción

La lactancia artificial en el ganado caprino, al contrario que en el vacuno y ovino, es una práctica escasamente utilizada. En los últimos años y con el incremento de los precios de la leche de cabra, parece que este tipo de lactancia ha cobrado una cierta importancia en nuestro archipiélago. Algo parecido venía sucediendo en la ganadería ovina, donde la práctica de la lactancia artificial ha sufrido un incremento en los últimos años debido a que el margen neto de las explotaciones se está viendo reducido y al futuro incierto de las primas ganaderas (Buxadé y col., 1993).

Algunos autores han descrito las ventajas de este tipo de lactancia (Ocio y Moreno, 1983; Moreno, 1989), entre las que destacan las siguientes:

-Se puede criar con éxito a los cabritos mediante un lactorreemplazante de menor precio que la leche de cabra, con el consiguiente beneficio económico de la explotación.

-Evita las malformaciones en las ubres de animales de parto simple (Figura 1).



Figura 1. Ubres desiguales en una cabra que alimenta a un solo cabrito.

-Permite un buen control higiénico-sanitario de los cabritos, teniendo como consecuencia una menor mortalidad durante este periodo.

-Favorece la cría de animales procedentes de partos triples, cuádruples, así como de animales huérfanos o con madres agalácticas (Figura 2).



Figura 2. Parto cuádruple.

Además aumenta el rendimiento económico en la producción de carne, ya que en la actualidad y al objeto de emplear la menor cantidad posible de leche materna, los cabritos se sacrifican en Canarias muy tempranamente (10-15 días de vida con un peso vivo sacrificio –PVS- de 4 a 5 kg), obteniéndose una canal con un alto porcentaje de tejido óseo y escaso tejido graso, lo que determina una baja calidad del producto (López, 1990).

Obviamente, para conseguir esta serie de ventajas, deberá modificarse el manejo de los animales, concentrando en la medida de lo posible los partos y contando con material y personal especializado.

En el Archipiélago Canario los métodos de lactancia empleados en cabritos son varios: la lactancia natural (con 24 horas de acceso a la madre), muy empleada y que sirve como control al expresar el máximo crecimiento de los animales, la lactancia artificial *ad libitum*, útil en explotaciones con muchos animales y bastante tecnificadas y finalmente la



lactancia artificial restringida, utilizada normalmente por los pequeños ganaderos sin un alto grado de tecnificación en sus explotaciones.

En estas circunstancias, dadas las posibles repercusiones económicas en un subsector ganadero en el que el caprino proporciona un 30% del producto bruto (CAPA, 1997), se hacía imprescindible abordar un estudio que permitiera valorar los resultados que conllevaría la aplicación de la lactancia artificial. Por tanto los objetivos de este trabajo son:

- 1.-Estudiar el crecimiento e índice de conversión de los cabritos de la ACC bajo condiciones de lactancia artificial.
- 2.- Valorar los principales factores de variación que afectan al crecimiento e índice de conversión.



2. Revisión bibliográfica

2.1. Definición de crecimiento

El crecimiento es una de las variables más estudiadas en las especies dedicadas a la producción de carne. Son muchas y variadas las definiciones que sobre el término “crecimiento” se han enunciado en este siglo. Así, Schloss en 1911 lo definió como “el aumento de la masa corporal, en función del tiempo, en forma que es característica de cada especie”. Hammond en 1961, definió el crecimiento como “la suma de todos los procesos biológicos y químicos que empiezan en la fecundación del óvulo y terminan cuando el organismo alcanza el tamaño y la conformación propia de la especie, incluyendo las capacidades fisiológicas y de constitución genética del sujeto considerado”. Clegg y Cole (1954) definieron el crecimiento ponderal como “el incremento de peso registrado en un espacio de tiempo determinado, de parte o de la totalidad del organismo considerado”.

2.2. Representación del crecimiento

Cuando se representa el peso vivo del animal a lo largo de toda su vida, en función del tiempo o de la edad, se produce una típica curva denominada sigmoidea (Figura 3) por su semejanza con la letra s. Así se pueden observar tres claras fases en dicha curva: fase de crecimiento acelerado desde el nacimiento al punto de inflexión de la curva, fase de crecimiento decelerado desde el punto de inflexión de la curva hasta el peso adulto y finalmente una fase de meseta que corresponde con el periodo de vida adulta del animal.

Brody, en su clásico volumen *Bioenergetics and Growth* (1945) formuló la fase de crecimiento acelerado como sigue:

$$W=Ae^{kt}$$

donde W es el logaritmo del peso del animal en el tiempo t, A es el logaritmo natural de W cuando t=0 y k es una constante.



De forma similar se puede expresar la fase de crecimiento decelerado como:

$$W_2 - W_1 = A(1 - e^{-k(t-t^*)})$$

donde W_1 y W_2 son el peso inicial y final del animal, A el peso adulto, k un índice de la aceleración de la curva y t el tiempo en días.

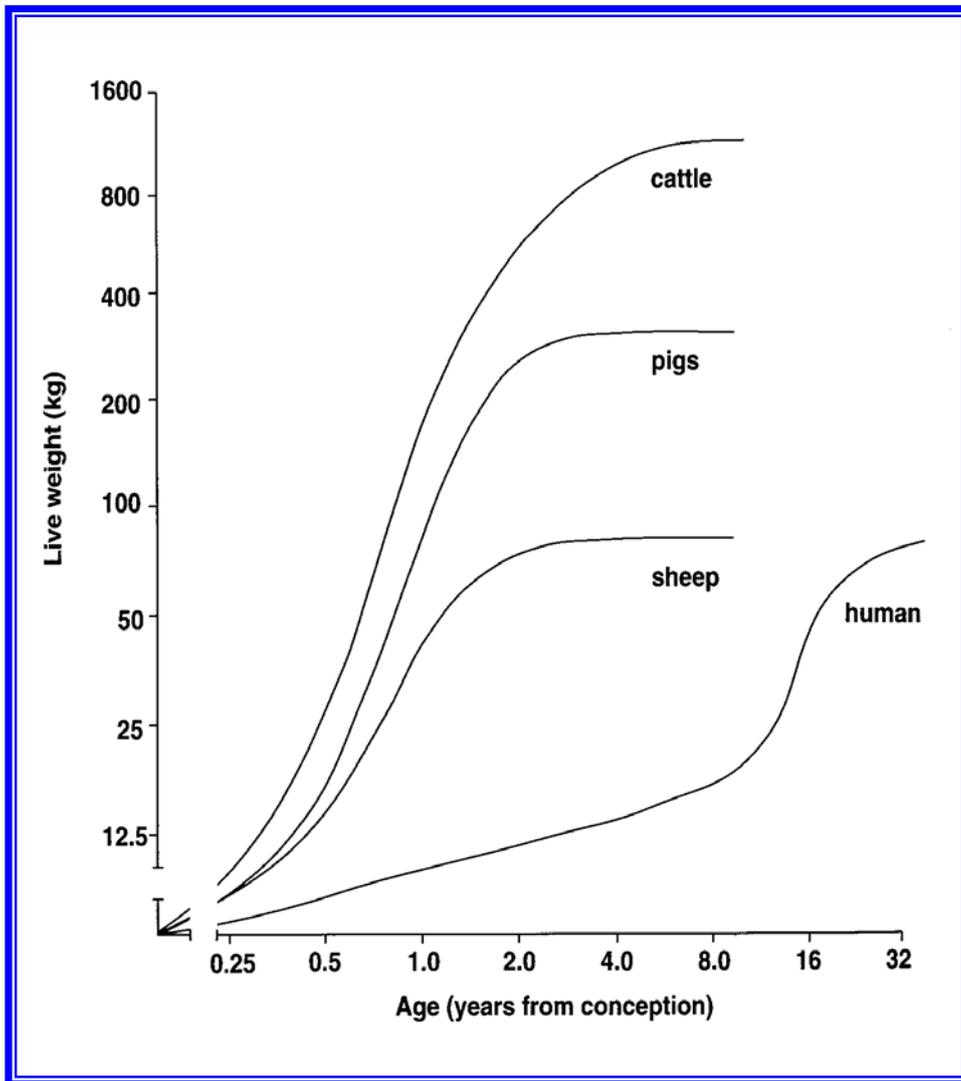


Figura 3. Representación del crecimiento en diferentes especies animales. (Lawrence y Fowler, 1997)



2.3. Ganancia Media Diaria (GMD)

La GMD es la unidad que indica la velocidad de crecimiento de un animal. En ganado ovino, los resultados en referencia a la GMD son contradictorios. Mientras De la Fuente y col. (1998) no han observado diferencias entre la GMD de animales criados con lactancia artificial y con su madre¹ durante los primeros 30 días, Pinna y col. (1993) encontraron diferencias significativas entre la GMD (260 *vs* 205 g/d, lactancia natural² y artificial respectivamente), y Maiorana y col. (1984) constataron un crecimiento mayor en los corderos de lactancia artificial que en aquellos criados con su madre³.

Los resultados encontrados en razas caprinas no españolas, referidos al crecimiento en lactancia artificial también son contradictorios. Fehr (1971) describió un crecimiento similar entre ambos tipos de lactancia en cabritos Alpinos. Por el contrario, trabajando con cabritos Angora, Sahlu y col. (1991) reportaron mayores crecimientos en animales de lactancia natural⁴, mientras que Mowlem (1981) encontró un mejor crecimiento en cabritos criados con lactancia artificial.

En razas caprinas españolas, los resultados obtenidos en cuanto a GMD en lactancia artificial han sido igualmente contradictorios. Mientras que para Sanz y col. (1987) y Tejón y col. (1995) los animales tienen parecidas velocidades de crecimiento en lactancia natural^{*} y artificial, para Rodríguez (1989) los cabritos Veratos criados con lactancia natural alcanzan una GMD de 171 y 142 g/d (machos y hembras respectivamente) mientras que en lactancia artificial 150 y 122 g/d (machos y hembras respectivamente).

2.4. Desarrollo de los preestómagos

En cualquier sistema de alimentación destinado a jóvenes rumiantes es necesario tener en consideración tanto aspectos fisiológicos como de desarrollo y capacidad del tracto digestivo (Thivend y col., 1980). La leche

¹ 18 horas de permanencia con la madre.

² 24 horas de permanencia con la madre.

³ Acceso a la madre dos veces al día por un periodo no superior a los 10 minutos.

⁴ No describe el tiempo de permanencia con la madre.

^{*} La lactancia natural que describen los autores corresponde a que los cabritos acceden a sus madres sólo en horas de la noche.



consumida por los cabritos, tras avanzar por el esófago, es introducida directamente en el abomaso mediante la estimulación de la gotera esofágica. Este reflejo se pone de manifiesto por estímulos variados, como por ejemplo la visión de la ubre o del lactorreemplazante. Si esta leche pasase al rumen de los cabritos prerumiantes, provocaría trastornos nutritivos de moderados a graves (Havrevoll y col., 1991).

El tracto digestivo de los mamíferos lactantes está muy adaptado al consumo de leche, dada la presencia de enzimas gástricas como son la quimosina y pepsina, y la síntesis de ácido clorhídrico, causantes del cuajado y posterior separación en suero y cuajada (Radostitis y Bell, 1970).

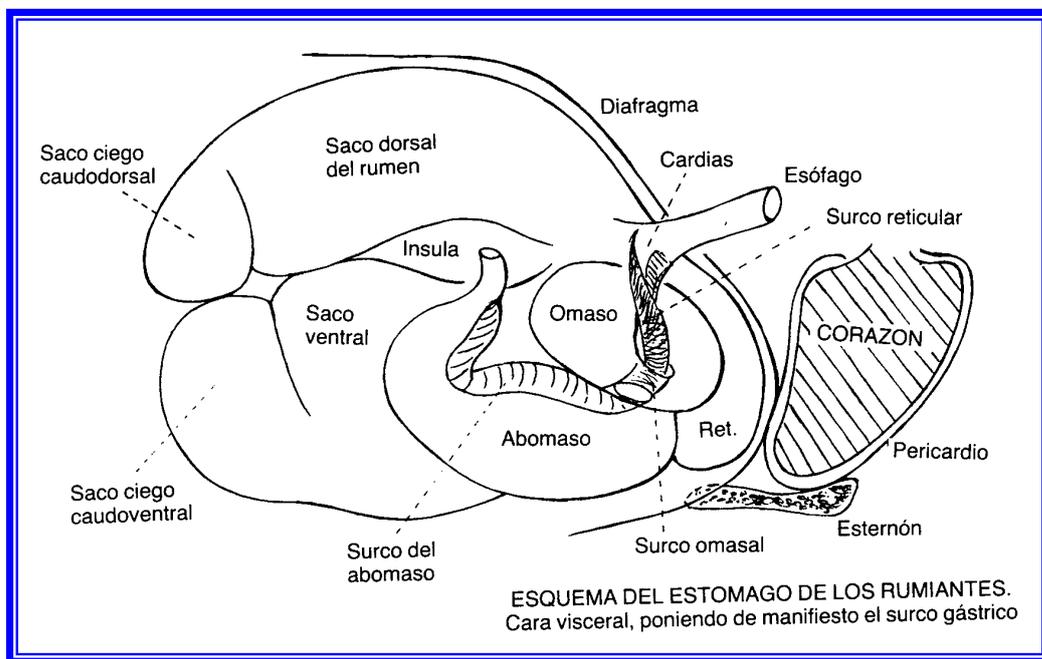


Figura 4. Estómago de los rumiantes (tomado de Climent y Bascuas, 1989).

En referencia al efecto que el tipo de leche pudiera causar en el desarrollo de los preestómagos (Figura 4), De la Fuente y col. (1998), trabajando con corderos, encontraron un mayor desarrollo de los preestómagos en aquellos animales criados con sus madres frente a los corderos criados con lactancia artificial, si bien Sanz y col. (1987) observaron, en cabritos Murciano-Granadinos, que es el nivel de ingesta y no la calidad de la leche ingerida el responsable de que se produzca un mayor crecimiento del abomaso y una reducción del reticulorumen.



Es de destacar el trabajo de Marichal (2000), donde se evaluó el efecto de la elevación del Peso Vivo Sacrificio (PVS) de los 6 a los 25 kg en machos de la ACC, observándose un crecimiento menor del esperado en el tracto digestivo vacío (8.82 a 12.06 % sobre PVS). Estos animales fueron criados bajo régimen de lactancia artificial, con acceso temprano al alimento sólido, lo que probablemente provocó un desarrollo precoz del tracto digestivo.

2.5. Factores que afectan al crecimiento con especial referencia a la lactancia artificial

2.5.1. Tipo de parto y peso al nacimiento

La prolificidad, que con su aumento reduce el peso al nacimiento, afecta la conducta de corderos y cabritos en la lactancia natural. Así, el comportamiento de los cabritos de parto simple es ligeramente más precoz (tiempo al primer intento de puesta en pie, primera puesta en pie con éxito y primer amamantamiento) que los de parto doble (Ramírez y col., 1998). Las repercusiones que un bajo peso nacimiento pudieran tener en las primeras etapas de la vida en cuanto a frecuencia y duración de las tetadas, se obviaron en la lactancia artificial, dado que como expresaron Gutiérrez y col. (1994), no existe correlación entre el peso al nacimiento y la cantidad de sesiones necesarias hasta el acercamiento espontáneo a la tetina en cabritos de raza Murciano-Granadina.

Por otra parte, sobre 8883 partos de ovejas, Demirören y col. (1995) observaron un claro efecto de la prolificidad sobre el peso alcanzado por los animales a los 21 o 91 días en un régimen de lactancia artificial.

El efecto que el peso nacimiento tiene sobre la GMD ha sido estudiado en cabritos por Fabelo y col. (1991), observándose que los animales que tenían un mayor peso al nacimiento, alcanzaban el peso de destete con mayor prontitud. Houssin y Davicco (1979) trabajando con ganado ovino, observaron que los nutrientes que les eran aportados a los animales, fueron mejor aprovechados por aquellos que tenían un mayor peso en el momento del parto. Por el contrario, Pinna y col. (1993) no observaron en corderos criados de los 8 a los 28 días en lactancia artificial, diferencias entre animales de parto simple o doble en su Índice de



Conversión (IC) (1.29 y 1.28 simple y doble respectivamente) aunque sus pesos al nacimiento fueran diferentes (3.9 y 3.0 kg simple y doble).

2.5.2. Genotipo

Las diferencias en cuanto al potencial de crecimiento entre razas son evidentes y han sido constatadas por multitud de autores (Prud'hon, 1976; Sotillo y Vijil, 1978; Sierra, 1980; Warmington y Kirton, 1990; López, 1990), incrementándose de forma más marcada según ha avanzado el proceso de selección.

2.5.3. Estado fisiológico

El crecimiento predestete de los cabritos fue mayor que el alcanzado tras el mismo, incluso en condiciones de destete progresivo y bien realizado (Louca y col., 1975; Mavrogenis, 1983). Es posible que estas diferencias estuvieran basadas más en efectos intrínsecos del grado de madurez del animal que en una menor asimilación de los nutrientes sólidos frente a la leche (Warmington y Kirton, 1990).

2.5.4. Edad

La edad de los cabritos afecta sobremanera al crecimiento y al IC. Así, para cabritos de la variedad Majorera perteneciente a la Agrupación Caprina Canaria, López y col. (1991a) observaron una menor velocidad de crecimiento desde el nacimiento a los 10 primeros días de vida, que desde este momento a los 41 días. Similares resultados fueron obtenidos por Tejón y col. (1995) en cabritos machos de raza Guadarrama criados bajo régimen de lactancia artificial o natural. Estos autores relataron crecimientos superiores entre el día 21 y 35 que desde el nacimiento a los 21 días (151.70 vs 216.49 y 163.86 vs 182.01 g/d, lactancia artificial y natural respectivamente). De igual forma se ha expresado Marichal (2000), quien observó crecimientos en machos de la ACC entre el nacimiento y los 15 días de vida inferiores al periodo comprendido entre los 15 y 30 días de vida (84.87 vs 152.38 g/d, respectivamente).



Si bien el crecimiento incrementa conforme avanzan los días en las primeras etapas de la vida, el IC empeora. López y col. (1991a) observaron en cabritos Majoreros un peor IC en las primeras etapas de la vida (10 días) 1125 y 1207 *vs* 1280 y 1402 g/kg, machos y hembras respectivamente. De igual forma, Tejón y col. (1995) describieron, en cabritos de raza Guadarrama criados mediante lactancia artificial unos IC entre los 0-21 días de 1060.19 y 1115.11 g/kg (para machos y hembras respectivamente), mientras que desde los 21 hasta los 35 días el índice empeora (1115.07 y 1480.35 g/kg, machos y hembras respectivamente).

2.5.5. Sexo

La opinión de muchos autores acerca del efecto del sexo sobre el crecimiento es variada. Mientras Mellado y Morales (1988) encontraron que el efecto del sexo sobre el crecimiento sólo es observable al nacimiento, Alvarez (1994) determinó la existencia de dichas diferencias a partir de los 45 días, las cuales llegan a desaparecer a partir de los 140 días de edad Mavrogenis (1983).

Un claro efecto del sexo sobre el crecimiento ha sido descrito en razas caprinas españolas en las primeras etapas de vida (Gutiérrez y col., 1995; Tejón y col., 1995), ya que las hembras presentaron un crecimiento inferior al de los machos (85% *vs* 96%, respectivamente). No sólo el sexo tiene efecto sobre la GMD sino que también lo tiene sobre el IC. López y col. (1991a) observaron mayores IC en hembras que en machos en los primeros 41 días de vida (8.07 *vs* 8.80 machos y hembras respectivamente) y Tejón y col. (1995) describieron en cabritos de raza Guadarrama un IC de 1086.73 y 1272.03 g/kg para machos y hembras respectivamente durante los primeros 35 días de vida.

2.5.6. Efecto madre

La alimentación de la madre durante el periodo preparto y postparto temprano tiene una gran influencia en el peso al nacimiento de los cabritos y por tanto en el crecimiento posterior bajo lactancia natural (Bajhau y Kennedy, 1990). En la lactancia natural (Figura 5), la leche producida por la madre es el principal aporte alimenticio de los animales en las primeras



etapas de la vida. Así, han sido descritos en ganado ovino mayores crecimientos en animales criados con lactancia artificial frente a los criados con sus madres, siendo la explicación de esta circunstancia la escasez en la producción lechera de la madre, la cual no es suficiente para cubrir las necesidades de los corderos (De la Fuente y col., 1998).



Figura 5. Lactancia natural.

2.5.7. Alimentación

Para Sanz y col. (1990) los cabritos presentaron una mayor digestibilidad de los componentes de la leche materna que los de un lactorreemplazante. La explicación de este hecho se encontró en la diferencia de las cuajadas formadas por ambos tipos de alimento, dado que la leche de cabra forma una cuajada más duradera en el abomaso, lo que permite un mayor aprovechamiento de la misma. En contraposición a lo expresado por los anteriores autores, Delisle y col. (1988) obtuvieron idénticas digestibilidades de los componentes de dos lactorreemplazantes con la única diferencia que a uno de ellos se le adicionó tampón Oxalato-NaOH que previene la formación de la cuajada.

Por otra parte, la cantidad de lactorreemplazante ofrecida al cabrito lactante también afecta a su crecimiento. Así Yan y col. (1993) trabajando con cabritos Saanen machos castrados observaron que el incremento del consumo de lactorreemplazante de 140 a 272 g/d de MS, aumentó el peso de los animales a los 29 días en más de 2 kg y en más de 3.5 kg en el día 39.



El aporte de alimento sólido en los cabritos es una práctica complementaria y habitual en la lactancia artificial. El efecto del incremento en el consumo de materia seca proveniente del lactorreemplazante afectó negativamente al consumo de alimento sólido en terneros y corderos (Penning y col., 1973; Le Du y col., 1976), hecho que se repite en cabritos como han demostrado Yan y col. (1993).

Unido a lo anteriormente expresado, los corderos mostraron una capacidad de adaptación muy alta a diferentes condiciones en la dieta. Koppel y col. (1983) encontraron que cuando los corderos fueron alimentados con un lactorreemplazante bajo en grasa (2%), los niveles plasmáticos de glucosa fueron altos en comparación con animales que recibieron una dieta alta (6.6%). A los 28 días de ensayo, la insulina segregada se multiplicó por 4 y los niveles de glucosa se homogeneizaron entre los animales de las dos dietas.

Finalmente, se podría pensar que una elongación del periodo de alimentación láctea favorecería el crecimiento de los animales, pero Potchoiba y col. (1990) demostraron lo contrario criando cabritos hasta las 20 semanas de edad con alimentación exclusivamente láctea, ya que obtuvieron peores crecimientos que los de los cabritos que siguieron un destete clásico a las 9 semanas.

2.5.8. Concentración del lactorreemplazante

Algunos autores han estudiado la necesidad de realizar un periodo de adaptación a la lactancia artificial de los cabritos con menores concentraciones de lactorreemplazante en los primeros días postparto (López y col., 1991b; Fabelo y col., 1992), pero otros (Tomkins, 1992; Argüello y col., 1997) recomiendan el uso de una sola concentración a lo largo de todo el periodo de crianza. Incluso en algunos ensayos con corderos, el incremento del 21.9 al 25.4% en la concentración de lactorreemplazante no favoreció la GMD ni el IC (Lanza y col., 1992).



2.5.9. Número de tomas y temperatura de la leche

La cría de cabritos de forma restringida o bien *ad libitum* ha sido ensayada por Davis y col. (1998), quienes observaron una mayor velocidad de crecimiento en los que eran criados con total disponibilidad del lactorreemplazante, frente a los que se les restringía el alimento al ofertarles diariamente 1 litro de lactorreemplazante. Por el contrario, no siempre una mayor velocidad de crecimiento es lo más económico, puesto que los animales de acceso restringido poseían un mejor IC que aquellos con acceso libre (1.33 y 1.39 restringido y libre respectivamente).



Figura 6. Consumo en balde.

Junto a lo mencionado anteriormente, Fehr y Sauvart (1974) realizaron una experiencia en la que se testaba el consumo y el crecimiento de cabritos según el número de tomas (1 *vs* 2) y la temperatura en que se administraba el lactorreemplazante (35-40°C *vs* 6-8°C). La temperatura tuvo un claro efecto sobre el IC de los animales, siendo el alimento mejor aprovechado por los cabritos alimentados con el lactorreemplazante a temperaturas bajas, aunque los animales mostraron una tendencia a una GMD algo menor.



2.5.10. Instalaciones y medio ambiente

El espacio de que disponen los animales en la lactancia artificial, afecta al crecimiento obtenido. Así, para Sevi y col. (1995) pasar de una densidad de 0.3 m² a 0.12 m²/animal redujo la GMD de 153.44 a 135.00 g/d en cabritos hembra de raza Saanen. Similares resultados han sido obtenidos por Sierra (1981,1982) y Gonyou y col. (1985) en corderos.



Figura 7. El foco de calor es fundamental para los cabritos en sus primeras horas de vida.

Al igual que el espacio, la temperatura de crianza es un factor medioambiental importante que afecta incluso al manejo de los animales como se muestra en la Figura 7. El efecto de las bajas temperaturas en la cría artificial de cabritos ha sido discutido por Eik (1991), el cual describió como crianzas a 10°C vs -5°C no ofrecieron diferencias en cuanto a GMD ni IC entre los 11 y los 100 días.

2.5.11. Forma de administración y tipos de lactorreemplazante

Uno de los requerimientos morfológicos de las tetinas (Figura 6) para la lactancia artificial de cabritos y corderos, es su adaptación a la boca de los animales (Figura 8). Titchen (1977) mediante estudios de cinerradiografía en corderos observó cómo, durante el proceso de succión, la parte anterior de la lengua oprimía la tetina, por lo que se hace necesario una longitud mínima de la misma.

Posteriormente, Fraser (1987) realizó estudios con diversos tipos de tetinas en corderos y observó que la longitud y firmeza de las mismas eran

los principales factores que incidieron sobre la elección espontánea por parte de los lactantes. Las tetinas con una consistencia esponjosa y de una longitud de 4 cm mostraron mayor aceptación de los animales en estudio.



Figura 8. Tetina utilizada en lactancia artificial caprina.

Tomkins (1992) afirmó que los lactorreemplazantes han de ser formulados para cada especie en particular, de tal forma que los lactorreemplazantes que se diseñan para terneros contienen una gran concentración de lactosa y una baja proporción de grasa en comparación con los de cordero. Así, la formulación adecuada de un lactorreemplazante, a la par de adaptarse a la especie de destino, puede colaborar en la reducción de ciertas patologías. De esta manera, White (1977) demostró que reduciendo el porcentaje de carbohidratos en el lactorreemplazante de terneros, ayudaba al control del parásito *Torulopsis glabrata* al reducir su principal fuente de alimentación.

Trabajando en ganado ovino, Hervé y col. (1988) utilizaron leche o calostro de vaca fermentado como fuente de alimentación para corderos recién nacidos. Los resultados obtenidos en cuanto a GMD fueron buenos, 206 y 236 g/d durante los 30 primeros días. En ese mismo ensayo, un lote fue criado con lactorreemplazante, obteniéndose los valores más bajos de GMD, 127 g/d. Este hecho pudo explicarse por el escaso contenido graso y proteico del lactorreemplazante utilizado.

En el intento de sustituir la leche deshidratada de vaca como principal ingrediente de los lactorreemplazantes, en ganado caprino, se han realizado algunas experiencias muy interesantes. Filho y col. (1996) sustituyeron la leche de cabra por suero de quesería en los cabritos lactantes, obteniendo crecimientos del 85% sobre el obtenido con lactancia



natural. A la par de la ventaja económica que esto podría representar, los autores explicaron este comportamiento debido al alto valor biológico de la proteína presente en el suero.

Como en el caso anterior, Nitsan y col. (1990) aplicaron con cierto éxito el almidón a los lactorreemplazantes en cabritos. Las ganancias de peso en 19 días que duró la experiencia fueron de 2.2 y 2.9 kg para los cabritos alimentados con un lactorreemplazante clásico y para aquellos en que el lactorreemplazante fue sustituido en un 20% por una mezcla de almidón y proteínas de soja. En aquellas mezclas donde el porcentaje de almidón se incrementó, el crecimiento se vio reducido por dos factores, las diarreas y la reducción de la ingesta debido al aumento de la viscosidad.



3. Material y métodos

La presente experiencia se realizó en las instalaciones de la Granja de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, sita en Montaña Cardones en el noreste de la isla de Gran Canaria a una altura sobre el nivel del mar de aproximadamente 100 m.

3.1. Animales

Los cabritos que formaron parte de la experiencia pertenecían a la Agrupación Caprina Canaria (ACC), variedad Majorera y estuvieron distribuidos de la siguiente forma:

Lactancia natural con 24 horas de acceso a la madre (LN)	machos	20
	hembras	20
Lactancia artificial <i>Ad libitum</i> (LAA)	machos	20
	hembras	20
Lactancia artificial restringida (LAR)	machos	20
	hembras	20

3.2. Manejo y alimentación de los cabritos

El manejo desde el nacimiento hasta los dos días de edad siguió la misma metodología que fue utilizada en el Capítulo I del presente trabajo, tanto para los animales en lactancia natural como para aquellos que eran criados en lactancia artificial (*ad libitum* y restringida).

Lactancia natural: Los cabritos desde el momento del parto estuvieron con sus madres las 24 horas del día, pudiendo por tanto acceder libremente a ellas. Estos animales no dispusieron de pienso de iniciación ni de acceso al agua. La alimentación de las madres estuvo formulada acorde a las recomendaciones realizadas por el INRA y se ajustaron en todo momento a su estado fisiológico.

Lactancia artificial *ad libitum*: Los cabritos tras la etapa de encalostrado, fueron alojados en una sala de lactancia, donde dispusieron de una fuente de calor, agua y pienso de iniciación a partir del día 15 de



vida. La densidad de animales nunca sobrepasó las recomendadas por Fuentes (1989). La cama de serrín fue renovada cada tres días, siendo siempre suficiente para retener las excretas de los animales. La alimentación de este lote se realizó mediante una nodriza de vaso (Figura 9) conectada a 8 tetinas, con acceso libre de todos los animales a las mismas durante las 24 horas del día. La composición del lactorreemplazante administrado se muestra en la Tabla 1. La densidad y temperatura a la que se administró el lactorreemplazante fue del 16% p/p y 30°C.



Figura 9. Nodriza de vaso utilizada en este trabajo.

Tabla 1. Características del lactorreemplazante y pienso de arranque utilizado.

	Pienso de arranque	Lactorreemplazante
Humedad	12.5%	4.5%
Proteína bruta	16.4%	23.6%
Grasa	2.5%	22.7%
Fibra	4.5%	0.1%
Almidón	-----	3.3%
Calcio	1.0%	-----
Fósforo	0.5%	-----
Vit.A	10.000 UI/kg	40.000 UI/kg
Vit.D	2.000 UI/kg	4.000 UI/kg
Vit. E (alfatocoferol)	-----	80 mg/kg

Lactancia artificial restringida: Las características de la instalación fueron las mismas que en el lote anterior, siendo la única diferencia la cantidad y forma de administrar el lactorreemplazante. En este caso el alimento se ofertó dos veces al día, mañana y tarde, pudiendo tomar los



animales en esas tomas toda la cantidad que deseasen. Los cabritos consumían la leche reconstituida de una canaleta como se puede observar en la Figura 10. La concentración y temperatura del lactorreemplazante fueron idénticas a las empleadas en el lote anterior.



Figura 10. Lactancia artificial en canaleta.

3.3. Controles realizados

Los animales fueron pesados cada 4 días, hasta alcanzar los 10 kg de peso vivo con una balanza (precisión=5g). Las pesadas se realizaron a las 8:00 a.m. y en el caso del lote LAR siempre antes de la administración de leche.

Para el estudio de la evolución del Índice de Conversión durante la experiencia se controló la ingesta de lactorreemplazante por parte de los lotes alimentados con lactancia artificial restringida, dada la facilidad del control de la ingesta en este tipo de lactancia. A fin de asemejar las condiciones a la práctica de campo, se controló la ingesta de todo el lote de animales (machos o hembras) haciéndose una aproximación de esta forma a la realidad.

3.4. Tratamiento estadístico

Las ecuaciones de predicción para el crecimiento desde el nacimiento hasta los 10 kg de peso (60 días), se determinaron mediante modelos de regresión utilizando el programa de ajuste “Table Curve” de Jandel Scientific.

Para las comparaciones entre pendientes se siguió el test propuesto por MARTIN y LUNA (1994):

$$t_{\text{exp}} = |b_i - b_j| / [S^2_D \{ (1/(xx)_i) + (1/(xx)_j) \}]^{1/2}$$

donde b_i y b_j son las pendientes de los tratamientos i -ésimo y j -ésimo respectivamente, S^2_D es la varianza promedio y $(xx)_i$ y $(xx)_j$ son las sumas de cuadrados de los tratamientos i -ésimo y j -ésimo respectivamente.



4. Resultados y discusión

Como primer requerimiento para el estudio del crecimiento en las primeras etapas de la vida, se hizo indispensable partir de un peso al nacimiento similar entre todos los lotes ensayados, ya que como observaron Fabelo y col. (1991), éste fue un factor determinante en los pesos sucesivos durante toda la fase de lactancia.

Como se puede observar en la Tabla 2, entre los seis lotes de animales no existieron diferencias estadísticamente significativas, lo que fue debido a la distribución previa de los animales en cada lote para evitar, en la medida de lo posible, el sesgo que una diferencia en el peso al nacimiento hubiera ocasionado sobre los crecimientos.

Tabla 2. Peso al nacimiento para cada sexo y tipo de lactancia.

		Media	Desviación típica
LN	Machos	3170.0 ^a	844.3
	Hembras	3268.8 ^a	588.0
LAA	Machos	3356.9 ^a	395.2
	Hembras	3146.7 ^a	459.1
LAR	Machos	3279.5 ^a	655.2
	Hembras	3095.0 ^a	525.7
	Total machos	3287.0 ^a	607.8
	Total hembras	3161.4 ^a	494.2

LN- Lactancia natural. LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. Letras diferentes en columna y categoría, indican diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$.

Los valores observados en esta experiencia para el peso al nacimiento fueron similares a los ya relatados por López y col. (1991a) para la ACC, si bien los machos presentaron un peso 300 g inferior al señalado por dichos autores. En cualquier caso, el peso al nacimiento de los machos en la experiencia fue superior, si bien no presentó diferencias estadísticamente significativas con el valor observado en las hembras.

El mejor ajuste encontrado para el crecimiento de los animales en la experiencia fue el lineal, resultando en todos los casos unos coeficientes de regresión lineales superiores a los ajustes exponenciales. Este mejor ajuste lineal también ha sido reseñado por Fariña y col. (1989) y Fehr y Sauvart (1974) en otras razas caprinas. El mejor ajuste lineal, podría estar en



contradicción con lo expresado por Brody (1945), el cual ajustó el crecimiento a una curva sigmoidea. El periodo de estudio de la presente experiencia (primeros 60 días de vida), se correspondió a la base de la curva sigmoidea, donde el crecimiento es bastante lineal. Probablemente, si se desplazara el estudio en el tiempo, se observaría una curva sigmoidea tal y como relata Brody (1945).

Las ecuaciones de regresión lineales para cada tipo de lactancia y periodo de vida de los animales, indicando en cada caso el r^2 obtenido que permite valorar la bondad del ajuste realizado, se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones de regresión para el crecimiento en cada tipo de lactancia (0-30 y 0-60 días).

	Y=a+bx	r ²	Y=a+bx	r ²	T
	0-30 días		0-60 días		
LN	3545.1+192.8 x ^a	0.75	3961.3+154.3 x ^a	0.71	***
LAA	2756.4+119.3 x ^b	0.79	2882.7+116.5 x ^b	0.98	NS
LAR	2745.9+ 92.3 x ^c	0.70	2589.5+107.5 x ^c	0.77	NS

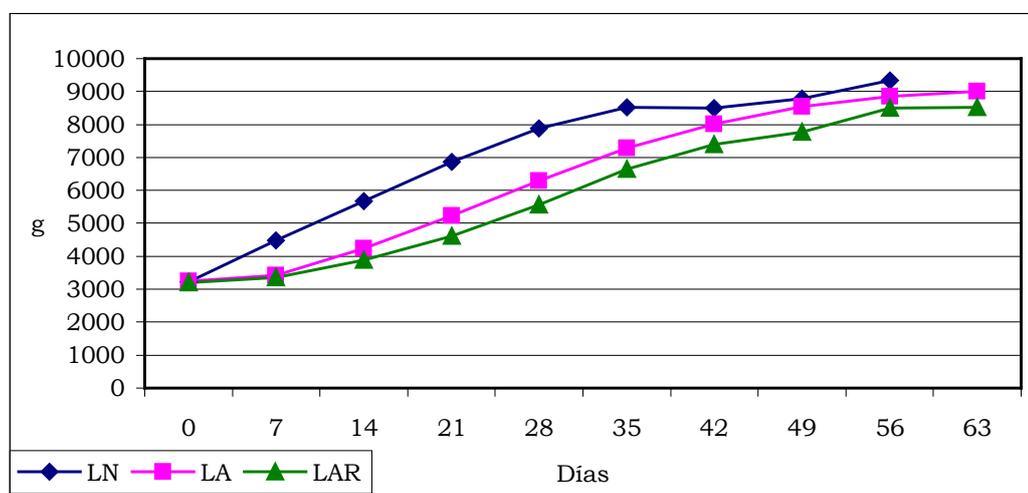
LN- Lactancia natural. LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (p<0.01). *** p<0.001, NS no significativo. T.- Comparación entre la pendiente del primer mes y la de toda la experiencia.

Se ha observado un claro efecto (estadísticamente significativo) del tipo de lactancia sobre la GMD de los animales tanto en los primeros 30 días de vida como en el periodo completo del ensayo (Tabla 3). Así, la lactancia natural ofreció en los dos periodos de estudio las mayores GMD (192.8 y 154.3 g/d 0-30 y 0-60 días respectivamente), existiendo entre ellas una diferencia de casi el 20 %, siendo la única comparación en la que se detectaron diferencias entre las pendientes de ambos periodos. Esto puede explicarse porque la totalidad de los machos criados en LN fueron sacrificados antes de cumplir el mes de edad, por lo que fueron sólo las hembras las que aportaron datos al periodo comprendido entre los 30 y 60 días. Esto unido a que existieron marcadas diferencias (p<0.001) entre las GMD de machos y hembras dio como resultado la aparición de esta marcada diferencia entre los dos intervalos de estudio en el caso de la lactancia natural.



Para el caso de LAA y LAR (Tabla 3) la evolución entre los dos periodos de estudio fue diferente, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Mientras que en la LAA la GMD fue muy similar en el primer mes de vida y en la experiencia al completo, en la LAR se observó un valor superior de la GMD en el periodo completo de la experiencia. Esta diferencia podría tener su explicación en que la capacidad de ingesta de los animales se ve incrementada conforme aumenta la cantidad de alimento suministrado (Sanz y col., 1987), pudiendo ser decisiva en las primeras etapas de la vida de los cabritos. Así los animales de LAA, alimentados *ad libitum*, pudieron ingerir alimento varias veces al día y en mayor cantidad, mientras que los cabritos criados con LAR vieron restringido su acceso al alimento a dos tomas diarias. Con el paso del tiempo, los animales sometidos a LAR incrementaron su capacidad de ingesta de lactorreemplazante y es por esta razón que en el periodo completo de la experiencia presentaron una GMD superior a los 30 primeros días de vida, si bien es cierto que las diferencias no fueron muy acusadas.

Gráfica 1. Evolución del peso según el tipo de lactancia.



En la Gráfica 1 se representa la evolución del peso de los animales de los tres lotes estudiados a lo largo del tiempo. Esta evolución (0-60 días) unida a las rectas de regresión expuestas en la Tabla 3, muestran que la LN obtuvo el mayor crecimiento de los animales, mientras que la LAA redujo este crecimiento en un 24.5% y la LAR en un 30.33%. La diferencia entre las GMD de los animales criados con leche materna y los criados con un lactorreemplazante ya había sido señalada por Sanz y col. (1990),



quienes observaron que los cabritos presentaron una mayor digestibilidad de los componentes de la leche materna que de los de un lactorreemplazante, justificando este hecho en las diferentes cuajadas formadas por ambos tipos de alimento, dado que la leche de cabra forma una cuajada más duradera en el abomaso, lo que permite un mayor aprovechamiento de la misma. En este caso la explicación de las diferentes GMD observadas en los distintos lotes de estudio, pudiera estar basada en esta misma razón. Otra posibilidad, es la vehiculización de ciertos promotores del crecimiento en la leche de la madre como así han expresado Baumrucker y Blum (1993), lo que ha de ser investigado en posteriores estudios.

De la misma forma las diferencias encontradas entre las GMD de los animales criados con LAA y LAR pudieron deberse básicamente a la diferente cantidad de lactorreemplazante ofrecida al cabrito lactante dado que, como comentaron Yan y col. (1993) trabajando con cabritos Saanen machos castrados, se pudo observar que el aumento del consumo de lactorreemplazante de 140 a 272 g/d de MS, incrementaba el peso de los animales a los 29 días en más de 2 kg y el día 39 más de 3.5 kg. En la Tabla 5 se puede observar que aunque la diferencia no fue tan manifiesta como en el caso anterior, los animales criados con LAA alcanzaron mayores pesos que los criados con LAR.

La comparación de los resultados obtenidos, en cuanto a GMD en lactancia natural, con los de otras razas y especies, se ve muy dificultada por el manejo de la propia lactancia natural, que abarca desde los 10 minutos de acceso a la madre al día (Maiorana y col., 1984) hasta las 24 horas (López, 1990).

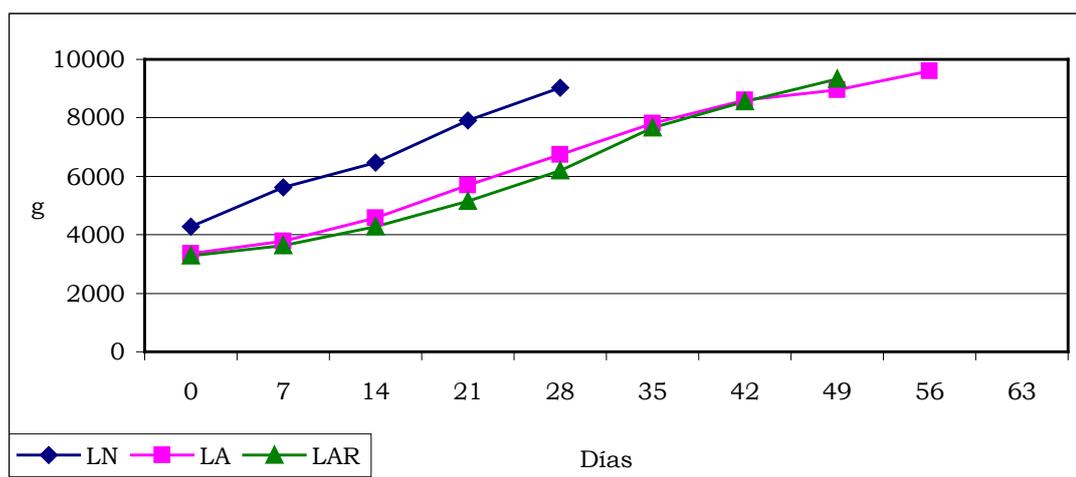
Los valores medios para la GMD en lactancia natural obtenidos en la presente experiencia (200.3 y 144.3 g/d machos y hembras respectivamente) fueron más elevados que los observados en trabajos anteriores (181.4 y 143.1 machos y hembras respectivamente, López, 1990) para la misma Agrupación racial y a los relatados para otras razas españolas. Así, Fariña y col. (1989) estudiando el crecimiento de chivos Veratos observaron GMD de 174 y 154 g/d en machos y hembras respectivamente. Alía (1989) trabajando con raza Negra Serrana encontró crecimientos de 150 y 140 g/d en machos y hembras y Peña y col. (1985), en raza Malagueña, de 141 y 126 g/d respectivamente. Por otra parte, los valores encontrados en la presente experiencia, estuvieron próximos a los



citados por Louca y col. (1977) para la raza Damasco, 190 y 170 g/d (machos y hembras respectivamente) o a los 209 g/d referidos por Fehr y col. (1976) en cabritos de raza Alpina y muy inferiores a los 291 y 272 g/d (machos y hembras respectivamente) de la raza Boer citados por Campbell (1981).

Los resultados obtenidos en cuanto a GMD en alimentación con lactorreemplazante en ganado caprino son contradictorios. Sanz y col. (1987) y Tejón y col. (1995) observaron velocidades de crecimiento similares en lactancia natural y artificial, considerando la lactancia natural como acceso a las madres sólo en horas de la noche. Por el contrario, Rodríguez (1989) y Sahlu y col. (1991) ofrecieron mayores crecimientos en lactancia natural, siendo los resultados observados en el presente estudio similares a los relatados por estos autores.

Gráfica 2. Evolución del peso de los machos según el tipo de lactancia.



Al estudiar el efecto de la lactancia recibida en función del sexo (Gráfica 2 y 3), se observó un comportamiento similar al anteriormente descrito, resultando los crecimientos en LN siempre superiores a los de los animales criados con lactorreemplazante con independencia del sexo y periodo de estudio (Tabla 4).

Las hembras criadas con LN descienden en su GMD (188.7 a 144.3 g/d) al comparar los 30 primeros días con el periodo completo de estudio (Tabla 4). Estos resultados contrastan con los observados por Tejón y col. (1995) en ganado caprino, los cuales relataron crecimientos superiores del día 21 al 35 que desde el nacimiento a los 21. La comparación con estos



autores se hace difícil dado que su periodo de estudio se centra en una etapa del animal casi exclusivamente lactante, si bien nuestro periodo de estudio es muy superior, estudiando a los animales en su etapa de prerumiante. Dos explicaciones se pueden barajar al respecto. En primer lugar, la aportada por De la Fuente y col. (1998) para ganado ovino, la cual expresó la posibilidad que cuando el cordero criado con su madre alcance una cierta edad, sus requerimientos de crecimiento puedan no estar cubiertos con la producción lechera de ésta, obteniendo así menores tasas de crecimiento, lo que en animales de la ACC y debido a su alta producción lechera fue poco probable, o bien en segundo lugar, el comienzo del consumo de alimento sólido y desarrollo ruminal, unido al rechazo de la madre por las molestias ocasionadas por animales de un elevado peso, pudiera haber motivado esta reducción de la ganancia de peso entre los 30 y 60 días de estudio.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión para el crecimiento según sexo y tipo de lactancia (0-30 y 0-60 días).

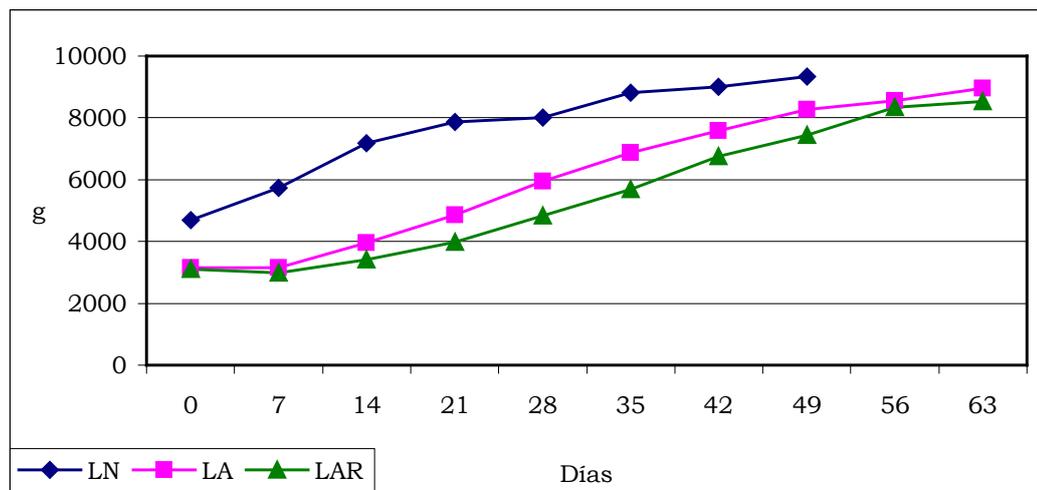
0-30 días	Machos		T1	Hembras		T2	S
	Y=a+bx	r ²		Y=a+bx	r ²		
LN	3475.2+200.3 x ^a	0.81	NS	3586.8+188.7 x ^a	0.81	***	NS
LAA	2911.6+122.6 x ^b	0.80	NS	2608.6+118.7 x ^b	0.88	NS	NS
LAR	2853.3+ 99.5 x ^c	0.75	***	2636.9+ 82.4 x ^c	0.85	*	NS
0-60 días							
LN	--	--		4096.2+144.3 x ^a	0.69		***
LAA	3017.9+121.7 x ^b	0.81		2731.7+116.2 x ^b	0.90		*
LAR	2351.5+140.3 x ^c	0.73		2313.7+103.6 x ^c	0.83		***

LN- Lactancia natural. LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. Letras diferentes en la misma columna, diferencias estadísticamente significativas p<0.01, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, NS no significativo. T1.- Comparación entre las pendientes del primer mes y la de toda la experiencia para machos. T2.- Comparación entre las pendientes del primer mes y la de toda la experiencia para hembras. S.- Efecto del sexo.

Es de destacar lo sucedido en los machos y hembras criados con LAR donde, posiblemente por el incremento de la capacidad de ingesta, se produjo un incremento en la pendiente del crecimiento entre los 30 primeros días y el periodo completo de la experiencia del 41 y 26% en machos y hembras respectivamente.



Gráfica 3. Evolución del peso de las hembras según el tipo de lactancia.



El sexo no afectó a la GMD en los 30 primeros días de la experiencia con independencia del tipo de lactancia realizado. Por el contrario, en la totalidad de la misma se observó un efecto significativo del sexo en los tres tipos de lactancia, siendo siempre superior en los machos que en las hembras, tal como ya ha sido descrito por otros autores (Gutiérrez y col., 1995; Tejón y col., 1995).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo no coinciden con los observados por Mellado y Morales (1988), los cuales afirmaron que el efecto del sexo sobre el crecimiento sólo se evidencia al nacimiento. Sin embargo, los resultados obtenidos concuerdan con los de Alvarez (1994) que encontró dichas diferencias a partir de los 45 días, mientras que para otros autores como Mavrogenis (1983) éstas desaparecen a partir de los 140 días de edad.

En el caso de las dos lactancias con lactorreemplazante, las diferencias entre machos y hembras fueron mucho más notorias en la LAR, alcanzando las hembras un 26 y 4% menos de GMD que los machos en LAR y LAA respectivamente. La restricción de alimento, como se puede observar en la Gráfica 4, hace que en la LAR se alcancen las mayores desviaciones del coeficiente de variación inicial a los 35 días de vida.



Tabla 5. Pesos medios (g) estimados para diferentes edades en función del tipo de lactancia y sexo.

	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	49 días	56 días	63 días
LN	5041.4	6121.5	7201.6	8281.7	9361.8	10441.9			
LAA	3698.2	4513.7	5329.2	6144.7	6960.2	7775.7	8591.2	9406.7	10222.2
LAR	3342.0	4094.5	4847.0	5599.5	6352.0	7104.5	7857.0	8609.5	9362.0
LN-m	4877.3	6279.4	7681.5	9083.6	10485.7				
LAA-m	3869.8	4721.7	5573.6	6425.5	7277.4	8129.3	8981.2	9833.1	
LAR-m	3333.6	4315.7	5297.8	6279.9	7262.0	8244.1	9226.2	10208.3	
LN-h	5106.3	6116.4	7126.5	8136.6	9146.7	10156.8			
LAA-h	3545.1	4358.5	5171.9	5985.3	6798.7	7612.1	8425.5	9238.9	10052.3
LAR-h	3038.9	3764.1	4489.3	5214.5	5939.7	6664.9	7390.1	8115.3	8840.5

LN- Lactancia natural. LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. m.- machos, h.- hembras

En relación al efecto que el peso al nacimiento pudiera tener sobre el peso alcanzado a diferentes edades, éste es patente cuando se evalúa en su globalidad (Tabla 6). La correlación encontrada para los tres tipos de lactancia en conjunto, fue significativa durante toda la experiencia. Aproximaciones anteriores (Fabelo y col., 1991) también han mostrado una correlación entre el peso al nacimiento y el peso a los 41 días en LAR ($r=0.70$) en la misma Agrupación racial, contrastando la inexistencia de correlaciones significativas en el presente trabajo a los 42 días, si bien la semana anterior de estudio presentó similares correlaciones. La mayoría de los trabajos consultados mostraron una correlación en el mismo sentido y magnitud. Así, Rodríguez (1989) obtuvo una correlación de 0.55 y 0.51 en machos y hembras respectivamente, Fehr y Sauvant (1974) correlaciones de 0.6 en cabritos Alpinos o Pérez y Tejón (1987) a los 41 días ($r=0.697$) en la raza Verata. El efecto del peso al nacimiento sobre pesos ulteriores ha sido ampliamente demostrado en ganado ovino por Demirören y col. (1995), los cuales sobre 8883 partos, observaron que la prolificidad (y por ende del peso al nacimiento) afectó el peso alcanzado por los animales a los 21 ó 91 días en un régimen de lactancia artificial.

Al separar los animales por tipos de lactancia, en la LN y LAR el valor del coeficiente de correlación del peso al nacimiento con los pesos alcanzados en las diferentes semanas del ensayo fue menor al observado en los animales criados en LAA. En la LN las correlaciones entre el peso al nacimiento y los pesos alcanzados semanalmente son altas y no se observan coeficientes de correlación significativos a partir de los 28 días, tanto en machos como en hembras (Tablas 7 y 8). En los dos sistemas de alimentación con lactorreemplazante, los comportamientos no fueron



iguales. Si bien la significación en los coeficientes de correlación observados en LAA perduró durante toda la experiencia, en la LAR sólo se mantuvieron hasta los 35 días de edad. Este comportamiento es inverso al esperado, ya que la disponibilidad constante de alimento, debería haber minimizado el efecto del peso al nacimiento.

Tabla 6. Correlaciones entre el peso al nacimiento durante la experiencia (machos y hembras) en cada método de lactancia y en su conjunto.

Peso a	Peso Nacimiento			
	LN	LAA	LAR	LN+LAA+LAR
7 días	0.92**	0.79**	0.90**	0.78**
14 días	0.73**	0.73**	0.76**	0.64**
21 días	0.83**	0.68**	0.65**	0.60**
28 días	0.73**	0.60**	0.62**	0.52**
35 días	NS	0.54**	0.55**	0.39**
42 días	NS	0.47**	NS	0.37**
49 días	NS	0.48**	NS	0.40**
56 días	NS	0.54**	NS	0.48**

LN- Lactancia natural, LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. **.- $p < 0.01$, *.- $p < 0.05$, NS.- no significativo.

El estudio se hace más complejo al observar cómo evolucionan las correlaciones separando los animales por sexos dentro de las diferentes lactancias (Tablas 7 y 8). Si bien los machos de LAA y LAR se comportaron de una manera similar, siendo las correlaciones superiores en los sistemas de alimentación restringida, las hembras presentaron un comportamiento singular. Mientras que en la LAA la significación de la correlación no desapareció en toda la experiencia, en la LAR sólo se hizo evidente en la primera semana. La explicación de lo que sucede con las hembras pudo tener su base en que las hembras criadas con LAA, permanecieron juntas a los machos, y la mayor agresividad de éstos unido a su peso nacimiento algo superior, pudiera no haberles permitido un acceso completo a las tetinas. Por el contrario las hembras que fueron alimentadas con LAR estaban solas y mostraron un aprendizaje muy rápido a beber de la canaleta.

Por tanto, se hace necesario un estudio mucho más pormenorizado del comportamiento entre sexos en la lactancia artificial, y de cómo la cría, junta o separada de machos y hembras, pudiera afectar al crecimiento de los animales.



Tabla 7. Correlaciones entre el peso al nacimiento y los pesos alcanzados durante la experiencia por los machos en los distintos métodos de lactancia y en su conjunto.

Peso a	Peso Nacimiento			
	LN	LAA	LAR	LN+LAA+LAR
7 días	0.97**	0.80**	0.93**	0.81**
14 días	0.89**	0.69**	0.80**	0.60**
21 días	0.88**	0.62**	0.75**	0.55**
28 días	0.86**	0.47*	0.72**	0.50**
35 días	--	NS	0.61**	0.39**
42 días	--	NS	NS	0.28*
49 días	--	NS	NS	0.34*
56 días	--	NS	--	NS

LN- Lactancia natural. LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. **.- $p < 0.01$, *.- $p < 0.05$, NS.- no significativo. --.- ausencia de datos

En las Gráficas 4, 5 y 6 se puede apreciar cómo evoluciona el coeficiente de variación (CV) del peso conforme avanza la experiencia. La variabilidad en la producción de cualquier especulación ganadera está reñida con los parámetros actuales de calidad, donde la homogeneidad de los productos de una empresa pecuaria es un parámetro fundamental para su buena comercialización. El ganado caprino no escapa a esta máxima, y si no es hoy, mañana el mercado reclamará partidas de animales lo más homogéneas posibles. También hemos de destacar que no hemos encontrado estudios al respecto en ganado caprino de ninguna raza española o extranjera. Considerando el CV inicial como una desviación de 0 se calculó el porcentaje de desviación del CV en cada punto con respecto al inicial, representándose para las tres lactaciones así como para machos y hembras dentro de cada lactación. La representación gráfica solo se extiende hasta los 35 días, dado que más allá en el tiempo, algunos animales alcanzaron los 10 kg de peso, siendo sacrificados o bien destetados. Además el número de animales disminuye considerablemente, y como consecuencia desciende artificialmente el CV.

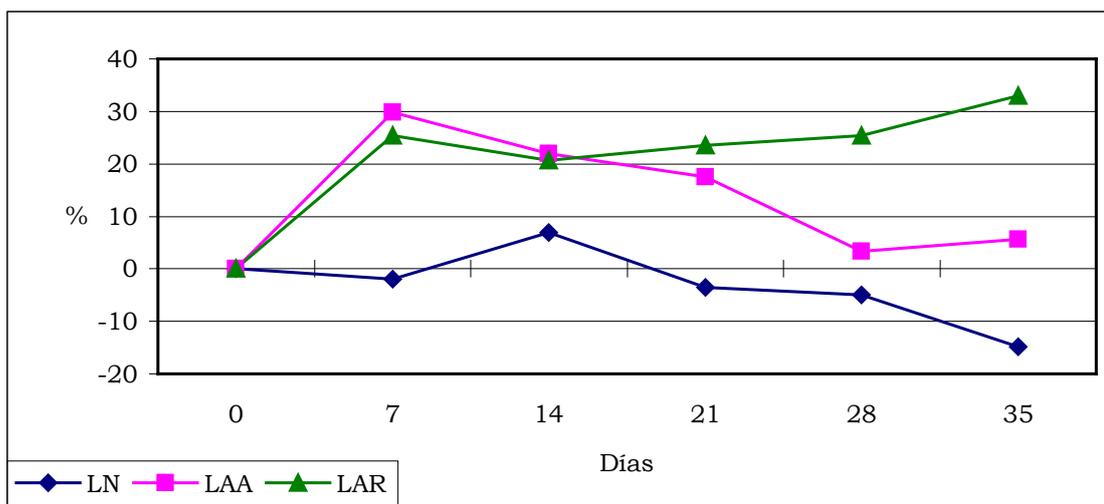


Tabla 8. Correlaciones entre el peso al nacimiento y los pesos alcanzados durante la experiencia por las hembras en los distintos métodos de lactancia y en su conjunto.

Peso a	Peso Nacimiento			
	LN	LAA	LAR	LN+LAA+LAR
7 días	0.85**	0.67**	0.86**	0.75**
14 días	0.60*	0.64**	NS	0.64**
21 días	0.78**	0.55**	NS	0.62**
28 días	0.60*	0.52**	NS	0.47**
35 días	NS	0.49**	NS	NS
42 días	NS	0.36*	NS	NS
49 días	NS	0.52**	NS	0.41**
56 días	--	0.59**	NS	0.43**

LN- Lactancia natural. LAA- Lactancia artificial *ad libitum*. LAR- Lactancia artificial restringida. **.- $p < 0.01$, *.- $p < 0.05$, NS.- no significativo. --.- ausencia de datos

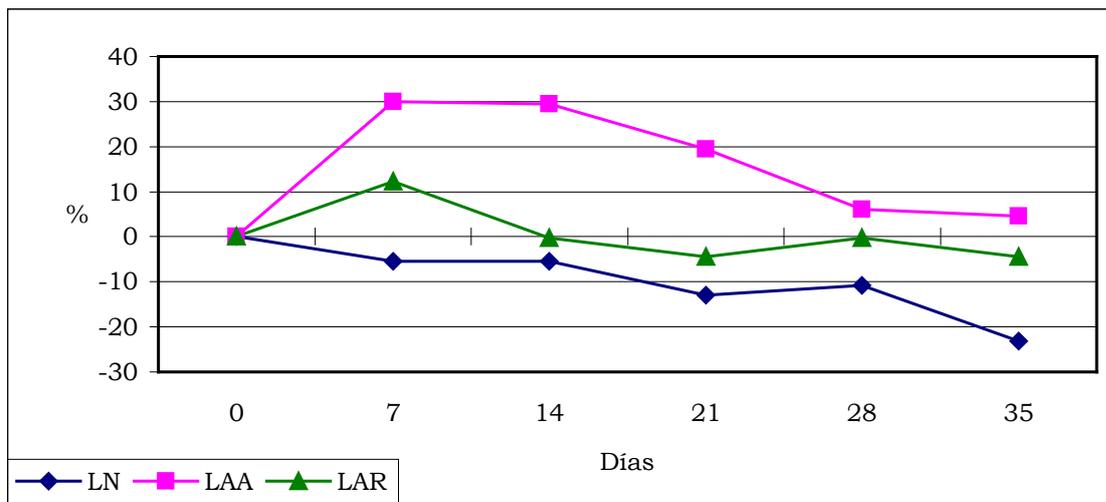
Gráfica 4. Evolución del CV del peso en los 35 primeros días de vida según el tipo de lactancia.



Cuando la desviación en el CV es analizada según los tipos de lactancia empleados, se puede observar que la lactancia que más incrementa el CV fue la LAR (32%) mientras que los sistemas *ad libitum* (LN y LAA) mantuvieron al final de la experiencia (en el caso de la LAA) o bien disminuyeron (LN) el CV. Un claro efecto de competencia se ha manifestado en esta experiencia. Los animales de mayor peso han consumido más cantidad de alimento al estar éste restringido, si bien en los sistemas donde el lactorreemplazante estuvo a disposición de todos los animales en gran cantidad, el CV tiende a descender e igualarse los pesos de los animales.



Gráfica 5. Evolución del CV del peso de los machos en los 35 primeros días de vida según el tipo de lactancia.



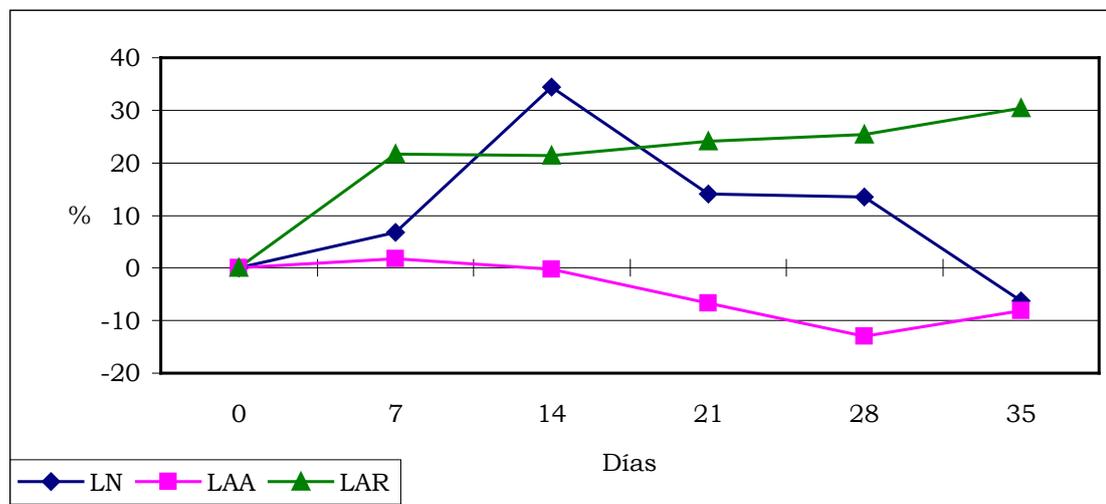
En el caso de los machos resulta de interés observar que en ninguno de los tres métodos, se produce una amplificación del CV inicial, si bien en las primeras etapas de la vida (hasta los 14 días) el CV incrementó en un 30% su valor en los animales de LAA. Sin duda la LN proporcionó los lotes más homogéneos, disminuyendo en más de un 20% el CV inicial. En el caso de los machos, mayoritariamente destinados a la producción cárnica, es a partir de los 28-30 días cuando, con independencia del método de lactancia utilizado, los lotes presentaron una mayor homogeneidad a la hora de preparar animales para el sacrificio.

Las hembras por el contrario, fueron más dependientes del sistema de alimentación. Así, mientras que en los sistemas *ad libitum* los CV mejoraron ligeramente a los 35 días, en la LAR incrementó su valor inicial en un 30%, siendo de especial importancia en las hembras de recría, dado que el racionamiento de estos animales tras el destete, se dificulta cuanto mayor sea la heterogeneidad del lote.

Al igual que sucedía con el efecto del peso al nacimiento sobre los pesos posteriores, se hace necesario realizar mayores investigaciones acerca de los efectos del sexo, tipo de lactancia y lotificación sobre la evolución de los CV a lo largo de las crianzas de los cabritos.



Gráfica 6. Evolución del CV del peso de las hembras en los 35 primeros días de vida según el tipo de lactancia.

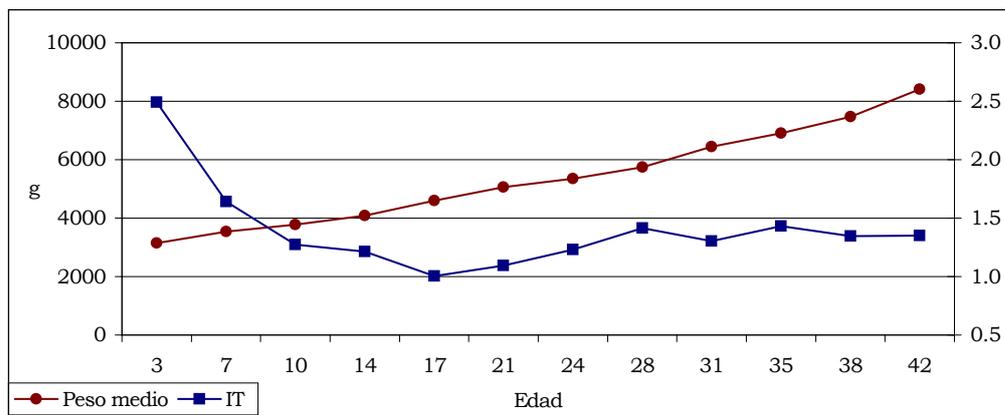


Desde el punto de vista económico, es también necesario realizar un estudio del IC. Como ya se explicó en el apartado de material y métodos, la presente experiencia se ha realizado de una manera lo más parecida posible y aplicativa a la realidad, en la que no se trabajó con individuos sino sobre la evolución de un lote en conjunto. En las Gráficas 7 y 8 se presenta la evolución del peso medio del lote y su IT acumulado en función de la edad media del lote.

La evolución, tanto en machos como en hembras fue similar, existiendo al inicio un IT inferior que al final de la experiencia. Tejón y col. (1995) describieron unos IT de 1060.19 y 1115.11 g/kg (para machos y hembras respectivamente) en cabritos de raza Guadarrama criados mediante lactancia artificial entre los 0-21 días, mientras que desde los 21 hasta los 35 el índice empeora (1115.07 y 1480.35 g/kg machos y hembras respectivamente), siendo nuestra evolución contraria a la observada por estos autores. La diferencia mostrada entre el IT inicial y el final, probablemente es consecuencia de un menor desarrollo del tracto digestivo de los cabritos a edades tempranas, ya que éste es más eficaz en la asimilación y transformación de la leche conforme avanza la edad.

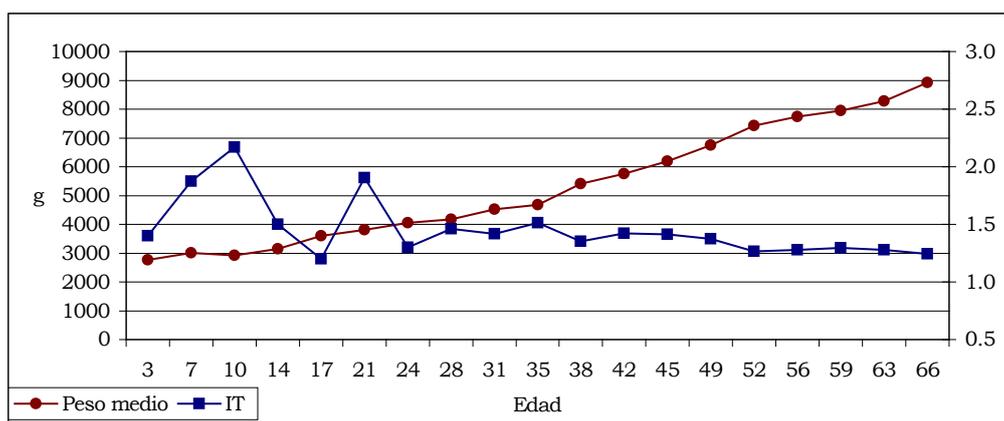


Gráfica 7. Evolución del peso medio del lote de machos en LAR y de su índice de conversión.



Los resultados obtenidos para el IT en machos y hembras (1.35 y 1.24) fueron ligeramente menores que los reseñados en experiencias anteriores realizadas en animales de la ACC (López y col., 1991b; 1.5 y 1.7 machos y hembras respectivamente), probablemente por las diferentes formas de administración del lactorreemplazante, canaleta en el presente trabajo y balde con tetinas en los referenciados anteriormente.

Gráfica 8. Evolución del peso medio del lote de hembras en LAR y de su índice de conversión.



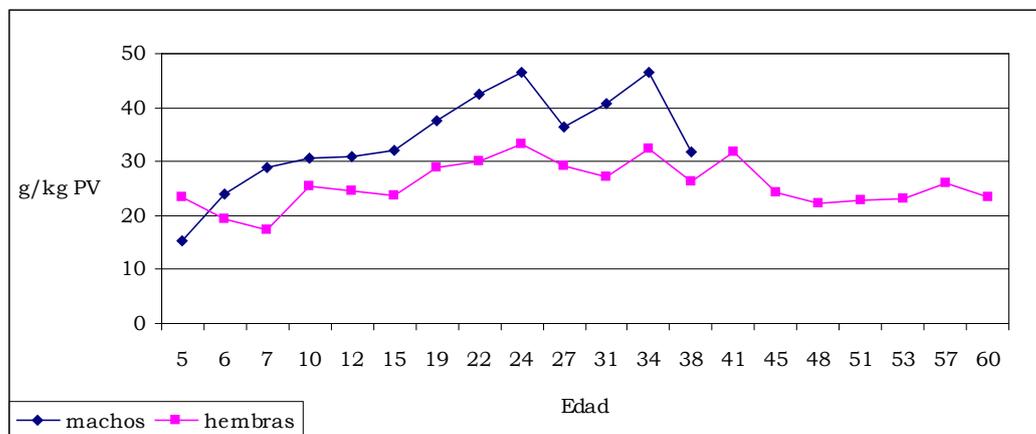
Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los encontrados en otras razas, se aprecian valores bastante cercanos. Así Simiane y Miossec (1986) trabajando con machos de raza Alpina y una dilución semejante a la empleada en el presente estudio, obtuvieron



valores de 1.3, mientras que Fehr y Sauvart (1974) o Sevi y col. (1995) señalaron valores ligeramente inferiores (1.15 y 1.18 respectivamente).

Los resultados obtenidos para el IT en machos y hembras (1.35 y 1.24) reflejan que estas últimas serían más eficaces en la transformación del lactorreemplazante. Sin embargo, las diferencias son escasas y probablemente puedan ser atribuidas a una mayor voracidad de los machos, con un consumo superior (Gráfica 9) independientemente de la edad que se trate.

Gráfica 9. Evolución del consumo (g) por kilogramo de peso vivo de los machos y hembras criados con LAR.



5. Conclusiones

1.- Los sistemas de alimentación *ad libitum* (LN y LAA) son los que ofrecen mejores ganancias medias diarias a la par de producir lotes más homogéneos.

2.- Las hembras presentaron en todos los tipos de lactancia y periodo de estudio un menor crecimiento que los machos a la par que un mejor IC, por lo que se recomienda su crianza separada.

3.- Una clara interacción entre el peso al nacimiento y el crecimiento ha sido puesta de manifiesto, perdurando la misma, en algunos casos, a lo largo de toda la experiencia. Por lo tanto se recomienda este criterio a la hora de realizar la lotificación de los animales.



6. Bibliografía

- Alía, J. 1989. Contribución al conocimiento del caprino serrano autóctono. IV. Rendimiento, conformación y composición de las canales de cabritos. *Alimentación y Mejora Animal*, 29: 107-112.
- Alvarez J. J. 1994. Caracterización cárnica en cabritos de raza Florida Sevillana, bajo diversos sistemas de crianza. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba, España.
- Argüello A.; Arjona J.; Piñán J.; Ginés R.; Capote J.; López J. L. 1997. Características cárnicas de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC: Variedad Tinerfeña) Criados con Lactancia artificial. XXII Jornadas científicas de la Sociedad Española Ovinotecnia y Caprinotecnia, Tenerife, España.
- Bajhau, H.S. y Kennedy, J.P. 1990. Influence of pre-and postpartum nutrition on growth of goat kids. *Small Ruminant Research*, 3: 227-236.
- Baumrucker, C.R. y Blum, J.R. 1993. Secretion of insulin-like growth factors in milk and their effect on neonate. *Livestock Production Science*, 35: 49-72.
- Brody, S. 1945. *Bioenergetics and Growth*. Ed. Reinhold. Pub. Co. New York, USA.
- Buxadé, C.; Rivero, J.; Daza, A. y Ovejero, I. 1993. Problemática de la lactancia artificial masificada en corderos. V Jornadas sobre Producción Animal, Información Técnica Económica Agraria, Volumen Extra (12): 714-716.
- Campbell, Q.P. 1981. The development of a meat producing goat in South Africa. *Proceedings of the 2nd World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding*, 16-19 April Pretoria, South Africa, 678-685.
- CAPA. 1997. Resumen de los datos estadísticos agrícolas y ganaderos de Canarias.
- Clegg, M. T. y Cole H. H. 1954. The action of stilbestrol on the growth response in ruminants. *Journal of Animal Science*, 13: 108.
- Climent, S. y Bascuas, J.A. 1989. Cuadernos de anatomía y embriología veterinaria; Aparato digestivo y urogenital. Ed. Marban, 176 pp.
- Davis, J.J.; Sahl, T.; Puchala, R. y Tesfai, K. 1998. Performance of Angora goat kids fed acidified milk replacer at two levels of intake. *Small Ruminant Research*, 28 (3): 249-255.



- De la Fuente, J.; Tejon, D.; Rey, A.; Thos, J. y López-Bote, C.J. 1998. Effect of rearing system on growth, body composition and development of digestive system in young lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 78: 75-83.
- Delisle, J.; Petit, H. y Giguère, F. 1988 Performance of young lambs fed a clotting or a non-clotting milk replacer. *Canadian Journal of Animal Science*, 68: 993-996.
- Demirören, E.; Shrestha, J.N.B.; Boylan, W.J. 1995. Breed and environmental effects on components of ewe productivity in terms of multiple births, artificial rearing and 8-month breeding cycles. *Small Ruminant Research*, 16: 239-249.
- Eik, L.O. 1991. Performance of goat kids raised in a non-insulated barn at low temperatures. *Small Ruminant Research*, 4: 95-100.
- Fabelo, F.; López, J.L.; Doreste, F. y Capote, J.F. 1991. Peso al nacimiento de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC), variedad majorera y su relación con el peso al destete al ser criados bajo lactancia artificial. XVI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Pamplona, España, 26-28 Septiembre.
- Fabelo F.J.; López J.L. y Argüello A. 1992. Aproximación al estudio de la lactancia artificial en cabritos de la Agrupación Caprina Canaria. *O'Medico Veterinario*, 32: 48-50.
- Fariña, J.; Martín, L.; Rodríguez, P.; Rojas, A.; Rota, A. y Tovar, J. 1989. Estudio de los chivos Veratos. Periodo de amamantamiento. *Archivos de Zootecnia*, 38(141): 127-139.
- Fehr, P.M. 1971. Méthodes d'alimentation de chevrettes destinées à la production laitière. 10th International Congress of Animal Science, 20-23 Julio, Versailles, France.
- Fehr P. M. y Sauvant D. 1974. Effets séparés et cumulés du nombre de repas et de la température du lait sur les performances des chevreaux de boucherie. *Annales. Zootechnia*, 23: 503-518.
- Fehr, P.M.; Sauvant, D.; Delage, J.; Dumont, B.L. y Roy, G. 1976. Effect of feeding methods and age at slaughter on growth performances and carcass characteristics of entire young male goats. *Livestock Production Science*, 3: 183-194.
- Filho E.C.; Ugietto S.M.A.; Almeida C.C.; Costa R.G. y Ribeiro M.N. 1996. Efeito da substituição do leite de cabra por soro de queijo no crescimento de cabritos na fase de aleitamento. *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 25(3): 522-528.



- Fraser, D. 1987. Suckling behaviour of artificially- reared lambs: What kind of teat elicits spontaneous sucking *Applied Animal Behaviour Science*, 19: 99-109.
- Fuentes, J.L. 1989. Alojamientos e instalaciones. *Manual sobre cabras*, 10: 119-130.
- Gonyou, H.W.; Stookey, J.M. y McNeal, L.G. 1985. Effects of double decking and space allowance on the performance and behaviour of feeder lambs. *Journal Animal Science*, 60: 1110-1116.
- Gutiérrez, M.J.; Herrera, M. y Rodero, E. 1994. Comportamiento tático de los cabritos en lactancia artificial. XIX Jornadas Científicas de Ovinotecnia y Caprinotecnia Burgos, España.
- Gutiérrez, M. J.; Rodero, E.; Peña, F. y Herrera, M. 1995. Crecimiento en cabritos Murciano-Granadinos criados en lactancia artificial. XX Jornadas científicas de la Sociedad Española Ovinotecnia y Caprinotecnia. Madrid, España, 503-508.
- Hammond J. 1961. Growth in size and body proportions in farms animals. In: *Growth in living Systems*. Zarrow M. V. Basoe books. New York, USA.
- Havrevoll, O.; Hadjipanayiotou, M.; Sanz, M.R.; Nitsan, Z. y Schmidely, P. 1991. Milk feeding systems of young goats. *Goat nutrition* 21: 259-270.
- Hervé, M. P.; Toro, P. R. y Muñoz, F. J. 1988. Crecimiento de corderos criados artificialmente con tres tipos de alimento lácteo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 8 (3): 189-195.
- Houssin, Y. y Davicco, M.J. 1979. Influence of birthweight on the digestibility of a milk-replacer in newborn-lambs. *Annales Recherches Vétérinaires*, 10: 419-421.
- Koppel, J.; Kuchar, S.; Mozes, S. y Boda, K. 1983. Insulin, Thyroxine and glucose in plasma of suckling lambs on low and high fat milk diet. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde*, 50: 101-106.
- Lanza, A.; Pennisi, P.; Biondi, L. y Barresi, S. 1992. Produzione dell'agnello da latte pesante alimentato con un sostitutivo a diverse concentrazioni. *Zootecnia e Nutrizione Animale*, 18 (1): 27-34.
- Lawrence, T.L.J. y Fowler, V.R. 1997. *Growth of farm animals*, 330pp.
- Le Du, Y.L.P.; Baker, R.D. y Barker, J.M. 1976. Milk-fed calves 2. The effect of length of milk feeding period and milk intake upon herbage intake and performance of grazing calves. *Journal of Agricultural Science, Cambridge, United Kingdom*, 87: 197-204.



- López, J. L. 1990. Estudio etnológico y productivo de la Agrupación Caprina Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España, 306 pp.
- López J. L.; Fabelo F.; Argüello A.; y Capote J.F. 1991(a). Comparación de la velocidad de crecimiento de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC), criados mediante lactancia natural (LN), natural restringida (LR) y artificial (LA). XVI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Pamplona, España, 26-28 Septiembre.
- López, J.L.; Fabelo, F.; Argüello, A. y Capote, J.F. 1991(b). Estudio de la aplicación de lactancia artificial en cabritos pertenecientes a la Agrupación Caprina Canaria (ACC). XVI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Pamplona, España, 26-28 Septiembre.
- Louca, A.; Mavrogenis, A. y Lawlor, M. 1975. The effect of early weaning on the lactation performance of Damascus goats and the growth rate of the kids. *Animal Production*, 20: 213-218.
- Louca, A.; Economides, S. y Hancock, J. 1977. Effects of castration on growth rate, feed conversion efficiency and carcass quality in Damascus goats. *Animal Production*, 24: 387-391.
- Maiorana, M.; Rubino, R. y Pizzilo, M. 1984. L'allattamento artificiale nell'allevamento caprino. *Annales Sperimentazione Zootecnica*, 2: 117-136.
- Marichal, A. 2000. Estudio de las características físico-químicas e histológicas de la carne de cabrito de la Agrupación Caprina Canaria. Tesina de Licenciatura, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 138 pp.
- Mavrogenis A. P. 1983. Adjustment factors for growth characters of the Damascus goat. *Livestock Production Science*, 10: 479-486.
- Mellado M. y Morales A. 1988. Efecto de la raza y algunos factores ambientales sobre el peso al nacimiento y peso al mes de cabritos. *Memorias del Congreso Interamericano de Producción Caprina*. México.
- Moreno, R. 1989. La alimentación del cabrito. Manual sobre cabras, M.A.P.A. Ed. Mundi-prensa, Madrid, España.
- Mowlem, A. 1981. Recent advances in kid rearing. *British Goat Society*, March, 41-42.
- Nitsan, Z.; Golan, M. y Nir, I. 1990. Utilization of raw or heat-treated starch fed in liquid diet to preruminants. 1. Kids. *Small Ruminant Research*, 3: 325-339.



- Ocio, E y Moreno, R. 1983. Destete y lactancia de cabritos. *Agricultura*, 628-632.
- Penning, P.D.; Cottrell, K.M. y Treacher, T.T. 1973. The effects of quantity and distribution of milk substitute on the performance of artificially reared lambs to forty-eight days of age. *Animal Production*, 17: 179-186.
- Peña, F.; Herrera, M.; Subires, J. y Aparicio, J.B. 1985. Consumo de leche y crecimiento en peso vivo en chivos de raza Malagueña durante la fase de lactación. *Archivos de Zootecnia*, 34(130): 301-313.
- Pérez, C. y Tejón, D. 1987. Crecimiento de cabritos de raza Verata destinados al sacrificio. II Jornadas sobre Producción Animal, Información Técnica Económica Agraria, Volumen Extra (7): 375-377.
- Pinna, W.; Piccolo, V.; Lai P. y Cappio Borlino, A. 1993. Produzione dell'agnello da latte: allattamento materno *vs* allattamento artificiale con un sostitutivo "ácido". *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione*, 22 (4): 501-505.
- Potchoiba, M.J.; Lu, C.D.; Pinkerton, F. y Sahlu, T. 1990. Effects of all-milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and tissue composition, including fatty acids and cholesterol contents, of growing male goats. *Small Ruminant Research*, 3: 583-592.
- Prud'hon, M. 1976. La croissance globale de l'agneau: ses caractéristiques et ses lois. 2èmes Journées de la Recherche ovine et caprine, Paris, France, INRA-ITOVIC 6-26.
- Radostitis, O.M. y Bell, J.M. 1970. Nutrition of the preruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrients: A review. *Canadian Journal of Animal Science*.
- Ramírez, A.; Quiles, A. y Hevia, M.L. 1998. Comportamiento de los cabritos de raza Murciano-Granadina en su primera hora de vida. *Archivos de Zootecnia*, 47(180): 639-647.
- Rodríguez, P.L. 1989. Contribución al estudio de la cabra Verata. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria Universidad de Extremadura, España.
- Sahlu T.; Carneiro H.; El Shaer H. M. y Fernández J. M. 1991. Relative performance of Angora kids fed acidified milk replacer. E. (kika) de la Garza Institute for Goat Research, Langston, Oklahoma.



- Sanz, M. R; Muñoz, F. J.; Lara, L.; Gil, F. y Boza, J. 1987. Efectos del nivel de alimentación, clase de leche y edad en el desarrollo de cabritos de raza granadina. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animal*, 2(2): 93-103.
- Sanz, M.R.; Hernández-Clua, O.D; Naranjo, J.A., Gil, F. y Boza, J. 1990. Utilization of goat milk *vs* milk replacer for Granadina goat kids. *Small Ruminant Research*, 3: 37-46.
- Schloss Z., 1911. *Patologie des Wachstoms*. Berlin S. Korgen. Pág. 9. Citado por Sierra, 1980.
- Sevi, A.; Muscio, A. y Campanro, G. 1995. Effetto della densità di allevamento sulle prestazioni produttive e sul comportamento di caprette allattate artificialmente. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 21: 111-117.
- Sierra, I. 1980. *Apuntes de Producción Animal*. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, España.
- Sierra, I. 1981, 1982. Effect of housing density and change of pen on the fattening performance of lambs. *Anales de la Facultad de Veterinaria, Zaragoza, España*, 16/17: 395-399.
- Simiane M. y Miossec H. 1986. Observations sur l'engraissement des chevreaux de boucherie avec un allaitteur automatique. 11es Journées de la recherche ovine et caprine, 203-210.
- Sotillo, J.L. y Vijil, E. 1978. *Producción Animal. Bases Fisiocootécnicas*. Imprenta Mijares, León, España, 524 pp.
- Tejón, D.; López, C.; Piñán, J.; De la Fuente, J.; Sanz, M.; Fernández, A. y Rey, A. 1995. Contribución al estudio de las razas autóctonas de la C.A.M. Evaluación del crecimiento en relación con el sistema de cría de la raza Caprina del Guadarrama. XX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Madrid, España, 389-400.
- Thivend, P.; Toullec, R. y Guilloteau, P. 1980. Digestive adaptation in the preruminant. *Proceeding 5th International Symposium on Ruminant Physiology*, September 3-7, Clermont-Ferrand, France, 561-585.
- Titchen, D.A. 1977. Cineradiographic studies of swallowing in the suckled lamb. *Annales Recherches Vétérinaires*, 8(4): 483.
- Tomkins, T. 1992. Milk replacers. *Specie Specific lamb and foal formulations offer many benefits*. *Large Animal Veterinarian*, 25-26.
- Warmington B.G. y Kirton A.H. 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. *Small Ruminant. Research*, 3:147-165.



- White, R.W. 1977. Ethanol and *Torulopsis glabrata* in the rumens of milk-replacer fed farm calves: a survey. *Livestock Production Science*, 4: 335-342.
- Yan, T.; Cook, J.E; Ivings, W.E. y Treacher, T.T. 1993. The effects of quality and duration of milk feeding on the intake of concentrates and growth of castrated male Saanen kids to slaughter. *Animal Production*, 56: 327-332.



Capitulo III.- Calidad de la canal



Resumen

Sobre 40 cabritos machos enteros pertenecientes a la Agrupación Caprina Canaria variedad Majorera se estudió como afectó el método de lactancia empleado (Natural *vs* Artificial) y el peso sacrificio (6 *vs* 10 kg) a los parámetros de calidad (rendimiento canal y conformación) así como a la composición regional y tisular de cada una de las piezas.

Los resultados obtenidos mostraron que la lactancia empleada no ejerció efecto alguno sobre los parámetros que determinan el rendimiento canal, mientras que por el contrario el peso sacrificio mejoró ligeramente el mismo (50 *vs* 54 y 50 *vs* 53, para 6 *vs* 10 kg en lactancia natural y artificial respectivamente). El peso al sacrificio sólo mostró efecto estadísticamente significativo sobre dos proporciones de los componentes mayoritarios del quinto cuarto, el hígado y la cabeza. En cuanto a la conformación de la canal, valorada a través del índice de compacidad de la misma, se vio mejorada al aumentar el peso vivo sacrificio (68 *vs* 118 y 77 *vs* 109 g/cm para 6 *vs* 10 kg en lactancia natural y artificial respectivamente). Ni la lactancia empleada ni el peso vivo sacrificio tuvieron efectos estadísticamente significativos sobre la composición regional. Por el contrario, sí la hubo sobre la composición tisular con relación a los porcentajes de grasa. Una clara relación de la cantidad de grasa perirrenal y pélvica se puso de manifiesto con el resto de depósitos grasos, con el rendimiento canal verdadero y con el índice de compacidad de la canal.

De los resultados obtenidos se desprende el escaso efecto que el tipo de lactancia empleado tuvo sobre la calidad de la canal así como la mejoría que representa la elevación del peso vivo sacrificio sobre la misma.



Summary

It has studied as slaughtering weight and suckling method have an effect on carcass quality parameters (yield and conformation) furthermore regional and tissue composition in everyone joint of forty intact male kids of Canary Caprine Group of Majorero type.

Results has showed no effects of lactation on carcass yield parameters whereas slaughtering weight was slightly better (50 *vs* 54 and 50 *vs* 53% in 6 *vs* 10 kg in natural and artificial suckling respectively). Slaughtering weight only provide statistically significant evidence in two parts of the offals majority components, liver and head. About the conformation carcass, it was valued with compacity index, was better with increased slaughtering weight (68 *vs* 118 and 77 *vs* 109 g/cm in 6 *vs* 10 kg in natural and artificial suckling respectively). No statistically significant effects of suckling method and slaughtering weight were found on regional composition. Unlike we found statistical significant effects for tisular composition related fat proportion. It was manifested a clear relationship between perirrenal and pelvic fat quantity and other one fat deposits, net carcass yield and carcass compacity index.

The results showed that suckling method had poor effect on quality of carcass anyway the improvement obtained with the elevation of slaughtering weight.



1. Introducción

Las cabras son animales productores de carne, pelo, leche, pieles, etc. (Harvey y Rigg, 1964; Devendra y Burns, 1983). Las canales producidas por la especie caprina se caracterizan por su bajo porcentaje de grasa, especialmente en comparación con el ganado ovino, lo que unido a un menor tamaño, las hace especialmente indicadas para aquellas zonas en las que la refrigeración no sea una alternativa para la distribución (Kirton, 1988).

Los consumidores del sur de Europa y de los países del este del Mediterráneo, prefieren la carne de cordero y cabrito lechal, lo que induce a los productores a sacrificar dichos animales a pesos muy bajos (Economides, 1984; Manfredini y col., 1988).

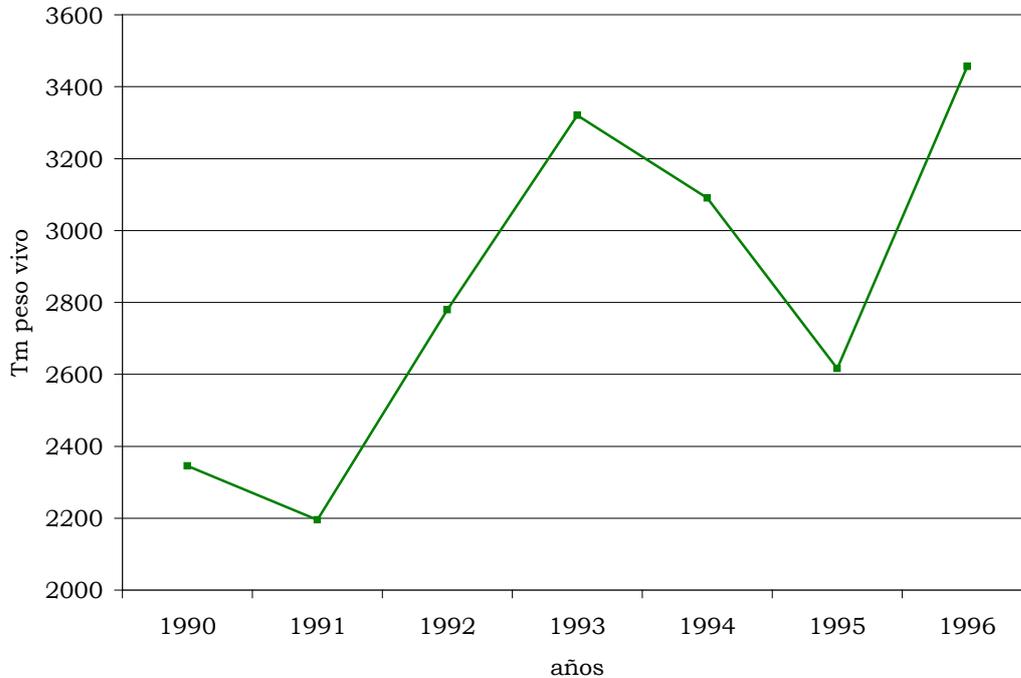
Analizando la importancia económica del ganado caprino dentro del sector agropecuario canario (261271 cabezas en 1996, ISTAC, 1999) se pone de manifiesto que éste supone del orden del 6 % de la Producción Final Agraria y del orden del 27 % de la Producción Final Ganadera. A su vez el 90% de la Producción Final Caprina es producción de leche, mientras que la producción de carne representaría el 10% restante. En lo referente a producciones como piel y estiércol, su importancia económica actualmente es irrelevante en la primera y no está bien evaluada en la segunda. En Canarias y durante 1996 se sacrificaron 244730 caprinos, representando 3456 Tm de peso vivo. Los pesos medios de la canal son en la actualidad, 4.4 kg para los cabritos lechales, 11.4 kg para los chivos y 23.8 kg para el caprino mayor. Como se puede observar, el peso canal de los cabritos lechales es bajo lo que ya ha sido reseñado por López (1990), siendo el peso de la canal normalizada 3.5 kg. La evolución de la producción de carne de cabra en el Archipiélago Canario (Gráfica 1), ha sido paralela a la de la producción total de carne y parece que muestra una tendencia alcista.

A la vista de este reparto económico se deduce fácilmente que la principal vocación y en la que se ha puesto la mayor parte del esfuerzo selectivo del ganado caprino canario es la lechera, mientras que la producción cárnica raya la marginalidad. No obstante, se puede mejorar sustancialmente esta producción, tanto en cantidad como en calidad, lo



cual supondría una fuente adicional de ingresos nada despreciable para los ganaderos.

Gráfica 1. Evolución de la producción de carne de caprino en Canarias.



Al revisar aquellos factores que repercuten directamente sobre la producción cárnica, observamos que el manejo alimenticio de la primera edad es uno de los principales, siendo la lactancia artificial la alternativa utilizada. De este modo, con la puesta en marcha de ésta es posible la disminución del consumo de leche de cabra por los baiños y en consecuencia el incremento de la misma disponible para la venta o su transformación en queso, lo que conllevaría a una mejora económica para la explotación y por ende para el sector.

Por tanto y ante la inexistencia de trabajos con profundidad sobre el efecto combinado de la lactancia artificial y el incremento del peso sacrificio, se hace necesario una aproximación al mismo, por lo que los objetivos de este trabajo son:

- 1.- Evaluar el efecto que la alimentación con lactancia artificial pudiera tener sobre el rendimiento canal y calidad de la misma.



2.- Evaluar el efecto del incremento del peso vivo sacrificio sobre el rendimiento canal y la calidad de la misma.

3.- Investigar si alguna combinación lactancia/peso sacrificio puede tener unas características, en cuanto a rendimiento canal y calidad de la misma se refiere, de interés para el ganadero.



2. Revisión Bibliográfica

Existen multitud de definiciones de calidad de la canal. Por ejemplo para Colomer-Rocher (1973) es el conjunto de características de la canal cuya importancia relativa le confieren una máxima aceptación y un mayor precio frente a los consumidores. Dicha definición está basada en parte en una aseveración anterior de Hammond (1952), el cual afirma que la calidad es aquello por lo que un consumidor está dispuesto a pagar más.

Ahondando en el término, Sierra (1980) opina que la calidad del animal de sacrificio es un término subjetivo y dinámico que varía en el espacio y en el tiempo y que es conveniente objetivar de alguna manera. La calidad por tanto depende de los intereses de la persona que la juzgue. Así para un productor el parámetro fundamental de calidad es el precio obtenido por la venta del animal y la rentabilidad derivada. Para el comercializador de la canal (el carnicero) son la importancia de las piezas de mayor valor y la ausencia de necesidad de realizar recortes de grasa los principales factores de calidad (Colomer y Espejo, 1972). Finalmente al consumidor lo que le interesa es la calidad de la carne que éste va a consumir, la llamada calidad organoléptica o sensorial, que se refiere a las características percibidas por los sentidos en el momento de la compra o del consumo, que influye en la satisfacción sensorial.

2.1. Peso y Rendimiento Canal

Colomer-Rocher y col. (1987) definieron la canal caprina como aquella parte del animal que comprende el cuerpo una vez eliminada la piel, la cabeza (separada entre el occipital y la primera vértebra cervical), los autópodos (separados al nivel de las articulaciones carpometacarpiana y tarsometatarsiana) y las vísceras. La canal retiene la cola, timo, porciones laterales del diafragma, riñones, grasa perirrenal y pélvica y en el caso de los machos, los testículos.

Esta definición de canal, es la aceptada hoy en día a la hora de la realización de cualquier aproximación científica a la calidad de la canal



en ganado caprino, sin embargo y en función de la cultura y origen geográfico, esta definición sufre grandes variaciones. Sin ir más lejos, en el Archipiélago Canario, la canal de cabrito siempre ha mantenido la cabeza, el hígado y la piel de la punta de la cola y a veces los autópodos.

La relación entre el peso de la canal y el del animal antes del sacrificio es el Rendimiento Canal, siendo este concepto básico en el estudio de cualquier producción cárnica debido a tres razones (López, 1990):

a.- Influye decisivamente en la formación de los precios ganaderos.

$$\text{Precio vivo} \times 100 = \text{Precio canal} \times \text{Rendimiento Canal}$$

b.- El Rendimiento Canal se obtiene a partir del peso canal y éste tiene una alta correlación con la cantidad de músculo total que contiene la canal.

c.- El Rendimiento Canal está particularmente influido por la morfología y el estado de engrasamiento que presenta la canal y así, para un mismo peso vivo y genotipo, aquellos animales que presentan una mejor conformación y un mayor nivel de engrasamiento obtendrán un Rendimiento Canal más elevado.

Para el cálculo de la relación entre el peso de la canal y el del animal antes del sacrificio hay que definir previamente algunos conceptos. El peso vivo del animal se puede determinar, al menos, en tres momentos diferentes: en la propia granja antes del transporte al matadero (Peso Vivo Granja -PVG-), justo antes del sacrificio (Peso Vivo Sacrificio -PVS-), y finalmente el Peso Vivo Vacío (PVV), que se obtiene descontando al PVS el contenido digestivo.

Al igual que el peso vivo, la canal se puede pesar justo tras el sacrificio (Peso Canal Caliente -PCC-) o bien tras 24 horas de oreo a 4°C (Peso Canal Fría -PCF-).

Utilizando las anteriores definiciones de peso vivo y peso canal, se han realizado varias formulaciones para el Rendimiento Canal (Tabla 1). En primer lugar el denominado Rendimiento Canal Ganadero (RCG),



que relaciona el PCC con el PVS (Sierra, 1970). En segundo lugar, el Rendimiento Canal Comercial (RCC) que utiliza el PCF y el PVS (Sierra, 1970). Y finalmente el Rendimiento Canal Verdadero (RCV) que se obtiene de la relación entre el PCC y el PVV (Charpentier, 1967).

Tabla 1. Definiciones de Rendimiento Canal.

Definición	Fórmula	Referencia
Rendimiento Canal Ganadero	$\frac{\text{Peso Canal Caliente}}{\text{Peso Vivo Granja}} \times 100$	Sierra (1970)
Rendimiento Canal Comercial	$\frac{\text{Peso Canal Fría}}{\text{Peso Vivo Sacrificio}} \times 100$	Sierra (1970)
Rendimiento Canal Verdadero	$\frac{\text{Peso Canal Caliente}}{\text{Peso Vivo Vacío}} \times 100$	Charpentier (1967)

López (1990) ya observó que las variaciones entre los tres tipos de rendimientos definidos con anterioridad eran muy manifiestas. Para cabritos machos de la ACC sacrificados a los 12 kg de peso vivo, los rendimientos obtenidos fueron los siguientes:

Rendimiento Canal Verdadero: 55.90%
 Rendimiento Canal Comercial: 50.67%
 Rendimiento Canal Ganadero: 51.89%

Como se ha comentado anteriormente la definición de la canal afecta enormemente al rendimiento canal. A continuación se expone como serían esos rendimientos utilizando la canal habitualmente comercializada en Canarias.

Rendimiento Canal Verdadero: 69.56%
 Rendimiento Canal Comercial: 63.56%
 Rendimiento Canal Ganadero: 64.78%

El Rendimiento Canal en ganado caprino, al igual que en otros rumiantes, es bajo y suele rondar valores del 50% (Kirton, 1988), presentando también gran variabilidad, como así se puede apreciar en la Tabla 2.



Tabla 2. Diferentes valores obtenidos en la bibliografía para el Rendimiento Canal.

RC	Edad o PVS	Raza	Tipo de animal	Referencia
46.1-51.6 %	12-16 meses	Sikkim	Macho castrado	Mishra y Ghei (1991)
56.2-52.9 %	11 y 18 kg	Batina	Macho entero	Mahgoub y Lu (1998)
52.2-51.8 %	11 y 18 kg	Batina	Hembras	
55.6-56.2 %	11 y 18 kg	Dhofari	Macho entero	Morand-Fehr y col. (1986)
55.0-57.9 %	11 y 18 kg	Dhofari	Hembras	
53.6-46.0 %	14.4 y 21.7 kg	Alpina	Machos enteros	Teixeira y col. (1995)
54.0-42.7 %	15.4 y 23.6 kg	Saanen	Machos enteros	
48 %	57.5 kg	Blanca celtibérica	Hembras adultas	Sanz y col. (1985)
46.1-47.2 %	15 días	Murciano Granadina	Machos enteros	
52.7-53.4 %	10.15 kg	Negra- serrana	Machos enteros	Alía (1989)
50.19-52.98 %	9.26 kg	Florida	Hembras	Gutiérrez y col. (1995)
55.8-56.1 %	30-60 días	Sevillana	Machos y hembras	

En cabritos, la importancia de los distintos componentes en el organismo varía según la edad. Distinguiendo dos etapas, una de alimentación exclusivamente láctea y una posterior de cebo tras el destete, se ha observado que con el paso del tiempo el peso de la canal caliente y fría presentaron coeficientes de alometría superiores a 1, si bien éstos son más altos en la etapa láctea. Por el contrario, cabeza, autópodos y piel presentaron unos coeficientes de alometría en torno a 0.650 en la etapa láctea y 0.925 en la postdestete (Economides y Olymbios, 1991).

La importancia que posee el quinto cuarto en el ganado caprino es muy diversa en función de la zona geográfica de donde se trate. En Canarias las canales se comercializan con cabeza, riñones e hígado, incrementándose así el valor de la canal, de forma similar a lo relatado por Aduku y col. (1991), los cuales han observado que en Nigeria las canales de caprino están constituidas en más de un 33% por vísceras comestibles. Desde el punto de vista científico, este problema ha sido obviado gracias a la normalización en el faenado y obtención de la canal descrita por Colomer-Rocher y col. (1987).



2.1.1. Factores de variación intrínsecos del Rendimiento Canal

2.1.1.1. Genotipo

Dentro de la especie caprina, el genotipo es un factor con influencia en la mayoría de los parámetros de la producción cárnica. El peso de la canal está claramente afectado por el genotipo al que pertenece el animal, como así ha sido demostrado por Borghese y col. (1990) trabajando con raza Saanen y Camosciata. En la misma línea se expresaron Morand-Fehr y col. (1986), autores que han observado el efecto de la raza sobre el Rendimiento Canal entre cabritos Saanen y Alpinos sacrificados a dos pesos (14.5 y 22 kg aproximadamente). Por el contrario, Kesava y col. (1988) no observaron diferencias en el Rendimiento Canal de razas como la Jamnapari, la Barbari o bien sus cruces.

2.1.1.2. Sexo

Una gran controversia en la bibliografía sobre el efecto del sexo sobre el Rendimiento Canal ha sido puesta de manifiesto. Para algunos autores como Gallo y col. (1996), trabajando con cabras Criollas Chilenas (de entre 4 y 6 meses), este efecto no existió, siendo de igual opinión Alía (1989) en cabritos de raza Serrana sacrificados a los 10 kg de PVS. Sin embargo, para López (1990), dicho efecto fue altamente significativo en cabritos de la ACC sacrificados a los 6, 9 y 12 kg. Lo cual podría deberse a un mayor grado de desarrollo muscular en las primeras etapas de la vida por parte de los machos y una deposición grasa más precoz en las hembras.

En contra de lo expresado por López (1990), Gutiérrez y col. (1995) observaron, en cabritos de raza Florida Sevillana, un mayor Rendimiento Canal en hembras (animales sacrificados entre 30 y 60 días).



2.1.1.3. Edad al sacrificio

La edad del animal al sacrificio es un factor importante en el peso de la canal resultante. Con el devenir de los días el animal experimenta un crecimiento que induce un incremento en el peso de la canal hasta que se completa el desarrollo. Pequeñas variaciones en la edad de los cabritos en las primeras etapas de la vida (de 35 a 50 días) han ocasionado variaciones de hasta el 35% en el peso de la canal (Borghese y col., 1990). Menores incrementos han sido relatados por Gutiérrez y col. (1995) en cabritos de raza Florida Sevillana sacrificados con uno y dos meses de vida (3%).

Para Economides y Olymbios (1991), el incremento en el peso al sacrificio es uno de los principales factores en la mejora de la producción cárnica en los cabritos, estando en línea con lo expresado por Morand-Fehr y col. (1985). Un incremento en el Peso Vivo al Sacrificio (edad) determinó un mayor peso de la canal, así como una mejora del Rendimiento Canal, como observaron Economides y Olymbios (1991) en cabritos Damasco al elevar su Peso Vivo Sacrificio de 25 a 40 kg. Similares resultados han sido puestos de manifiesto por Gaili y col. (1972) y López (1990). Por el contrario para Kesava y col. (1988) la relación no fue clara, ya que no observaron diferencias en el Rendimiento Canal entre animales sacrificados con menos de un año (19.61 kg de PVS) y animales de más de dos años de edad (24.74 kg de PVS). Finalmente y ocasionado por un mayor desarrollo en el tracto digestivo, Morand-Fehr y col. (1986) observaron una reducción del rendimiento canal al pasar de 15 a 22 kg.

2.1.2. Factores de variación extrínsecos del Rendimiento Canal

2.1.2.1. Método de crianza

Las condiciones de densidad o de movilidad de los cabritos durante la crianza no afectaron al peso de la canal alcanzado (Borghese y col., 1990). Así mismo, la temperatura de crianza, sí que afectó al PVV en cabritos lactantes, como así lo demostraron Sanz y col. (1995a), resultando más pesados aquellos animales criados en condiciones de mayor temperatura.



2.1.2.2. Alimentación

El Rendimiento Canal se ha visto afectado por el tipo de alimentación que reciben los animales rumiantes. Cuando el consumo es predominantemente lácteo, el reticulorrumen retrasa su desarrollo y esto hace que la proporción del peso canal sobre el peso vivo del animal sea superior (Brisson y col., 1979; Giroux, 1979; Bouchard y col., 1980). Rendimientos entre el 52 y el 62% han sido relatados para cabritos lactantes (Devendra y Owen, 1983; López, 1990). Conforme los animales llegan a un completo desarrollo de su tracto digestivo, el Rendimiento Canal comienza a aumentar debido a la deposición de la grasa en la canal (Kirton, 1988).

AL-Jassim y col. (1991) engordaron cabritos (Raza del desierto de Irak) desde los 24 a los 35 kg con una dieta rica o pobre en proteína bypass. Estos autores no observaron efecto de la dieta sobre el Rendimiento Canal Verdadero (47.2 *vs* 47.1%).

En referencia al uso de la lactancia artificial, Gutiérrez y col. (1995) observaron un mejor Rendimiento Canal en animales criados con sus madres que en aquellos que se alimentaron con un lactorreemplazante. El Rendimiento Canal obtenido en cabritos de la ACC criados con lactancia artificial, fue netamente inferior al aportado para animales de la misma agrupación criados bajo lactancia natural y de similar PVS, RCV, 50% (Argüello y col., 1997a) *vs* 56% (López, 1990). El PVV de ambos grupos de animales fue similar, encontrándose la base de la diferencia en el Rendimiento Canal estudiado en el porcentaje que sobre el PVS ocupa el tracto digestivo vacío (8.85% en lactancia natural y 14.6% en lactancia artificial). Esto se puede explicar dado que estos últimos han podido desarrollar más los preestómagos al tardar más tiempo en alcanzar el mismo PVS. En contra de lo anteriormente expresado, Sanz y col. (1990) no observaron diferencias en cabritos de raza Murciano-Granadina alimentados con leche de cabra o bien con lactorreemplazante y sacrificados tanto a los 15 como a los 30 días.

2.1.2.3. Castración

Kumar y col. (1980) observaron que cabritos castrados de raza Barbari tenían un mayor crecimiento y un mejor Rendimiento Canal



que aquellos que permanecían enteros. Estos mismos autores (Kumar y col., 1981) observaron que la castración al mes de edad mejoraba los resultados, en cuanto a Rendimiento Canal se refiere, en comparación con castraciones más tardías (2 ó 3 meses). Por el contrario, Chawla y Nath (1979 a, b) no observaron cambios significativos en el Rendimiento Canal de animales castrados y no castrados (sacrificados a los 9 meses).

2.1.2.4. Ayuno

Tanto el tipo de alimento presente en los preestómagos como el tiempo de ayuno previo al sacrificio tienen un efecto sobre el Rendimiento Canal (Kirton, 1988). Por tanto, se hace necesario conocer el peso a la salida de la granja para así determinar el Rendimiento Canal Ganadero.

2.2. Conformación de la canal caprina

La conformación, definida por la “European Association of Animal Production” como la valoración visual del espesor de grasa y músculo en relación con el tamaño del esqueleto, o bien como la distribución y proporción de las diferentes partes que componen el cuerpo (Colomer-Rocher y Kirton, 1975), es un carácter pobremente estudiado en ganado caprino, y aún menos en cabritos de bajo peso sacrificio. Por el contrario en la mayoría de las clasificaciones de ganado vacuno u ovino se integran parámetros de conformación (Cuthbertson y col., 1972; Kauffman y col., 1973; Reglamento (CEE) n°2237/91 de fecha 27/7/91).

En el actual mercado de la carne existe la evidencia que la conformación es un buen indicador de la calidad de la canal, aceptándose como calidad el valor comercial que el comprador atribuye a la buena conformación. Existe por lo tanto en el mercado una triple relación: conformación, precio, calidad (Mata, 1984; Sañudo, 1998). Aunque Bocard y Dumont (1960) enunciaron la ley de Armonía Anatómica según la cual la importancia relativa de las regiones corporales es independiente de la morfología y que el peso de los músculos de la pierna, a excepción de los de la región crural, de una



canal bien conformada son los mismos que los de una canal mal conformada en idéntico estado de engrasamiento y peso canal (Boccard y col., 1961), es indudable que en cuanto al valor carnicero, a igual peso de músculo, la superficie de corte transversal será mayor cuanto más ancho y corto sea este músculo, lo que hace que canales bien conformadas presenten trozos de mayor superficie al corte y en consecuencia de mayor valor carnicero.

Así el interés de la conformación puede venir dado por:

- a.- Se puede mejorar a los animales en vivo consiguiendo mejorar el Rendimiento Canal, mejorar los crecimientos reales y mejorar el índice de transformación, es decir, disminuir el coste económico de su producción.
- b.- Canales que presentan una buena morfología presentan un menor porcentaje de tejido óseo.
- c.- Canales que presentan una buena morfología, tendrán músculos más cortos, anchos y globosos, lo que representa un mayor valor carnicero.
- d.- Mejor aspecto exterior del animal, lo que conlleva un mayor valor comercial.

La conformación de la canal caprina se puede estudiar desde un punto de vista objetivo o subjetivo. Desde un punto de vista objetivo, son las medidas de longitud, anchura, espesor y profundidad de la canal el medio utilizado para estudiar su conformación. A continuación se describen las principales medidas utilizadas en ganado caprino:

Medida F.- Distancia más corta entre el perineo y la superficie articular tarso-metatarsiana. Medida con cinta métrica metálica (McMeekan, 1939).

Medida L.- Longitud de la canal desde el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana hasta la mitad del borde posterior de la primera costilla. Medida con cinta métrica metálica (Palsson, 1939).



Medida G.- Anchura de las nalgas. Distancia máxima a nivel de los trocánteres. Medida con compás de espesores (Palsson, 1939).

Medida Wr.- Anchura máxima de la canal a nivel de las costillas. Medida con compás de espesores (Barton y col., 1949).

Medida B.- Perímetro máximo de las nalgas pasando la cinta métrica por debajo del nacimiento de la cola. Medida con cinta métrica flexible (Robinson y col., 1956).

Medida Th.- Profundidad máxima de la canal al nivel de la 6ª costilla. Medida con compás de espesores (Palsson, 1939).

Utilizando estas medidas, se construyen una serie de índices que ayudan al estudio de la conformación.

Índice de compacidad de la canal, definido como el peso de la canal fría dividido por la longitud de la canal (Thwaites y col., 1964).

Índice de compacidad de la pierna, definido como la anchura de la grupa dividida por la longitud de la pierna.

Índice de longitud/anchura de la canal, L/G .

Índice de profundidad/longitud de la canal, Th/L .

Índice de redondez del pecho, Wr/Th .

El método subjetivo más utilizado para la valoración de las canales, es el visual, que le atribuye una nota y la encuadra en una clase. Quizá el modelo más avanzado en cuanto a metodología subjetiva de valoración de canales está descrito para el ganado bovino. En la Tabla 3 y Figura 1 se puede observar como se clasifican las canales mediante un método subjetivo.





Figura 1. Patrón fotográfico para la clasificación de canales bovinas.

Intentando mejorar la eficacia de los métodos de estima de la conformación Cuthbertson y Harrington (1973), De Boer y col. (1974) y MLC (1975) han propuesto la utilización de patrones fotográficos de referencia para el ganado ovino, no existiendo hasta la fecha, ninguna propuesta para ganado caprino. La única clasificación existente es la preconizada por Colomer-Rocher y col. (1987) basada en el estado de engrasamiento como único parámetro (Figura 2).



Tabla 3. Desarrollo de los perfiles de la canal, y en particular, de las partes esenciales de la misma (pierna, lomo, paletilla).

Clase de Conformación	Disposiciones complementarias	
S Superior	Pierna: Extremadamente abultada, dobles músculos, hendiduras visiblemente separadas. Lomo: Muy ancho y muy grueso hasta la altura de la paletilla. Paletilla: Extremadamente abultada.	La cara interna de la pierna se extiende de forma excepcional sobre la sínfisis La cadera es muy abultada
E Excelente	Pierna: Muy abultada Lomo: Ancho y muy grueso hasta la altura de la paletilla. Paletilla: Muy abultada	La cara interna de la pierna se extiende ampliamente sobre la sínfisis La cadera es muy abultada
U Muy buena	Pierna: Abultada Lomo: Ancho y grueso hasta la altura de la paletilla Paletilla: Abultada	La cara interna de la pierna se extiende sobre la sínfisis La cadera es abultada
R Buena	Pierna: Muy desarrollada Lomo: Aún grueso pero menos ancho a la altura de la paletilla. Paletilla: Con bastante buen desarrollo	La cara interna de la pierna y la cadera son ligeramente abultadas
O Menos buena	Pierna: Con desarrollo medio Lomo: De grosor medio Paletilla: Con desarrollo medio, casi plana	La cadera es rectilínea
P Mediocre	Pierna: Con poco desarrollo Lomo: estrecho, apreciándose huesos Paletilla: Plana, apreciándose huesos	

2.2.1. Factores de variación intrínsecos de la conformación

2.2.1.1. Genotipo

Resulta obvio que animales de aptitud cárnica presenten una mejor conformación que animales de aptitud lechera, ya que éste es el objetivo principal de su producción. En ganado caprino, Borghese y col. (1990) observaron diferencias en la conformación de canales de cabritos de razas Saanen y Camosciata de los Alpes sacrificados al mismo peso. Similares resultados fueron relatados por Cosentino y col. (1997) en raza Alpina.

Así en ganado ovino, Alcalde y col. (1999) observaron que las canales procedentes de animales de raza Lacaune fueron menos compactas, tanto en canal como en pierna, que las de corderos de raza Merino Español.



2.2.1.2. Sexo

Las hembras son más precoces que los machos, lo que hace que contengan proporcionalmente menor hueso y músculo que en definitiva se traduce en una conformación diferente (Colomer-Rocher y col., 1992).

Comparando canales a similar peso al sacrificio, Colomer-Rocher y col. (1992) observaron que las canales de las hembras eran más largas tanto en su pierna como en su longitud total, disminuyendo las diferencias conforme se incrementa el peso. Canales más compactas han sido observadas por Gutiérrez y col. (1995) en machos de raza Florida Sevillana en comparación con hembras de igual edad. Por el contrario, Alía (1989) no observó diferencias entre machos y hembras para los cocientes G/F y L/PCF.

2.2.1.3. Peso canal

El peso de la canal, con independencia del genotipo, presenta un efecto significativo sobre la conformación de la canal y particularmente sobre el índice de compacidad de la canal y de la pierna. En ganado caprino, conforme las canales se hacen más pesadas, las medidas de anchura crecen más rápidamente que las de longitud, mejorándose así la conformación de las canales (Fehr y col. ,1976; Falagan, 1986; Borghese y col., 1990). Esta situación, también ha sido puesta en evidencia por Alcalde y col. (1999) en ganado ovino, los cuales manifiestan haber comprobado que las canales más pesadas tienen un mayor índice de compacidad de la canal.



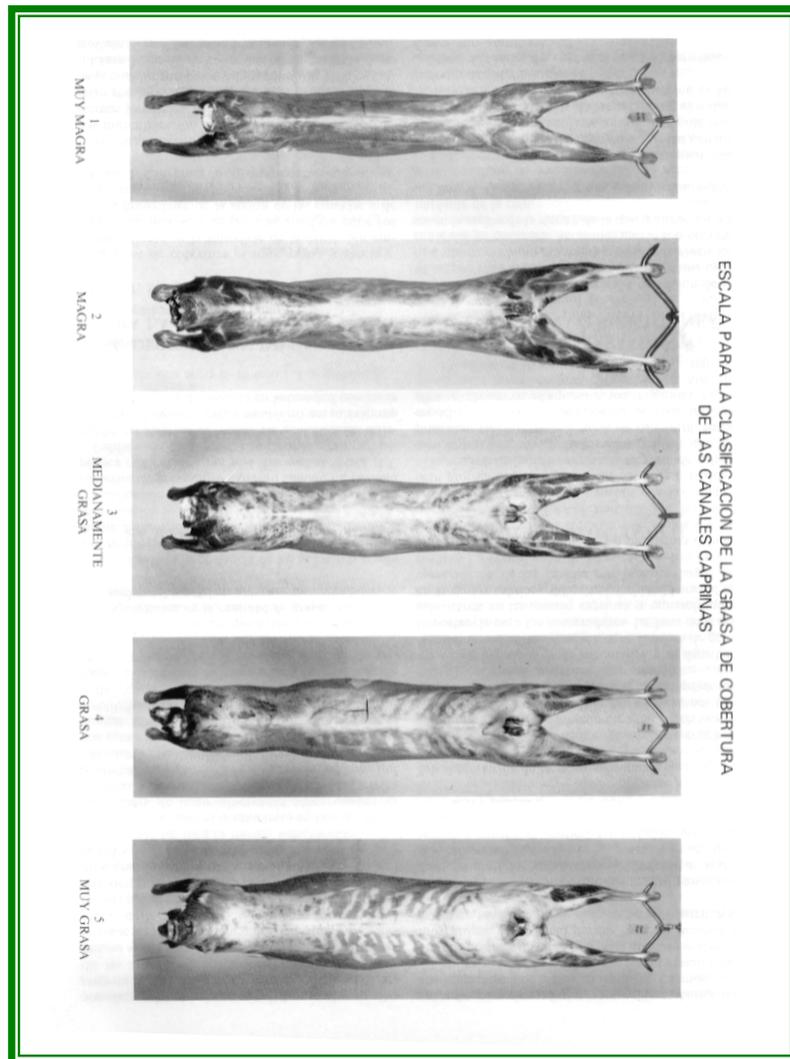


Figura 2. Patrón de clasificación de canales en función de su cobertura grasa según Colomer-Rocher y col. (1987).

2.2.2. Factores de variación extrínsecos de la conformación

2.2.2.1. Método de crianza

Borghese y col. (1990) estudiaron sobre 40 cabritos de razas Saanen y Camosciata, como afectaba a la conformación de las canales dos tipos diferentes de alojamientos, jaulas y aprisco, observando que la apreciación general de la canal fue ligeramente mejor en los animales criados en jaula.



2.2.2.2. Alimentación

La lactancia artificial puede afectar a la conformación de las canales de cabritos como así ha sido observado por Falagan (1986) en cabritos de raza Murciano-Granadina y por Gutiérrez y col. (1995) en cabritos de raza Florida Sevillana. Para este último caso, y en comparación con los animales criados con lactancia artificial, los criados con sus madres presentaron canales más redondeadas y mejor conformadas.

2.3. Composición anatómica o regional de la canal

La composición regional tiene como fundamento el despiece de la canal. Para Sáez y Sañudo (1978) es un “arte” complejo que trata de adecuar unos máximos beneficios a unos determinados gustos del mercado, dividiendo la canal en diferentes trozos a los que se les adscriben distintas categorías muy representativas y diferenciadoras dentro de cada tipo comercial. En el mismo sentido, Sierra (1977) dijo que el despiece se realiza en función de características organolépticas (color, sabor, dureza, etc.), ordenando las piezas por categorías de distinto valor y permitiendo así una mejor comercialización al carnicero. Así, el mejor despiece debe ser aquel que permita un mayor aprovechamiento de la canal para su utilización comercial y culinaria y que satisfaga a la vez a carnicero y consumidor, por lo que no siempre tendrá que ser el más racional en cuanto a los puntos anatómicos.

Existen variaciones notables en los métodos de corte y despiece de la canal, fundamentalmente debidas a tendencias y gustos locales (Flamant y Bocard, 1966) lo que conlleva grandes dificultades para comparar los resultados obtenidos por autores en distintas regiones del mundo.



No hay que olvidar que existe una relación entre el despiece y el peso de la canal. En el caso del Archipiélago Canario, donde los cabritos se han sacrificado tradicionalmente a un bajo peso vivo (5-6 kg), la unidad de comercialización ha sido la canal o bien la media canal, no existiendo costumbre de despiezarla. Esta inexistencia de motivación por el despiece viene dada por el escaso peso de la canal, ya que, caso de realizarlo, las piezas resultantes serían de un escaso peso y por tanto difícilmente comercializables.

Desde un punto de vista estrictamente científico, son encomiables los esfuerzos de Colomer-Rocher, Morand-Fehr y Kirton (1987) al

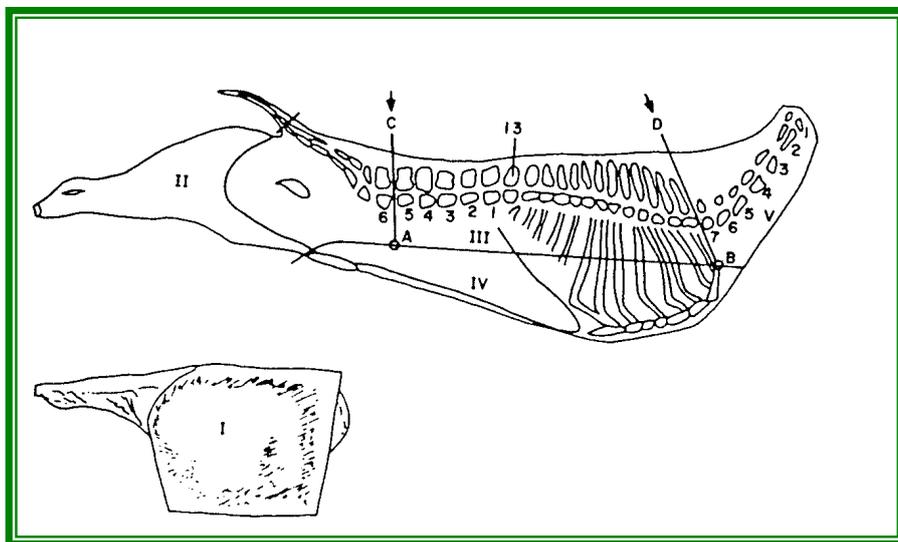


Figura 3. Despiece normalizado según Colomer-Rocher, Morand-Fehr y Kirton (1987).

proponer un método normalizado de referencia para el despiece de canales caprinas con el fin de describirlas de una manera sencilla, pero que permita, al normalizar los protocolos, una comparación adecuada entre tipos genéticos o regímenes alimenticios distintos (Figura 3).





En la Tabla 4, se puede observar la composición regional de diversas razas caprinas, todas despiezadas según el método propuesto por Colomer-Rocher, Morand-Fehr y Kirton (1987).

2.3.1. Factores de variación intrínsecos de la composición regional

2.3.1.1. Genotipo

Comparando cabritos de razas de origen diferente, como son la Camosciata de los Alpes y la Saanen, y sacrificados a igual peso, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la composición regional porcentual de la canal (Borghese y col., 1990). Cosentino y col. (1997) no encontraron diferencias en la composición regional porcentual entre cabritos alpinos y cruce de Alpina por Argentata, sacrificados a los 60 días, y en igual sentido se han manifestado Fehr y col (1976) quienes trabajaron con cabritos Alpinos y Saanen.

2.3.1.2. Sexo

Los coeficientes de alometría de cada una de las piezas de la canal en ganado caprino han sido estudiados por Colomer-Rocher y col. (1992), los cuales observaron que la pierna y la espalda, presentaron alometrías negativas tanto en machos como en hembras. Por el contrario, el costillar y los bajos mostraron alometrías positivas y superiores en las hembras, lo que es debido a que estas piezas son de clara acumulación grasa, tejido de deposición tardía y más precoz en las hembras. El cuello presentó una alometría cercana a 1 en las hembras mientras que fue de 1.17 en los machos. Este comportamiento es derivado de las características sexuales secundarias de los rumiantes, donde el desarrollo del cuello es muy importante en los machos. Por el contrario, cuando la edad de los animales es escasa, López (1990) no encontró diferencias en la composición regional de cabritos de la ACC.



2.3.1.3. Edad al sacrificio

En función de las distintas velocidades de crecimiento de las diferentes regiones anatómicas, Sanz y col. (1995b) observaron un mayor desarrollo del costillar al aumentar la edad al sacrificio desde los 15 días hasta el mes de edad. Morand-Fehr y col. (1986) no encontraron diferencias en cabritos de raza Saanen y Alpina sacrificados a 15 y 22 kg, en el porcentaje de la espalda y la pierna sobre el peso de la canal, pero sí observaron esas diferencias en el resto de las piezas. Falagan (1986) observó que al elevar el Peso Vivo Sacrificio de 6 a 12 kg, las piezas extra aumentan en proporción a costa de las de primera, mientras que las piezas de segunda categoría sufren un pequeño descenso. Similares resultados han sido obtenidos por López (1990) en cabritos de la ACC, donde el coeficiente de alometría de las piezas extra es de 1.022.

2.3.2. Factores de variación extrínsecos de la composición regional

2.3.2.1. Alimentación

Como se puede observar en la Tabla 4, Argüello y col. (1997a,b,c) trabajando con cabritos de la ACC sometidos a distintos regímenes alimenticios, observaron que las piezas que más oscilan en su proporción son las de categoría extra y primera, permaneciendo muy constantes el cuello y los bajos.

2.3.2.2. Método de crianza

La cría en condiciones de alta densidad de animales por m² parece tener un ligero efecto sobre la composición regional de las canales de cabritos. Aquellos animales criados en condiciones de aprisco presentan un mayor desarrollo del cuello (12.47% *vs* 11.60%) y una espalda menos desarrollada (20.26 *vs* 20.88) que aquellos que son criados en jaulas (Borghese y col., 1990).



2.4. Composición Tisular

La composición tisular de la canal, debido a su gran variabilidad y a su influencia sobre el valor carnicero del animal, se convierte en un factor de gran transcendencia en la calidad comercial de la misma (Boccard y Dumont, 1976; Forrest y col., 1979; Kempster y col., 1982).

Los tejidos que se identifican a la hora de realizar una aproximación a la composición tisular de la canal, son el adiposo, el muscular y el óseo.

En las especies ovina y caprina, donde la unidad de consumo es un trozo de canal, la composición tisular merece una atención especial (Sañudo y Sierra, 1986). Así la calidad tisular de un trozo de la canal, sería la relación que existe entre su composición tisular y la de la canal a la que pertenece (Sañudo, 1980).

2.4.1. Métodos de determinación

Desde los primeros trabajos de la escuela de Hammond, donde ya se utilizaba sistemáticamente la disección completa de la canal para estudiar los factores de variación de la composición tisular, esta técnica ha sido abundantemente empleada por muchos experimentadores en las diferentes especies. No obstante, existe una limitación fundamental en su uso, en el sentido de que la disección completa resulta costosa y requiere un trabajo de gran minuciosidad y mucho tiempo, con lo que en determinadas ocasiones es necesario recurrir a métodos indirectos más simples para predecir la composición de la canal. A veces, el disecar media canal parece una solución adecuada, ya que el aumento de la precisión que se consigue al trabajar con la canal completa es demasiado pequeño comparado con el coste virtualmente doble que ello supone.

La estimación de la composición tisular a través de la disección de alguna de sus partes, se ha utilizado en ganado ovino con óptimos resultados (El Karim y col., 1988; Cameron, 1992). La espalda, en el ganado caprino, puede ser fácilmente separada de la canal sin depreciarla grandemente (Argüello y col., 2000) asegurando unos



buenos niveles de precisión en la estimación de la composición tisular de la misma. Con anterioridad, Kempster y Jones (1986) ya habían afirmado que el cuello y la espalda ofrecen un alto nivel de precisión a la hora de predecir la composición tisular de la canal en corderos.

En ganado caprino, pocos trabajos han sido realizados con el objeto de intentar predecir la composición tisular de la canal a través de la disección de alguna de sus piezas (El Shalat, 1993; Teixeira y col., 1995; Argüello y col., 2000).

Dentro de los múltiples métodos para la determinación de la composición tisular de la canal en ganado caprino, se ha de destacar los trabajos de El Shalat (1993), el cual obtuvo ecuaciones de regresión para el músculo y la grasa de cada pieza, definidas según Colomer, Fehr y Kirton (1987), a partir de su gravedad específica.

Aumont y col. (1994) encontraron que la condición corporal, medida en la región esternal, es un buen predictor de la cantidad total de grasa en la canal.

El uso de los ultrasonidos para la predicción de la composición tisular de las canales caprinas ha sido ampliamente estudiado por Delfa y col. (1995 a, b, c; 1996 a, b; 1997 a, b; 1998 y 1999) y Stanford y col. (1995), quienes midiendo el espesor del músculo *Longissimus dorsi* y el de la grasa subcutánea a nivel de la doceava vértebra torácica han observado muy buenas correlaciones con la calidad de la canal.

De entre los métodos desarrollados en los últimos años, destaca el de la dilución de la urea, el cual está basado en la constante relación de agua presente en los tejidos corporales del cuerpo sin grasa de los animales (Swartz y col., 1991; Velazco y col., 1997).

2.4.2. Relación músculo/hueso

Uno de los grandes problemas en la cuantificación de la producción de los animales de abasto ha sido encontrar medidas representativas de la misma en el animal vivo o en su canal. Desde el punto de vista del consumidor, la canal más deseable es aquella que



contiene la suficiente cantidad de hueso para darle forma, suficiente grasa para aportar palatabilidad y jugosidad y la mayor proporción de músculo. Por tanto, la relación entre el peso del tejido muscular y óseo es un carácter de la mayor importancia económica (Anous, 1992), que incluso podría ser de utilidad a la hora de incluirlo como objetivo de selección (Hankins y col., 1943; Berg y Butterfield, 1976; Kempster, 1978). Sanz y col. (1995a) en referencia a la relación músculo/hueso, comentaron que las variaciones en la misma son indicativas de la evolución que experimenta la cantidad de carne de la canal, aumentando con la edad debido al diferente desarrollo que presentan las dos clases de tejidos. Para cabritos de raza Maltesa, sacrificados con 45 días y alimentados con lactorreemplazante, Lanza y Lanza (1978) encontraron valores de 2.54 a 2.68 para la relación músculo/hueso.

La edad al sacrificio es un factor que presenta una gran influencia en la relación músculo-hueso. Sanz y col (1995a) encontraron diferencias estadísticamente significativas en cabritos de raza Murciano-Granadina sacrificados a los 15 y 30 días de edad. Por el contrario, Morand-Fehr y col. (1986) no observaron diferencias trabajando con cabritos Alpinos y Saanen sacrificados a los 15 y 22 kg aproximadamente.

2.4.3. Factores de variación intrínsecos de la composición tisular

2.4.3.1. Genotipo

La mayor o menor precocidad de una raza frente a otra determinará que a igual peso vivo la composición tisular de las canales sea diferente (Fehr y col., 1976; McGregor, 1985). Así, Borghese y col. (1990) observaron diferencias en los porcentajes de músculo (60.51 *vs* 59.2%) y grasa (7.57 *vs* 8.36%) entre cabritos Saanen y Camosciata sacrificados a similar edad. Por el contrario, Anous y Shahin (1993) no encontraron diferencias en la composición tisular de la pierna en cabritos de raza Alpina y Saanen sacrificados a similar peso.

Según se desprende del párrafo anterior, las diferencias generadas por el genotipo se basarían en un diferente grado de desarrollo a una edad definida, ya que si los sacrificios eran realizados a



similares pesos, las variaciones interraciales no fueron apreciables, si bien es verdad que el origen de la raza Saanen y de la Alpina es muy similar.

No se debe olvidar que el bajo contenido de tejido adiposo en las canales de los cabritos esta muy relacionado con la especialización lechera de las razas, sobre todo en Europa, en las cuales existe una tendencia hacia la deposición de grasa visceral a expensas de la grasa infiltrada en la canal (Chilliard y col, 1981).

2.4.3.2. Sexo*

Como sucede en otros rumiantes, la castración mejoró el engrasamiento y la conformación de las canales de cabritos (Louca y col., 1977; Morand-Fehr y col., 1986). El tejido graso incrementó en la canal a costa de un decrecimiento del tejido muscular, siendo el tejido graso subcutáneo uno de los que más incrementó su proporción, mejorando las posibilidades de conservación de las canales (Morand-Fehr y col., 1986).

Para McGregor (1985) los machos enteros fueron siempre más magros que los castrados y éstos a su vez que las hembras. El sexo en el ganado caprino ha presentado un efecto marcado sobre la alometría de los distintos componentes de la canal, como así ha sido demostrado por Colomer Rocher y col. (1992). De igual manera en ganado ovino, las hembras presentan siempre un coeficiente de alometría superior en todos los depósitos grasos del cuerpo, lo que ha sido corroborado por los hallazgos de Fourie y col. (1970).

El músculo en el ganado caprino presentó un desarrollo isométrico en el caso de los machos (Morand-Fehr, 1981; Colomer-Rocher y col., 1992) mientras que en el de las hembras fue siempre menor de 1. En el caso del tejido óseo, conforme avanza la edad de los animales y se incrementa su Peso Vivo Sacrificio, el porcentaje de hueso

* Aunque la castración es un factor claramente extrínseco, nos hemos permitido incluirlo en el apartado del sexo para su mejor abordaje y debido a la gran similitud e interrelación que presentan estos dos conceptos.



va disminuyendo tanto en hembras como en machos (Owen, 1975; Fehr y col., 1976; Colomer-Rocher y col., 1992).

En contra de lo anteriormente expresado, la castración de los machos parece no afectar a la composición tisular de la pierna, como así se desprende de lo señalado por Anous y Shahin (1993). Estos autores solamente encontraron diferencias en la edad que los animales invirtieron en alcanzar el mismo peso, ya que los animales castrados necesitaron un 20% más de tiempo.

2.4.3.3. Peso vivo sacrificio

El Peso Vivo Sacrificio guarda en ganado caprino una gran relación con la composición tisular de la canal, con especial énfasis en los porcentajes de músculo y de grasa presentes en la misma tal y como ha sido manifestado por diversos autores (Borghese y col., 1990; Gutiérrez y col., 1995; Delfa y col., 1998). Cuando se incrementó el peso sacrificio de los animales, el tejido muscular de la canal aumentó o permaneció estable, así como también incrementó el tejido graso. La relación entre el peso sacrificio y el tejido óseo no fue tan clara como en los otros tejidos. Ratificando lo anterior, Morand-Fehr y col (1986) observaron un incremento del porcentaje graso de la pierna en cabritos Saanen y Alpinos al pasar de ser sacrificados de los 15 a los 22 kg.

2.4.4. Factores de variación extrínsecos de la composición tisular

2.4.4.1. Método de crianza

Borghese y col. (1990) sólo observan pequeñas diferencias en el porcentaje de grasa intramuscular al criar cabritos en jaulas o bien en aprisco (3.79% *vs* 4.31%). La temperatura a la que se criaron los cabritos lactantes presentó un efecto significativo sobre el porcentaje de grasa de la canal, estando más engrasadas las canales procedentes de animales criados a mayores temperaturas (Sanz y col., 1995a).



2.4.4.2. Alimentación

Al-Jassim y col. (1991) engordaron cabritos (Raza del desierto de Irak) desde los 24 a los 35 kg con una dieta rica o pobre en proteína by-pass. Estos autores observaron un efecto de la dieta sobre la composición tisular de la canal, siendo ésta más grasa en los animales que recibieron la dieta alta en proteínas by-pass, lo que podría deberse a un exceso en aminoácidos que se derivan a la creación de reservas grasas.

Para Sanz y col. (1995b), quienes usando técnicas de análisis factorial, observaron que el nivel de ingesta de energía metabolizable presentó una alta influencia sobre la deposición grasa a nivel tisular, mientras que la cobertura grasa de las canales estuvo muy relacionada con el peso de la canal y la ganancia media diaria, si bien también observaron que en las primeras etapas de la vida de los cabritos (30-35 días) dependía más del peso del animal que del nivel de ingesta de alimento.

Para el caso de la lactancia artificial, parece que a misma cantidad de materia seca ingerida y a mismo peso canal, las canales de animales alimentados con lactorreemplazantes presentaron mayores porcentajes de tejido muscular y menores de grasa que los animales alimentados con leche de cabra (Morand-Fehr y col., 1986; Sanz y col., 1987; Theodoro y Sousa, 1987), lo que los autores achacan a un menor contenido en grasa de los lactorreemplazantes así como menor aporte de energía neta y menor digestibilidad. Los distintos contenidos en grasa de los lactorreemplazantes afectaron claramente a la cantidad de grasa presente en la canal de los cabritos, como así demostraron Morand-Fehr y col. (1986) y Bas y col. (1986).

Para un mismo peso al sacrificio en terneros (113 kg), Bouchard y col. (1980) encontraron un mayor porcentaje de tejido muscular en aquellos animales con alimentación exclusivamente láctea, a la par de presentar una mayor área del *Longissimus dorsi* en la doceava costilla.



3. Material y métodos

La presente experiencia se realizó en las instalaciones de la Granja de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, sita en Montaña Cardones, en el norte de la isla de Gran Canaria (España), a una altura sobre el nivel del mar de 100 m.

3.1. Material animal

Para la realización de la presente experiencia se han utilizado 40 cabritos machos enteros pertenecientes a la variedad Majorera de la Agrupación Caprina Canaria (ACC).

Los cabritos fueron asignados, nada más nacer, a uno de los cuatro lotes previstos para la realización de la presente experiencia. El experimento, consistió en un diseño 2x2, donde se estudió el efecto del tipo de lactancia utilizado, natural o artificial, con sacrificios a 6 y 10 kg de PVS.

El régimen de alimentación y manejo de los animales es el mismo que el descrito en el Material y método del Capítulo II relativo al crecimiento de estos cabritos.

3.2. Metodología

3.2.1. Rendimiento Canal

Para el estudio del Rendimiento Canal se han valorado los siguientes parámetros:

Peso Vivo Sacrificio (PVS).- Medido justo antes del degüello del animal. El ayuno del animal fue de aproximadamente 12 horas.

Peso Vivo Verdadero (PVV).- Es el PVS menos el peso del contenido digestivo.



Peso Canal Caliente (PCC).- Peso de la canal una vez realizado el faenado.

Peso Canal Fría (PCF).- Peso de la canal tras 24 horas de oreo en cámara de refrigeración a 4°C.

Pérdidas por oreo.- Se trata de la diferencia entre el PCC y PCF expresada en porcentaje.

Rendimiento Canal.- Con los parámetros anteriormente determinados se calcularon el Rendimiento canal Comercial y Verdadero.

Tras el faenado, se obtuvieron los pesos de los componentes mayoritarios del quinto-cuarto, que se expresaron en valor absoluto y en valor porcentual sobre el PVS. Los componentes medidos fueron: sangre expelida tras el degüello, piel del cuerpo y cabeza del animal, autópodos seccionados a nivel de las articulaciones tarsometatarsianas y carpometacarpianas, tracto digestivo lleno (incluyendo preestómagos e intestinos), tracto digestivo vacío, contenido digestivo (medido como diferencia de los dos anteriores), hígado, vejiga urinaria (con su contenido), testículos y pene, bazo, riñón derecho (dado que el izquierdo permanecía en la canal del mencionado lado), cabeza separada a nivel de la articulación atlantooccipital, pulmón más tráquea, corazón (extraído sin pericardio) y timo.

3.2.2. Conformación

En referencia a la conformación fueron evaluadas, sobre la canal fría, las siguientes medidas (Figura 4):

Medida F.- Distancia más corta entre el perineo y la superficie articular tarso-metatarsiana. Medida con cinta métrica metálica (McMeekan, 1939).

Medida L.- Longitud de la canal desde el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana hasta la mitad del borde posterior de la primera costilla. Medida con cinta métrica metálica (Palsson, 1939).



Medida G.- Anchura de las nalgas. Distancia máxima a nivel de los trocánteres. Medida con compás de espesores (Palsson, 1939).

Medida Wr.- Anchura máxima de la canal a nivel de las costillas. Medida con compás de espesores (Barton y col., 1949).

Medida B.- Perímetro máximo de las nalgas pasando la cinta métrica por debajo del nacimiento de la cola. Medida con cinta métrica flexible (Robinson y col., 1956).

Medida Th.- Profundidad máxima de la canal a nivel de la 6^a costilla. Medida con compás de espesores (Palsson, 1939).

Utilizando estas medidas, se construyeron una serie de índices:

Índice de compacidad de la canal, definido como el peso de la canal fría dividido por la longitud de la canal (Thwaites y col., 1964).

Índice de compacidad de la pierna, definido como la anchura de la grupa dividida por la longitud de la pierna (G/F).

Índice de compacidad de la pierna, definido como el perímetro de la grupa dividido por la longitud de la pierna (B/F).



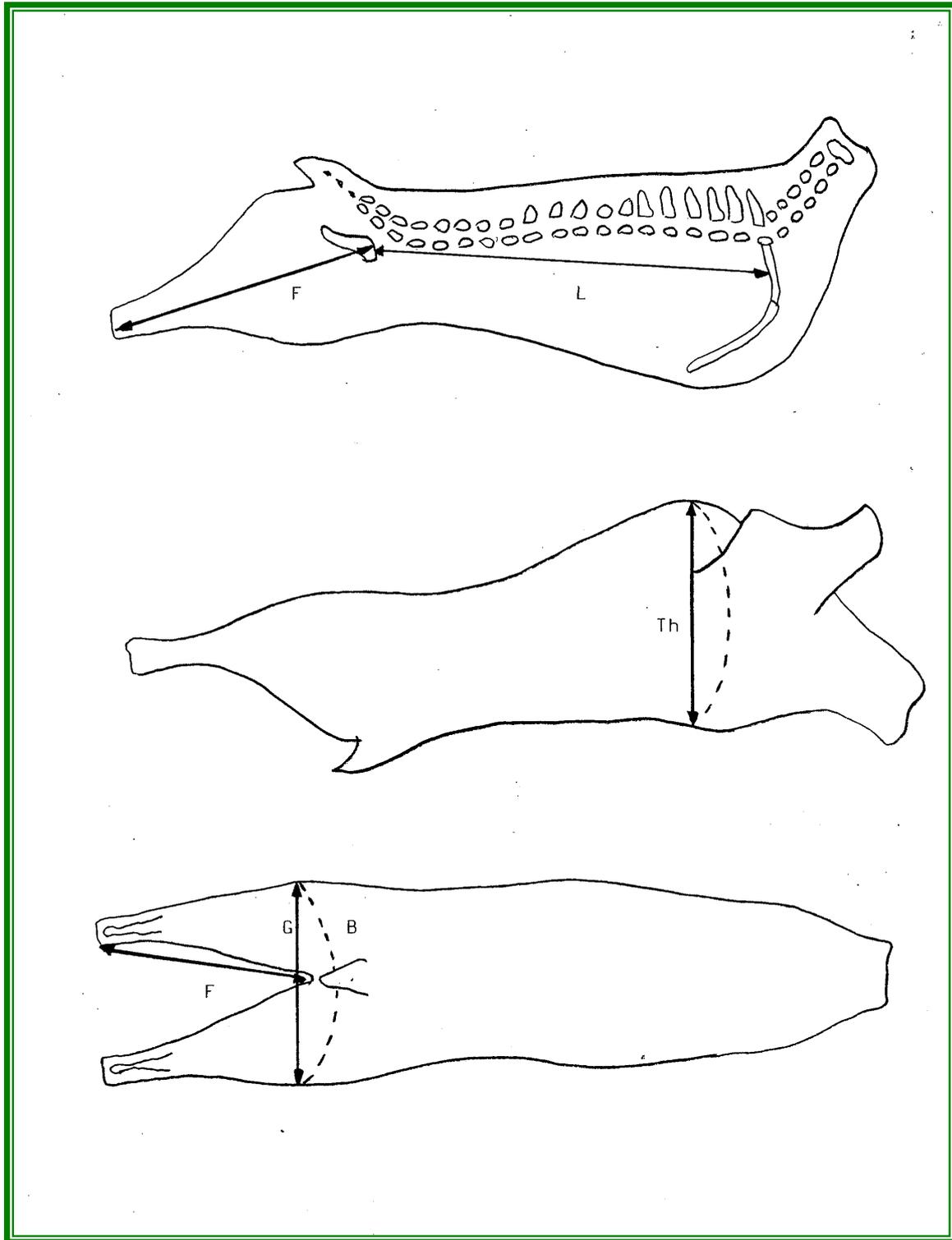


Figura 4. Principales medidas de conformación estudiadas.



3.2.3. Composición Regional

Tras realizar las medidas de conformación de la canal, se procedió al despiece de la canal para determinar su composición regional. Apartando la cola hacia el lado izquierdo del animal, la canal fue dividida en dos medias canales, tan simétricas como fue posible, mediante corte sagital de la columna vertebral. Sobre la media canal izquierda fue realizado el despiece normalizado para ganado caprino, que fue diseñado por Colomer-Rocher y col. (1987). A continuación se exponen brevemente cuales son las principales directrices anatómicas que rigen dicho despiece.

Espalda

La espalda se separa de la media canal según el método normalizado utilizado en las canales ovinas definido por Bocard y Dumont (1955). La separación de la espalda está definida por cuatro líneas de corte que se muestran en la Figura 3. El límite posterior, línea (DE), es perpendicular a la línea del dorso y pasa por el punto C situado entre la quinta y sexta costilla. El punto E se sitúa entre la quinta y sexta articulación costocostal. La línea EP, paralela al dorso, termina en la punta del pecho (punto P). El límite superior (Línea DV) corresponde al dorso, respetando el cartílago de prolongación de la escápula. Finalmente, el límite anterior o craneal (VU) comienza en el punto V a nivel del borde anterior de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra cervical y pasa por el punto U a nivel del borde posterior del cuerpo de la cuarta vértebra cervical.

Bajos

Los puntos anatómicos de referencia son los A y B (Figura 3). El punto A corresponde a la intersección de la parte dorsal del músculo *Rectus abdominalis* y el límite ventral de la porción carnosa del músculo *Obliquus internus*, en el plano de la articulación de la quinta y sexta vértebra lumbar. El punto B corresponde a la extremidad craneal del esternón (manubrio). El corte debe ser realizado paralelamente a la columna vertebral, empezando en el ligamento inguinal.



Pierna

Los puntos anatómicos de referencia son los C y A (Figura 3). El punto C corresponde a la articulación entre la quinta y sexta vértebra lumbar. El corte C-A debe realizarse perpendicularmente al plano sagital de la canal. En las cabras el número de vértebras lumbares es de seis (Figura 5).



Figura 5. Detalle de la pierna.

Cuello

Los puntos anatómicos de referencia son D y B (Figura 3), siendo D el que corresponde a la articulación entre la última vértebra cervical y la primera vértebra torácica. El corte D-B debe realizarse siguiendo el borde craneal de la primera costilla.

Costillar

La separación de las cuatro piezas descritas, permite obtener esta quinta pieza anatómica. Los puntos anatómicos de referencia son en consecuencia A, B, C y D (Figura 3).



A partir del despiece se determinó el peso de cada pieza así como el porcentaje de dicho peso sobre el peso de la semicanal.

Tabla 5. Categorización de las piezas de la canal. Tomada de Colomer-Rocher y col. (1987).

Pieza	Categoría	Sugerencia de cocinado
Espalda	Primera	Asar al horno
Pierna	Extra	Asar al horno
Costillar	Extra	Asar al horno
Bajos	Segunda	Estofada
Cuello	Segunda	Estofada

Como se puede observar en la Tabla 5, las piezas obtenidas tras el despiece se pueden categorizar en Extra (pierna y costillar), Primera (espalda) y Segunda (cuello y bajos). La importancia absoluta en peso y la relativa en porcentaje de cada categoría se calcularon de igual manera que con las piezas.

3.2.4. Composición Tisular

La disección de cada una de las partes se realizó siguiendo el método descrito por Colomer-Rocher y col. (1987), la cual se realiza tras extraer de la semicanal izquierda la cola, el timo, el riñón y los testículos. En este caso particular, se modificó ligeramente el método, dado que nuestra canal no mantiene ni timo ni testículos. Una peculiaridad más de nuestra modificación, consistió en la eliminación previa de la grasa perirrenal y pélvica con el objetivo de ser usada como indicador graso de la canal.

Tras ser pesada cada pieza fue separada, con ayuda de un bisturí y pinzas, en grasa subcutánea (externa), grasa intermuscular, músculo, hueso y despojos o desechos. Los desechos comprendieron vasos sanguíneos de gran calibre, ligamentos, tendones y la fina capa de tejido conectivo asociada a la musculatura de la pared abdominal. Según Colomer-Rocher y col. (1987) si las pérdidas en la disección son menores al 2%, éstas podrían despreciarse, de tal manera que la suma de los porcentajes de los tejidos disecados fuera 100. En este caso se ha decidido incluir este porcentaje de pérdidas en el despiece como una parte más de cada pieza, así como pensamos que no merece la pena



corregir la canal en cabritos de tan pequeño tamaño donde la cola, riñón y grasa perirrenal y pélvica nunca suponen más de un 4% del peso de la semicanal.

En la disección de la semicanal izquierda se obtuvieron y calcularon los siguientes parámetros:

- Rabo, peso y porcentaje sobre el peso de la semicanal.
- Riñón, peso y porcentaje sobre el peso de la semicanal.
- Grasa perirrenal y pélvica, peso y porcentaje sobre peso semicanal.

Asimismo, sobre cada pieza se obtuvieron y calcularon los siguientes parámetros:

- Grasa externa o subcutánea, peso, porcentaje sobre el peso de la pieza y porcentaje sobre el peso de la grasa externa de la semicanal.
- Grasa interna o intermuscular, peso, porcentaje sobre el peso de la pieza y porcentaje sobre el peso de la grasa interna de la semicanal.
- Músculo, peso, porcentaje sobre el peso de la pieza y porcentaje sobre el peso del músculo de la semicanal.
- Hueso, peso, porcentaje sobre el peso de la pieza y porcentaje sobre el peso del hueso de la semicanal.
- Despojos o desperdicios, peso, porcentaje sobre el peso de la pieza y porcentaje sobre el peso de los despojos de la semicanal.

Como suma de los anteriores se calculó la composición tisular de la semicanal. Finalmente para la semicanal y para cada una de sus piezas se obtuvo el índice músculo–hueso (M/H) como el cociente de los mismos.

3.2.5. Tratamiento estadístico

Para el análisis de las variables de calidad de la canal y rendimiento canal se utilizó un modelo de análisis lineal de dos



factores, a fin de determinar la variación atribuible a los efectos del peso vivo al sacrificio (PVS) y del tipo de alimentación (TA), utilizando el peso al nacimiento como covariable:

$$\mathbf{Y}_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \beta\mathbf{X}_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde \mathbf{Y}_{ijk} es el valor individual del animal, μ es la media de la población, α_i es el efecto del peso vivo sacrificio i -ésimo, δ_j es el efecto del tipo de alimentación j -ésimo, $(\alpha\delta)_{ij}$ es la interacción entre ambos efectos, $\beta\mathbf{X}_{ijk}$ es la regresión de la variable de calidad sobre el peso al nacimiento del animal k -ésimo en el peso vivo sacrificio i -ésimo del tipo de alimentación j -ésimo y ε_{ijk} es el error asociado al registro ijk -ésimo.

El análisis de relación entre las variables de grasas perirrenal y pélvica frente a los parámetros de calidad de la canal calidad y entre los parámetros de composición tisular frente a los parámetros de rendimiento y conformación de la canal, se utilizó el grado de asociación lineal mediante el coeficiente de correlación de Pearson.



4. Resultados y discusión

4.1. Peso y Rendimiento Canal

Los cabritos utilizados en la presente experiencia presentaron un peso al nacimiento similar, no mostrando diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos experimentales (Tabla 6). Esta premisa es importante, ya que comenzar una experiencia con pesos al nacimiento similares es necesario para todo experimento sobre calidad de la canal que se quiera realizar, dado que como demostraron Fabelo y col. (1991) este parámetro tiene un efecto muy importante sobre el crecimiento de los animales bajo lactancia artificial, y por tanto en la calidad de la canal resultante.

El PVS de los animales mostró las diferencias que eran de esperar dado que el mismo ha sido seleccionado por nosotros a los 6 y 10 kg para ambos tipos de lactancia empleados. El primer dato que cabría resaltar es la inexistencia de efecto del tipo de lactancia sobre los parámetros de peso y rendimiento expuestos en la Tabla 6. Por el contrario, el peso al sacrificio sí que mostró un claro efecto significativo en todos los parámetros, con excepción de las pérdidas por oreo.

En referencia al PVV destaca que, con la realización de un test de Sheffe tras la corrección de los datos para las dos covariables introducidas en el modelo, el peso al nacimiento y la edad, se pudieron observar tres grupos homogéneos. Los cabritos sacrificados a los 6 kg de peso mostraron un PVV estadísticamente similar ya procedieran de lactancia natural como artificial (5892.19 *vs* 5829.44 respectivamente), mientras que los animales que fueron sacrificados a los 10 kg tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p < 0.05$), representando los animales criados con lactancia artificial el 94.8% del PVV alcanzado por los criados con sus madres. Este hecho es fácilmente explicable si observamos en la Tabla 7 la evolución que presentó el contenido digestivo. Así, los cabritos criados con lactancia artificial y sacrificados a los 10 kg de PVS tienen aproximadamente 15 días más que los de lactancia natural (44.70 *vs* 32.89 días para artificial y natural respectivamente), lo que les ha permitido un mayor desarrollo de sus preestómagos y, por tanto, una mayor capacidad para acumular contenido digestivo. Esta diferencia no se ha puesto de



manifiesto en los animales sacrificados a los 6 kg, dado que en éstos no ha comenzado el consumo de alimento sólido. Debe hacerse notar que el tracto digestivo vacío no experimentó efecto del tipo de lactancia o peso al sacrificio testados, lo que induce a pensar que quizá el tamaño de los preestómagos haya incrementado sin aumentar su peso. A la par de lo anteriormente mencionado, las características alimenticias de los animales criados con sus madres fueron diferentes a los alimentados con un lactorreemplazante, dado que estos últimos consumen mayor cantidad de alimento sólido por lo que el volumen de sus preestómagos se vio afectado.

En directa relación con lo que anteriormente se ha mencionado, se puede extender la discusión al Rendimiento Canal. El Rendimiento Canal Comercial (RCC) presentó un claro efecto del peso al sacrificio y no del tipo de lactancia empleado (Tabla 6). Debemos destacar el valor alcanzado por los animales de lactancia natural sacrificados a los 10 kg (49.68 %), ya que fue el único que presentó diferencias estadísticamente significativas con los otros tres tratamientos.

Similar evolución se apreció en el RCV, donde se establecieron tres categorías (Tabla 6). En primer lugar se encuentran los animales sacrificados a los 6 kg de los dos tipos de lactancia (50.43 y 50.58 natural y artificial respectivamente), luego los animales de lactancia artificial sacrificados a los 10 kg (52.90%) y finalmente con el rendimiento mayor (54.23%) los cabritos criados junto a sus madres y de PVS de 10 kg. Al calcular los Rendimiento Canal con la norma habitual en Canarias estos serían del 58.87 al 60.51% para el RCC y del 60.50 al 62.18 % para el RCV. Estas diferencias en cuanto a definición de canal y efecto que sobre el precio final deberían ser tenidas en cuenta.

Las escasas diferencias marcadas en los Rendimientos Canal a favor de los animales de lactancia natural y sacrificados a los 10 kg han podido ser motivadas por dos factores: a) el menor porcentaje que representa el tracto digestivo vacío sobre el PVS o sobre el PVV en dichos animales y b) el menor desarrollo de la cabeza. Estas dos causas están basadas en una menor edad de estos animales.





Los animales criados con lactancia natural presentaron valores de RCV similares a los observados para la misma raza por López (1990). Similares fueron también los resultados obtenidos por Sanz y col. (1987) en cabritos Murciano-Granadinos sacrificados a los 30 días y criados en lactancia natural 51.45 y 55.45% (RCC y RCV respectivamente). Los resultados obtenidos en la presente experiencia estuvieron también en concordancia con los expresados por Gutiérrez y col. (1995) en cabritos de raza Florida Sevillana, los cuales observaron una mejoría del 3% en el Rendimiento Canal. En cabritos de raza Alpina sacrificados a pesos de 4, 8.3 y 11.9 kg, Fehr y col (1976) observaron un RCC del 40, 48 y 49.58% respectivamente, resultados muy semejantes a los observados en la presente experiencia.

En el caso de los animales alimentados con lactorreemplazante, al estudiar otros trabajos con la misma Agrupación racial, similar peso sacrificio y tipo de alimentación (Argüello y col., 1998), el RCV fue similar, 52.90 *vs* 51.2, si bien los animales en la presente experiencia presentaron una menor edad. Diferencias parecidas entre lactancia natural y artificial son relatadas, siendo el Rendimiento Canal Verdadero netamente inferior al aportado para animales de la ACC criados bajo lactancia natural y de similar PVS (López, 1990), 51% *vs* 56% (lactancia artificial y natural respectivamente). En el caso de Argüello y col. (1998), el PVV de ambos grupos de animales fue similar, encontrándose la base de la diferencia de los Rendimiento Canal estudiados, en el porcentaje que sobre el PVS ocupó el tracto digestivo vacío, 9 % en lactancia natural y 15 % en lactancia artificial. Esto se puede explicar dado que los animales de lactancia artificial han podido desarrollar más los preestómagos al tardar más tiempo en alcanzar el mismo PVV, de lo que se desprende que, con el incremento de la edad por encima de los 50 días, es el desarrollo de los preestómagos en peso el que marca las diferencias en Rendimiento Canal entre tipos de lactancia, mientras que, por debajo de los 50 días de vida, son componentes como el contenido digestivo y la cabeza los que hacen que el Rendimiento Canal de los animales de lactancia natural sea menor.

Al igual que en el presente trabajo, Gutiérrez y col. (1995) observaron un mejor Rendimiento Canal en animales criados con sus madres que en aquellos que se alimentaron con un lactorreemplazante. Sin embargo Sanz y col. (1985) no encontraron diferencias en cabritos



de raza Murciano-Granadina alimentados con leche de cabra o bien con lactorreemplazante y sacrificados a los 15 y 30 días.

Las pérdidas por oreo que presentan los animales fueron próximas a los 3.5 puntos porcentuales, sin que se haya observado ningún efecto del tipo de lactancia empleado o bien del peso al que fueron sacrificados. En trabajos anteriores sobre la misma raza, López (1990) observó pérdidas que oscilaron alrededor del 2%, por otra parte típicas de canales de caprino con una escasa cobertura grasa. Similares resultados han sido señalados por Alía (1989) en cabritos de raza Negra Serrana sacrificados a 10 kg de PVS.

Finalmente y en referencia al Rendimiento Canal, se ha de destacar la inexistencia de interacción entre los dos factores estudiados (tipo de lactancia y peso al sacrificio).

4.2. Quinto cuarto (Figura 6)

El peso de los distintos órganos que forman el quinto-cuarto del animal se refleja en la Tabla 7, donde los resultados están expuestos tanto en valor absoluto (gramos) como en porcentaje sobre el PVS. En referencia al estudio pormenorizado de los efectos de las variables, destacamos en primer lugar la inexistencia de interacciones entre los mismos como ocurría en el caso anterior, dando idea de la independencia con que operaron estos dos factores.

El peso al sacrificio tuvo efecto sobre la mayoría de los componentes del quinto cuarto, dado que al incrementar el mismo, concomitantemente se incrementó el peso de las vísceras, aunque poseyeran una alometría ligeramente menor que uno. Sólo en tres variables (hígado, vejiga urinaria y cabeza) fue significativo el efecto del peso sobre los porcentajes de las mismas. En el caso del hígado, ya López (1990) observó una alometría menor de 1 (0.673), al igual que sucedió en esta ocasión. Para el caso de la vejiga urinaria, y debido a que su contenido puede perderse con facilidad, el sesgo que se arrastra tras su medición puede ser grande. La cabeza, con una alometría negativa en cabritos de 0.686 (López, 1990), 0.794 (Fehr y col., 1976), es otra pieza del quinto cuarto que presentó un efecto significativo del



peso al sacrificio, habiendo sido siempre menor el porcentaje cuanto mayor fue el PVS. Este último factor, como se comentó anteriormente, contribuyó de forma decisiva a la elevación del Rendimiento Canal con el incremento del PVS.



Figura 6. Componentes del quinto cuarto.

En referencia al efecto de la lactancia, éste fue estadísticamente significativo en el porcentaje que representan los autópodos y riñón sobre el PVS, así como en el peso y porcentaje del hígado, vejiga urinaria y cabeza. Los animales criados con lactancia artificial y sacrificados a similar peso, fueron cabritos ligeramente más huesudos (0.60%), aunque no se debe sacar ninguna conclusión dado que las diferencias, aunque estadísticamente significativas, eran muy escasas, destacando que con el incremento del PVS dichas diferencias se diluyeron. El hígado representó un menor porcentaje sobre el PVS en los animales sacrificados a los 6 kg procedentes de lactancia artificial. El motivo por el que estas diferencias se han establecido, pudiera tener su base en el metabolismo que cada tipo de sistema de alimentación induce en los animales. Así, mientras que en animales criados con sus madres el aporte de alimento se realizó en muchas tomas al día, en la lactancia artificial sólo accedieron al alimento en dos tomas diarias, lo que probablemente haya motivado mayores niveles de insulina en los cabritos de lactancia natural (Koppel y col., 1983), con el consecuente mayor depósito de glucógeno a nivel hepático. Al desaparecer esta



alimentación exclusivamente láctea, estas diferencias desaparecieron. Potchoiba y col. (1990) también observaron un menor peso del hígado en animales criados con dietas exclusivamente lácteas en contraposición con animales que sufren un destete clásico. Finalmente, el tipo de lactancia tuvo un efecto altamente significativo sobre el peso y porcentaje de la cabeza. Este peso o porcentaje, siempre fue superior en animales de lactancia artificial, dado que éstos son más jóvenes en términos de desarrollo. El hecho de que esta circunstancia no se haya dado en otros parámetros del estudio quizá haya sido motivado por su escasa variación.





4.2. Conformación

Las principales medidas e índices de la conformación de la canal se pueden observar en la Tabla 8. Lo primero que cabe destacar es el alto grado de interacción hallado entre los dos factores estudiados, el cual se puso de manifiesto en la longitud de la canal, de la pierna y en los tres índices calculados.

El tipo de lactancia empleado presentó un efecto estadísticamente significativo sobre las medidas de longitud de la canal y de la pierna, mientras que el peso al sacrificio tuvo un efecto sobre todas menos sobre la longitud de la pierna.

Dentro de cada tipo de lactancia los resultados fueron contrapuestos. Así, mientras en lactancia natural al elevarse el PVS, la longitud de la pierna decreció y la de la canal aumentó, en lactancia artificial las dos longitudes aumentaron. La pierna, al igual que la espalda, son piezas de crecimiento tardío, mientras que el lomo lo es de crecimiento temprano, lo que puede ayudar a explicar el porqué en animales tan jóvenes (22 y 33 días) la pierna pueda mantenerse en su longitud e incluso por efecto del muestreo reducir 1 cm la misma.

En ganado caprino, conforme las canales se hacen más pesadas, las medidas de anchura crecen más rápidamente que las de longitud, mejorándose así la conformación de las canales (Fehr y col., 1976; Falagan, 1986). De igual forma, Borghese y col. (1990) han observado similares resultados en razas Saanen y Camosciata de los Alpes.

El índice de compacidad de la pierna, sea cual sea la definición empleada, siguió una evolución similar, mejorando siempre que se elevó el PVS. Entre tipos de lactancia las principales diferencias se establecieron en los 6 kg de PVS, dado que a los 10 kg no fueron estadísticamente significativas.





Se podría pensar que una crianza en lactancia artificial, donde los animales disponen de menos espacio, podría influir en la conformación, pero como se ha visto, el tipo de lactancia ejerce poco efecto sobre la conformación. Por el contrario, Borghese y col. (1990) criando cabritos en lugares confinados (jaulas) o bien en aprisco sobre paja, observaron un ligero efecto sobre la conformación de las canales, si bien la crianza en jaula dista mucho de la realizada en la presente experiencia.

Tanto para cabritos de raza Murciano-Granadina (Falagan, 1986) como en animales de raza Florida Sevillana (Gutiérrez y col., 1995) los ejemplares criados con sus madres presentaron canales más redondeadas y mejor conformadas. En este caso, la lactancia empleada no ejerció efecto sobre los índices de compacidad, tanto de la canal como de la pierna, aunque sí está presente una interacción entre este efecto y el peso al sacrificio. Si bien las observaciones de los autores anteriormente mencionados son válidas para establecer comparaciones entre cabritos sacrificados a los 10 kg de PVS no lo son para animales sacrificados a pesos menores (6 kg) dado que los resultados obtenidos para los índices de compacidad de la pierna y de la canal mostraron (Tabla 8) mejores índices en los animales de lactancia artificial, posiblemente motivados por su mayor edad.

4.4. Composición regional

Los resultados referentes a la composición regional de los cabritos estudiados se pueden observar en la Tabla 9. En la misma destaca en primer lugar la inexistencia de interacciones entre el tipo de lactancia utilizado y el peso de sacrificio. Se puede apreciar que la pieza de mayor importancia porcentual y en peso de la canal fue la pierna, fuese cual fuese el tratamiento, oscilando del 32 al 34 % del peso de la semicanal. Le siguieron en importancia la espalda y el costillar con un 20 y 22 % respectivamente.





Fue el tipo de lactancia empleado el que ejerció menor efecto sobre la composición regional, circunscribiéndose éste al peso de la espalda y de la pierna. Si bien los animales de lactancia natural y sacrificados a los 10 kg presentaron un peso de la pierna y de la espalda superior ($p < 0.05$) a los criados con lactorreemplazante, no hubo tal efecto al transformar los pesos a porcentajes sobre el peso de la semicanal, lo que indicó que el tipo de lactancia no afectó a la distribución porcentual de las piezas. Quizá al ser la pierna y la espalda las piezas de mayor tamaño, y como se partió de pesos semicanal diferentes, motivados por un diferente rendimiento canal en los animales de 10 kg, esto pudo hacer que se mostrasen estas diferencias.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo están en sincronía con experiencias previas, realizadas con cabritos de la misma Agrupación racial bajo diferentes sistemas de alimentación o sacrificados a diferentes pesos (Tabla 10).

*Tabla 10. Referencias a la composición regional de cabritos de la ACC.
(valores expresados como % sobre peso semicanal)*

Espalda	Pierna	Cuello	Costillar	Bajos	Tipo animal	Referencia
20.44	29.44	11.59	25.96	10.02	PVS 10 kg	Argüello y col. (1997c)
					Media leche	
19.74	31.22	11.56	21.57	11.02	PVS 10 kg	Argüello y col. (1997b)
					Yogur	
20.85	30.66	9.85	25.48	12.80	PVS 9 kg	López (1990)
					Lactancia natural	

Al igual que en este caso, Cosentino y col. (1997) observaron diferencias en cuanto al peso de las piezas, pero no en su relación porcentual, para animales criados en lactancia artificial con un suplemento de aminoácidos frente a sólo lactorreemplazante. Algo diferente es lo aportado por, Sanz y col. (1985) los cuales observaron diferencias porcentuales entre animales criados con leche de cabra o bien con lactorreemplazante en las denominadas costillas de lomo, sí bien solo de un escaso 2% a favor de los animales criados con leche de cabra.

Wilson (1960) observó en cabritos Dwarf sacrificados a pesos similares un mayor peso de la pierna en aquellos alimentados con un alto plano energético de nutrición frente a uno bajo, motivado



probablemente por un mayor porcentaje de músculo. Bien es cierto que dicho efecto sólo lo observa en los animales sacrificados a 5.4 kg y no en los de sacrificio más tardío (10 kg).

Alía (1989), en cabritos de lactancia natural (restringida) sacrificados a los 10 kg, observó proporciones muy similares a las encontradas en el presente trabajo (Espalda 20.77 vs 22.2; Cuello 9.83 vs 9.6; Pierna 34.52 vs 30.5; Bajos 9.62 vs 11.8; Costillar 20.64 vs 22.8).

El peso al sacrificio mostró efecto sobre gran cantidad de variables en la composición regional (Tabla 9), pero sólo sobre dos porcentajes, precisamente sobre los de aquellas partes que son retiradas antes de despiezar la canal. La grasa perirrenal y pélvica aumentaron con el incremento del PVS con independencia del tipo de lactancia que se tratase, por lo que se podría considerar como un buen indicador del estado de engrasamiento de la canal, ya que como se ve en la Tabla 11, presentaban buenas correlaciones con las cantidades de grasa de las diferentes piezas y altamente significativas con la cantidad de grasa total de la canal. Además, las correlaciones que presentaban la cantidad de grasa perirrenal y pélvica con el Rendimiento Canal y con los índices de conformación de la canal y de la pierna le señalan como un excelente indicativo de la calidad general de la canal.

Tabla 11. Coeficientes de correlación y nivel de significación entre el % de grasa perirrenal y pélvica y algunos parámetros de interés.

	Coefficiente de Pearson	Nivel de significación
% grasa total de la espalda	0.415	0.011
Grasa total del cuello	0.380	0.020
Grasa total de la pierna	0.406	0.013
Grasa total de los bajos	0.594	0.001
Grasa total del costillar	0.636	0.001
Grasa total de la canal	0.768	0.001
Rendimiento canal verdadero	0.423	0.009
Índice de compacidad de la canal	0.480	0.003
Índice de compacidad de la pierna (B/F)	0.448	0.005

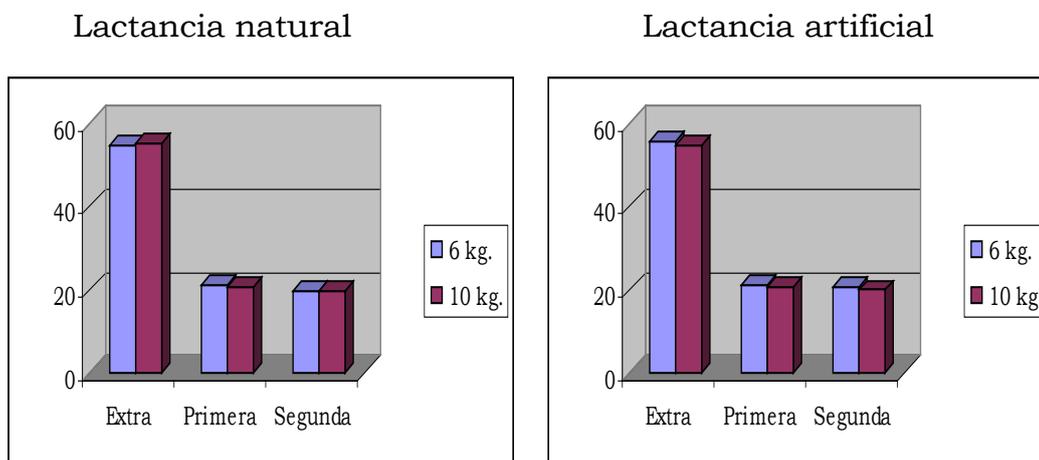
En referencia al peso y porcentaje del riñón izquierdo sobre el peso de la semicanal, ya López (1990) señaló una alometría de 0.764 para el peso de los riñones al pasar de 4 a 12 kg de PVS.



En cuanto a las cinco piezas de la disección, el peso al sacrificio siempre presentó un efecto estadísticamente significativo sobre el peso de las mismas, siendo obviamente superior en los animales sacrificados a los 10 kg. Estas diferencias siempre fueron transmitidas a las diferentes categorías dado que éstas no son más que la suma de las anteriores.

En trabajos donde se trató con profundidad el efecto del peso vivo sacrificio sobre la composición regional del animal, como pueden ser los de Colomer-Rocher y col. (1992), donde señalaron que en el caso de los machos, el porcentaje de la pierna y espalda descendió y el de costillar, bajos y cuello aumentó lo que concuerda con lo expresado por Wilson (1958), Ladipo (1973) y Butler-Hogg y Mowlen (1985). En esta experiencia, no se ha detectado este efecto probablemente porque la diferencia en peso no fue muy amplia, lo que indica que no se perdió calidad regional al pasar de 6 a 10 kg o bien al criar a los animales con un lactorreemplazante.

Gráfica 2. Evolución de la composición regional por piezas categorizadas, en lactancia natural y artificial respectivamente.



4.5. Composición Tisular

La composición tisular resultante se puede observar en la Tabla 12. En primer lugar, se ha de destacar el efecto particular que ejerció el tipo de lactancia empleado sobre los parámetros de grasa, tanto en valor absoluto como en porcentaje. Un menor efecto sobre el peso del músculo ha de ser mencionado también, pero en este caso no era lo suficientemente acentuado como para afectar a su porcentaje en la canal.

La distribución de la grasa fue similar en todos los tratamientos existiendo siempre un mayor porcentaje en los animales procedentes de lactancia natural. La grasa total en los animales de lactancia artificial sólo alcanzó el 85.42% de la que presentaron los criados con lactancia natural a los 6 kg de PVS, reduciéndose al 77.73% en los sacrificados a los 10 kg. Similares resultados han sido relatados por Theodoro y Sousa (1987) en cabritos de raza Serrana, por Sanz y col. (1987) en cabritos de raza Murciano-Granadina y por Morand-Fehr y col. (1986) en cabritos Alpinos. Estos autores han demostrado que existe una clara diferencia entre la cantidad de grasa ingerida mediante el consumo de lactorreemplazante y el de leche materna, lo que ha motivado la aparición de los valores observados.

Los resultados en cuanto a grasa total se refieren, fueron más bajos que los obtenidos por Gutiérrez y col. (1995) en cabritos de raza Florida Sevillana sacrificados a los 60 días (18.8%), pero estuvieron más cercanos a los relatados por Colomer-Rocher y col. (1992) en cabritos Saanen de 5 kg de canal (10%). En trabajos preliminares donde se ensayaron distintos tipos de lactancia en cabritos machos de la ACC de similar peso sacrificio, los resultados fueron los siguientes: en lactancia artificial con aporte de yogur (la de más bajo aporte de grasa en la dieta) un 6.22%, en la lactancia a media leche un 10.86% y en lactancia artificial *ad libitum* un 12.20 % (Argüello y col., 1997 a,b,c). De esto se puede desprender que el menor porcentaje de grasa de los animales de la presente experiencia pudiera ser causado por un escaso aporte de lactorreemplazante. La información previa nos indica que si se eleva el consumo de lactorreemplazante (opción de mayor facilidad de realización práctica que incrementar la proporción de grasa en el mismo) elevaríamos consecuentemente el porcentaje de grasa de la



canal. Claro está que con el incremento del consumo se elevaría posiblemente el índice de conversión, por lo que se debería tener muy en cuenta el balance económico y el coste del incremento de la proporción de grasa presente en la canal.

Los porcentajes de músculo y hueso no se vieron afectados significativamente por el tipo de lactancia empleado. Lo que sí se pudo observar es que el porcentaje de hueso permaneció estable al pasar de lactancia natural a artificial, al contrario de lo sucedido con el porcentaje de músculo, el cual presentó una ligera tendencia a favor de los animales criados en lactancia artificial y sacrificados a los 6 kg. Sanz y col. (1987) han relatado un efecto similar en cabritos Murciano-Granadinos con alimentación exclusivamente láctea, lo que concuerda con los resultados obtenidos en nuestros cabritos sacrificados a los 6 kg, por el contrario los animales sacrificados a los 10 kg ya no poseen una alimentación exclusivamente láctea, por lo que posiblemente las diferencias entre los dos grupos de animales se hayan diluido.

El efecto del peso al sacrificio, afectó a parámetros de peso y porcentaje tanto de grasa como de hueso y de músculo. Para el caso concreto de la grasa y tras la realización de un test a posteriori, se comprobó que las diferencias se establecían en los animales de lactancia natural. De hecho al calcular el porcentaje que representó el valor de grasa total a los 6 kg sobre el de los animales sacrificados a 10 kg se observó que fue del 76.62% y 84.20% en lactancia natural y artificial respectivamente. Los animales de lactancia natural fueron más jóvenes que los de lactancia artificial y es conocido que la grasa es un tejido de deposición tardía, pero el efecto de la edad no fue lo suficientemente fuerte como para imponerse a la escasez de grasa en la dieta, que fue lo que en definitiva marcó las diferencias observadas.

Al elevar el peso sacrificio, Falagan (1986) y Morand-Fehr y col. (1986), observaron al igual que en este caso un incremento del porcentaje de tejido graso, decantándose de igual manera Fehr y col. (1976) y Casey (1987), todos ellos trabajando con ganado caprino.





El porcentaje de tejido óseo tendió al descenso al pasar de un sacrificio de 6 a otro de 10 kg, con independencia del tipo de lactancia. Falagan (1986) observó una reducción del 25% a menos del 22% en tejido óseo al pasar de 6 a 12 kg de PVS. Este descenso se vería notablemente incrementado si el PVS se llevase aún más lejos, como así lo demostraron Treacher y col. (1987) entre 20 y 50 kg de PVS. Los porcentajes de hueso en las canales del presente estudio fueron ligeramente altos en comparación con otras razas lecheras como Alpina que presentaron un 24.4% a 8 kg de peso canal (Fehr y col., 1976) o Saanen con un 25.6 % a 5 kg de peso canal (Warmington y Kirton, 1990). Y como eran de esperar más acordes con los resultados de López (1990), en la misma Agrupación racial aunque a diferente PVS, o bien con trabajos preliminares realizados por Argüello y col. (1997 a,b) en animales de similar peso sacrificio (10 kg) y diferente sistemas de alimentación.

El incremento del PVS ejerció un efecto muy significativo sobre la cantidad absoluta de tejido muscular, pero esta diferencia no se trasladó al porcentaje, observándose valores que oscilaron entre un 55.80% y un 56.54 %. En este sentido, Falagan (1986) describió un ligero incremento del porcentaje de tejido muscular al elevar el PVS de 6 a 12 kg en cabritos de raza Murciano-Granadina (61.5 a 63 % aproximadamente), al igual que Gutiérrez y col. (1995) trabajando con cabritos de raza Florida Sevillana sacrificados a los 30 y 60 días (57.1 a 57.8% respectivamente). En cualquier caso a partir del destete este incremento se torna en descenso, como así lo han relatado Sanz y col. (1987) y Treacher y col. (1987). En la Tabla 13 se puede apreciar resultados anteriores a la presente experiencia en la misma Agrupación racial y con distintos tipos de alimentación, estando los resultados obtenidos en la presente experiencia cercanos a los anteriores.

Tabla 13. Referencias al porcentaje de tejido muscular en la canal de cabritos de la ACC (valores expresados como % sobre peso semicanal).

%	Tipo animal	Referencia
48.27	PVS 10 kg Media leche	Argüello y col. (1997c)
60.12	PVS 10 kg Yogur	Argüello y col. (1997b)
58.74	PVS 9 kg Lactancia natural	López (1990)



4.5.1. Relación músculo/hueso (M/H)

El tipo de lactancia empleado no mostró efecto estadísticamente significativo sobre la relación M/H (Tabla 14), mientras que el peso al sacrificio sí lo presentó, hecho ya reseñado por otros autores, como Sanz y col (1985) trabajando con cabritos de raza Murciano-Granadina sacrificados a los 15 y 30 días de edad. También en cabritos de raza Maltesa (sacrificados con 45 días y alimentados con lactorreemplazante) Lanza y Lanza (1978) observaron valores de 2.54 a 2.68 para la relación músculo/hueso. Por el contrario, Morand-Fehr y col. (1976) no observaron diferencias en el cociente músculo hueso de cabritos Alpinos y Saanen sacrificados a los 15 y 22 kg aproximadamente.

Las diferencias encontradas entre las relaciones M/H, más elevadas en los animales sacrificados a los 10 kg, eran debidas a la diferente evolución de los porcentajes de dichos tejidos, ya que mientras el tejido óseo disminuyó, el del muscular se mantuvo constante o tendió a un ligero incremento. En igual sentido se expresaron Sanz y col. (1985) comentando que estas variaciones fueron indicativas de la evolución que experimentó la cantidad de carne de la canal, aumentando con la edad por la diferencia de desarrollo que con el tiempo presentan las dos clases de tejidos.

Tabla 14. Correlaciones entre la composición tisular (en %) y algunos parámetros de interés.

	Grasa total	Músculo	Hueso
RCV	0.554***	-	-0.409*
Índice compacidad canal	0.549***	-	-0.638***
Índice compacidad pierna (B/F)	0.425**	-	-0.540**
M/H total	0.353*	0.486**	-0.889***

RCV.- Rendimiento Canal Verdadero. M/H.- Relación músculo-hueso.

La matriz expuesta en la Tabla 14, muestra las correlaciones más destacada entre la composición tisular y los parámetros de rendimiento. Es importante reseñar cómo el incremento en la cantidad de grasa, concomitante al incremento del PVS, mejoró el Rendimiento Canal y la conformación de la misma. Por el contrario, el porcentaje de hueso redujo la calidad de la canal, disminuyendo su rendimiento y conformación. Finalmente hay que señalar que a la vista de los resultados, la calidad de la canal (entendida como Rendimiento Canal y



conformación) estuvo directamente relacionada con la proporción de grasa presente en la misma e inversamente con la de tejido óseo.

4.5.2. Composición tisular de las piezas

Los resultados referentes a la composición tisular de cada pieza se presentan en la Tabla 15 (a, b, c, d y e).

Lo primero que se aprecia al estudiar los efectos de las dos variables consideradas en el presente trabajo es la falta de interacción entre las mismas, señalando la separación que existió entre estos dos efectos, lo que es destacable ya que dichos factores por separado muestran efectos estadísticamente significativos básicamente sobre los porcentajes grasos. Esto da idea que con la modificación de la alimentación y el PVS se alteran considerablemente la proporción de grasas en la canal, permaneciendo por el contrario muy estables los porcentajes de tejido muscular y óseo.

La distribución de la grasa en las diferentes piezas fue similar, ejerciendo el peso al sacrificio un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de grasa total en todas ellas a excepción del cuello. El sentido de este efecto era siempre el de incrementar dicho porcentaje conforme se elevaba el peso al sacrificio. Es en la pierna y en la espalda donde el peso al sacrificio afectó tanto al porcentaje de grasa interna como externa, mostrando efecto significativo sólo sobre el porcentaje de grasa interna en los bajos y costillar, así como ningún efecto sobre los porcentajes de los distintos tipos de grasa en el cuello.





Figura 7. Grasa intermuscular en el cuello.

En los animales de lactancia natural, se pudo observar un grupo de piezas con una alometría muy alta del tejido graso total, como son pierna, espalda y bajos (1.449, 1.460 y 1.462) y otras dos de coeficientes de alometría algo menores, costillar y cuello (Figura 7) (1.264 y 1.096). Por el contrario, esta distribución no se repite al observar el efecto del peso al sacrificio dentro de los animales de lactancia artificial. En los animales alimentados con lactorreemplazante la pieza con una mayor alometría fue la denominada como bajos (1.417), en segundo lugar la espalda y el costillar (1.252 y 1.153) y finalmente con alometrías cercanas al 1 la pierna y el cuello (1.055 y 1.016). Como consecuencia de ello podemos constatar que el uso de la lactancia artificial afectó negativamente a los porcentajes grasos de dos piezas de importante valor económico, como son la pierna y la espalda. Quizá el que se afecten las regiones más tardías del organismo, nos indica que los animales de lactancia artificial han ralentizado la deposición grasa en dichas zonas favoreciéndola en las más precoces como el costillar y los bajos. Las ondas de desarrollo afectaron a la calidad de las zonas más centripetas del animal, dado que la lactancia artificial lo único que hace es ralentizar las mismas.

La relación músculo/hueso, al igual que sucedía en la composición tisular total, mejoró en la pierna y en la espalda con el incremento del PVS, independientemente del tipo de lactancia utilizada,



siendo este efecto el que fue arrastrado a la composición tisular total debido a la alta contribución que ejercen estas dos piezas sobre la misma.

En otros trabajos realizados con raza Saanen Colomer-Rocher y col. (1992) han descrito alometrías superiores a 1 para la grasa, si bien se estudiaron animales de un alto rango de PVS. Para el caso particular de la pierna Fehr y col. (1976) observaron un claro efecto del PVS sobre la composición porcentual de grasa, siendo ésta mucho más elevada en animales con superior PVS.

A igual PVS el efecto del tipo de lactancia empleado se mostró estadísticamente significativo, en cuanto al porcentaje de grasa se refiere, en todas las piezas a excepción del cuello. El tipo de lactancia mostró también un gran efecto sobre la deposición de tejido graso intermuscular. Debe destacarse el nulo efecto que mostró el tipo de lactancia utilizado sobre los porcentajes de tejido muscular y óseo en las diferentes piezas. El sentido del efecto provocado por el tipo de lactancia utilizado fue siempre el mismo. Así, los animales criados con sus madres y sacrificados a igual PVS siempre tuvieron un mayor porcentaje de tejido graso que aquellos criados con lactorreemplazante.













5. Conclusiones

1.- La alimentación con lactorreemplazante de los cabritos no afecta a sus rendimientos, aunque puede reducir ligeramente la calidad organoléptica (grasa) de las canales producidas.

2.- El incremento del peso sacrificio hasta los 10 kg mejora sustancialmente las canales, tanto en sus rendimientos como en su calidad.

3.- La cantidad de grasa perirrenal y pélvica de las canales podría ser utilizada como parámetro evaluador a la hora de una futura clasificación de canales de ganado caprino.



6. Bibliografía

- Aduku, A.O.; Aganga, A.A.; Okoh, P.N.; Ingawa, S.A. y Phillip, D.O.A. 1991. Contribution of offals to the gross value of goat carcasses in Nigeria. *Small Ruminant Research*, 6: 179-184.
- Alcalde, M.J.; Sañudo, C.; Osorio, J.C.; Olleta, J.L. y Sierra, I. 1999. Evaluación de la calidad de la canal y de la carne en canales ovinas ligeras del tipo comercial "ternasco". *ITEA*, 95^a (1): 49-64.
- Alía, J. 1989. Contribución al conocimiento del caprino serrano autóctono. IV. Rendimiento, conformación y composición de las canales de cabritos. *Alimentación y Mejora Animal*, 29: 107-112.
- Al-Jassim, R.A.M.; Al-Ani, A.N.; Hassa, S.A.; Dana, T.K. y Al-Jarian, L.J. 1991. Effects of dietary supplementation with rumen undegradable protein on carcass characteristics of Iraqi Awasi lambs and desert goats. *Small Ruminant Research*, 4: 269-275.
- Anous, M.R. 1992. Relationship between bone weight and muscle/bone ratio of the hind limb in male and female lambs of different genotypes. *Small Ruminant Research*, 9:69-77.
- Anous, M.R. y Shahin, K.A. 1993. Genetic and castration influence on cross-sectional ares and composition of the gigot in goats. *Small Ruminant Research*, 10: 165-173.
- Argüello, A.; Arjona, J.; Piñán, J.; Ginés, R.; Capote, J. y López, J.L. 1997(a). Características cárnicas de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC: Variedad Tinerfeña) criados con Lactancia Artificial. XXII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Tenerife, España, 407-415.
- Argüello, A.; Ginés, R.; Afonso, J.M.; Capote, J. y López, J.L. 1997(b). Utilización de yogur en la Lactancia Artificial de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC). XXII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Tenerife, España, 423-430.



- Argüello, A.; Rodríguez, M.; Darmanin, N.; Afonso, J.M.; Capote, J. y López, J.L. 1997(c). Características cárnicas de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (Variedad Tinerfeña) criados con Lactancia Tradicional (Media Leche). XXII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Tenerife, España, 417-422.
- Argüello, A.; Ginés, R.; Capote, J. y López, J.L. 1998. Rendimiento canal de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria criados con tres métodos de lactancia. *Veterinaria Argentina*, 147(XV): 486-490.
- Argüello, A.; Capote, J.; Ginés, R. y López, J.L. 2000. Prediction of kid carcass composition by use of joint dissection. *Livestock Production Science*, (enviado).
- Aumont, G.; Poisot, F.; Saminadin, G.; Borel, H. y Alexandre, G. 1994. Body condition score and adipose cell size determination for in vivo assessment of body composition and post-mortem predictors of carcass components of Creole goats. *Small Ruminant Research*, 15: 77-85.
- Barton, R.A.; Phillips, T.O. y Clarke, E.A. 1949. Influence of size on fat lamb carcasses. 9th Proceeding N. Z. Soc. Animal Production, 56.
- Bas, P.; Rouzeau, A. y Morand-Fehr, P. 1986. Lipogénèse des tissus adipeux de chevreaux sevrés à 4, 6 et 8 semaines. *Reprod. Nutr. Develop.* (2B): 649-658.
- Berg, R.T. y Butterfield R.M. 1976. *New Concepts of Cattle Growth*. Sydney University Press, Sydney, Australia, 240pp.
- Boccard, R. y Dumont, B.L. 1955. Etude de la production de la viande chez les ovins. I. La coupe des carcasses. Definition d'une decoupe de reference. *Annales Zootechnie*, 3: 241-257.
- Boccard, R. y Dumont, B.L. 1960. Etude de la production de la viande chez les ovins. II. Variation de l'importance relative des différents régions corporelles de l'agneau de boucherie. *Annales Zootechnie*, 9: 355-365.
- Boccard, R.; Dumont, B.L.; Le Guelte, P. y Arnoux, J. 1961. Etude de la production de la viande chez les Ovins. IV Relation entre la forme et la composition du membre postérieur. *Annales Zootechnia*, 10: 155-160.



- Boccard, R y Dumont, B.L. 1976. La qualité des carcasses ovines. 2^o mes, Journées de la recherche Ovine et Caprine. I.N.R.A.-I.T.O.V.I.C. Policopiado, 38 pp.
- Borghese, A.; Terzano, G.M. y Bartocci, S. 1990. La produzione del capretto negli allevamenti intensiva. 6. Caratteristiche della carcassa e della carne in soggetti Saanen e Camosciata delle Alpi di 35 e 50 giorni di eta. *Zootecnia e Nutrizione Animale*, 16 (3): 167-178.
- Bouchard, R.L.; Laflamme, F.; Lachance, B. y Roy, G.L. 1980. Levels of protein and fat and type of protein in vealer rations. *Can. Journal Animal Science*, 60: 523.
- Brisson, G.J.; Grisé, L.; Raymond, M.; Castaignek, F. y Goulet, J. 1979. Influence du régime alimentaire du veau de boucherie sur la composition de la carcasse, sur quelques propriétés organoleptiques et sur la composition de la viande. Univ. Laval, Ste. Foy, Québec.
- Butler-Hogg, B.W. y Mowlem, A. 1985. Carcass quality in British Saanen goats. *Animal Production*, 40: 572 (Abstract).
- Cameron, N.D. 1992. Correlated responses in slaughter and carcass traits of crossbred progeny to selection for carcass lean content in sheep. *Animal Production*, 54: 379-388.
- Casey, N. 1987. Meat production and meat quality from Boer goats. *Proceeding IV Int. Conf. Goats, Brasilia, EMBRAPA and IGA*, 211-239.
- Colomer-Rocher, F. 1973. Exigencias de calidad en la canal. *Anales Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Serie Producción Animal*, 4: 117-132.
- Colomer-Rocher, F. y Espejo, M. 1972. Influence du pois d'abattage et du sexe sur les performances du bouchérie des agneaux issus du croisement Manchego x Rasa Aragonesa. *Annales Zootechnia*, 21: 401-441.
- Colomer-Rocher, F. y Kirton, A.H. 1975. Las bases de la clasificación de canales ovinas. Análisis de la nueva clasificación de canales ovinas para exportación en Nueva Zelanda. *ITEA*, 21: 26-27.
- Colomer-Rocher, F.; Morand-Fehr, P. y Kirton, A. H. 1987. Standard Methods and Procedures for Goat Carcass. Evaluation, Jointing and Tissue Separation. *Livestock Production Science*, 17: 149-159.



- Colomer-Rocher, F.; Kirton, A.H.; Mercer, G.J.K. y Duganzich, D.M. 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights. *Small Ruminant Research*, 7: 161-173.
- Cosentino, E.; Perna, A.; Cosentino, C. y Gambacorta, E. 1997. Carcass quality in kids treated with essential amino acids. XVII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Tenerife, España, 465-475.
- Cuthbertson, A.; Harrington, G. y Smith, R.J. 1972. Tissue separation to assess beef and lamb variation. *Proceedings British Society for Animal Production (New Series)* 1, 113-122.
- Cuthbertson, A. y Harrington, G. 1973. Development of beef classification in Great Britain. *World Review of Animal Production*, 9, 65-75.
- Charpentier, J. 1967. Calidad de la canal y de la carne. C.N.R.Z. Jouy-en-Jossas, France.
- Chawla, D.S. y Nath, I. 1979(a). A note on the studies on meat production in goats: Effect of castration on dressed meat production in Beetal and its exotic crosses. *Indian Journal Animal Science*, 49: 406-408.
- Chawla, D.S. y Nath, I. 1979(b). A note on body size measurements and carcass traits in Beetal and its exotic cross-bred males. *Indian Journal Animal Science*, 49: 759-762.
- Chilliard, Y.; Sauvant, D.; Bas, P.; Pascal, G. y Morand-Fehr, P. 1981. Importance relative et activités métaboliques des différents tissus adipeux de la chèvre laitière. *Nutrition and Systems of Goat Feeding* (ed. Morand-Fehr, A.; Bourbouze y de Simiane, M.), 90-100. ITOVIC-INRA, Paris, France.
- De Boer, H.; Dumont, B.L.; Pomeroy, R.W. y Weniger, T.H. 1974. Manual on E.A.A.P. reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livestock Production Science*, 1, 151-164.
- Delfa, R.; González, C. y Teixeira, A. 1995(a). Relación entre medidas de espesor de grasa y del músculo *Longissimus dorsi* realizadas con ultrasonidos en el animal vivo y sus homólogas tomadas en la canal de cabras adultas. *ITEA*, 16: 651-653.



- Delfa, R.; Teixeira, A. y González, C. 1995(b). Medidas realizadas con ultrasonidos en el animal vivo como predictoras de la composición de la canal y de los depósitos adiposos en el cuerpo de cabras adultas. *ITEA*, 16: 654-656.
- Delfa, R.; Teixeira, A. y González, C. 1995(c). Ultrasonic measurements of fat thickness and *Longissimus dorsi* depth for predicting carcass composition and body fat depots of live goats. 46th. Annual Meeting of the EAAP, 276.
- Delfa, R.; González, C.; Teixeira, A. y Vijil, E. 1996(a). Ultrasonic measurements in live goats. Prediction of weight of carcass joints. 47th Annual Meeting of the EAAP, 273. 175-181.
- Delfa, R.; Teixeira, A.; González, C. y Vijil, E. 1996(b). Ultrasonic measurements for predicting carcass quality in live goats. 47th Annual Meeting of the EAAP, 272.
- Delfa, R.; González, C.; Teixeira, A. y Valderrábano, J. 1997(a). Utilización de ultrasonidos en cabritos de Angora como predictores de la calidad de sus canales. *ITEA*, 18: 733-735.
- Delfa, R.; Teixeira, A.; González, C. y Valderrábano, J. 1997(b). Precisión de los ultrasonidos en el animal vivo para valorar diferentes medidas de la canal de cabritos de Angora. *ITEA*, 18: 730-732.
- Delfa, R.; Teixeira, A. y González, C. 1998. El peso vivo matadero y los ultrasonidos como predictores de la calidad de la canal y del reparto de la grasa en cabras adultas. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, año V (2): 1-16.
- Delfa, R.; Teixeira, A.; González, C.; Torrano, L. y Valderrábano, J. 1999. Utilización de ultrasonidos en cabritos vivos de raza blanca celtibérica, como predictores de la composición tisular de sus canales. *Archivos de Zootecnia*, 48: 123-134.
- Devendra, C. y Burns, M. 1983. *Goat production in the Tropics*. Tech. Comm. No., 19, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, United Kingdom, 183 pp.
- Devendra, C. y Owen, J.E. 1983. Quantitative and qualitative aspects of meat production from goats. *World Animal Review*, 47: 19-29.
- Economides, S. 1984. The effects of lamb-weaning age on the milk yield of Chios ewes and the growth and carcass gain of lambs. *Technical Buletin*, 59. Agricultural Research Institute, Nicosia, Cyprus, 7pp.



- Economides, S. y Olymbios, S. 1991. The effect of slaughter weight on carcass merit and conversion of milk or solid feed to meat in Damascus goats. Agricultural Research Institute. Ministry of agriculture and natural resources. Technical Bulletin, 125: 3-11.
- El Karim, A.I.A.; Owen, J.B. y Whitaker, C.J. 1988. Measurement an slaughter weight, side weight, carcass joints and their association with carcass composition of two types of Sudan Desert Sheep. Journal of Agricultural Science, 110(1): 65-69.
- El Shahat. 1993. Density values of carcass joints of local Egyptian goats. Small Ruminant Research, 12: 221-225.
- Fabelo, F.; López, J.L.; Doreste, F. y Capote, J.F. 1991. Peso al nacimiento de cabritos de la Agrupación Caprina Canaria (ACC), variedad majorera y su relación con el peso al destete al ser criados bajo lactancia artificial. XVI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Pamplona, España, 26-28 Septiembre, 170-177.
- Falagan, A. 1986. Note concernant l'influence de l'alimentation sur la croissance et les caractéristiques bouchères de cheveraux de races Murciano-Granadina. 37th EAAP Annual Meeting, September 1-4, Budapest, Hungary.
- Fehr, P.M.; Sauvant, D. y Dumont, B.L. 1976. Croissance et qualité des carcasses des cheveraux de boucherie. 2^e Journées de la Recherche Ovine et Caprine, 166-189.
- Flamant, J. C. y Boccard, R. 1966. Estimation de la qualité de la carcasse des agneaux de boucherie. Annales Zootechnia, 15: 89-113.
- Forrest, J.C.; Aberle, E.D.; Hedrick, H.B.; Judge, M.D. y Merkel, R.A. 1979. Fundamentos de ciencia de la carne. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 364 pp.
- Fourie, P.D.; Kirton, A.H. y 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. N.Z.J. Agric. Res., 13: 753-770.
- Gaili, E.S.E.; Ghanem, Y.S. y Mukhtar, A.M.S. 1972. A comparative study of some carcass characteristics of Sudan desert sheep and goats. Animal Production, 14: 335-357.



- Gallo, C.; Le Breton, Y.; Wainwright, I. y Berkhoff, M. 1996. Body and carcass composition of male and female Criollo goats in the South of Chile. *Small Ruminant Research*, 23: 163-169.
- Giroux, R.N. 1979. Etudes expérimentales pour déterminer la rentabilité de la production de veaux lourds. Report to the Can. Dairy Commission, Canada.
- Gutiérrez, M.J.; Peña, F.; Rodero, E. y Herrera, M. 1995. Características de la canal de cabritos de raza Florida Sevillana. XX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Madrid, España, 521-526.
- Hammond, J. 1952. Objective test of quality in meat. *Ann. Nutr. Aliment.*, 6: 119-131.
- Hankins, O.G.; Knapp, B. y Phillips, R.W. 1943. The muscle-bone ratio as an index of merit in beef and dual-purpose cattle. *Journal of Animal Science*, 2: 42-49.
- Harvey, D. y Rigg, J.C. 1964. Some aspects of goats as livestock. *Nutr. Abstr. Rev.*, 34: 641-645.
- Kauffman, R.G.; Grummer, R.H.; Smith, R.E.; Long, R.A. y Shook, G. 1973. Does live-animal and carcass shape influence gross composition. *Journal of Animal Science*, 37: 1112-1119.
- Kempster, A.J. 1978. Bone growth and development with particular reference to breed differences in carcass shape and lean to bone ratio. *Current Topics in Veterinary Medicine*, 2: 149-166.
- Kempster, A.J.; Cuthbertson, A. y Harrington, G. 1982. Carcasse evaluation in livestock breeding, production and marketing. Granada Publishing. London, United Kingdom, 306 pp.
- Kempster, A.J. y Jones, D.W. 1986. A comparison of alternative methods for predicting the carcass composition of crossbred lambs of different breeds and crosses. *Meat Science*, 18(2): 89-110.
- Kesava, V.; Anjaneyulu, A.S.R.; Lakshmanan, V.; Kowale, B.N. y Sharma, G.C. 1988. Effect of breed, age, sex and conformation on carcass characteristics of market slaughter goats. *Indian Journal of Animal Science*, 58(7): 819-822.
- Kirton, A. H. 1988. Goat meat production in Asia. Proceeding workshop Tando Jam, Pakistan, 13-18 March 1988. Editorial C. Devendra.
- Koppel, J.; Kuchar, S.; Mozes, S. y Boda, K. 1983. Insulin, Thyroxine and glucose in plasma of suckling lambs on low and high fat



- milk diet. *Z. Tierphysiology, Tierernährg u. Futtermittelkde*, 50: 101-106.
- Kumar, R.; Kumar, A. y Singh, H. 1980. Note on the castration on meat production in goats. *Indian Journal Animal Science*, 50: 1160-1162.
- Kumar, R.; Kumar, A.; y Singh, H. 1981. Note on body weight gain and carcass yield following castration in goats. *Indian Journal Animal Science*, 51: 792-794.
- Ladipo, J.K. 1973. Body composition of male goats and characterzation of their depot fats. Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- Lanza, A. y Lanza, E. 1978. *Zootecnia e Nutrizione Animale*. Anno IV. N° 4.
- López, J. L. 1990. Estudio etnológico y productivo de la Agrupación Caprina Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España, 306 pp.
- Louca, A.; Economides, S. y Hancock, J. 1977. Effects of castration on growth rate, feed conversion efficiency and carcass quality in Damascus goats. *Animal Production*, 24: 387-391.
- M.L.C. 1975. Meat and Livestock Commision. Bletchley, United Kingdom. Technical Bulletin, 22.
- Mahgoub, O. y Lu, C.D. 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes. *Small Ruminat Research*, 27: 267-278.
- Manfredini, M.; Massari, M.; Cavani, C. y Falaschini, A.F. 1988. Carcass characteristics of male Alpine kids slaughtered at different weights. *Small Ruminant Research*, 1: 49-58.
- Mata, C. 1984. Contribución al estudio de la categorización y composición de la canal bovina raza Retinta en pureza y cruzada con Charolés. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria Universidad de Córdoba, España.
- McGregor, B.A. 1985. Growth, development and carcass composition of goats: A Review. *Goat Production and Research in the Tropics*. ACIAR proceeding series, 7, 82-90.
- McMeekan, C.P. 1939. The Cambridge block test for fat lamb. *Annales Meat of Sheep Farmers, Proceeding VIII*, 52-57.
- Mishra, K.C. y Ghei, J.C. 1991. Effect of age at castration, age and weight at slaughter on carcass traits of sikkim local goats. *Indiam Journal Animal Research*, 25(1): 41-49.



- Morand-Fehr, P. 1981. Growth. En: C. Gall (Editor), Goat Production. Academic Press, London, United Kingdom, 253-283.
- Morand-Fehr, P.; Bas, P.; Rouzeau, A.; y Hervieu, J. 1985. Development and characteristics of adipose deposits in male kids during growth from birth to weaning. *Animal Production*, 41: 349-357.
- Morand-Fehr, P.; Bas, P.; Schmidely, P. y Hervieu, J. 1986. Facteurs influençant la qualite des carcass et en particulier son etat d'engraissement. 11^a Journées de la Recherche Ovine et Caprine. INRA, 236-252.
- Owen, J.E. 1975. The meat-producing characteristics of the indigenous Malawi goat. *Tropical Science*, 17: 123-138.
- Palsson, H. 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to scottish breeds and crosses. I. Carcass measurements and "sample joints" as indice of quality and composition. *Journal of Agricultural Science, Cambridge, United Kingdom*, 29: 544-625.
- Potchoiba, M.J.; Lu, C.D.; Pinkerton, F. y Sahlu, T. 1990. Effects of all-milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and tissue composition, including fatty acids and cholesterol contents, of growing male goats. *Small Ruminant Research*, 3: 583-592.
- Reglamento CEE N° 2237/91 de fecha 27 de Julio de 1991.
- Robinson, T.J.; Binet, F.E.; Lison, A. y Doig, G. 1956. Fat lamb studies in Vintoria. An assessment of the relative value of various external measurements for differentiating between various grades of export lamb carcasses. *Aust. Journal of Agricultural Research*, 7: 345.
- Sáez, E. y Sañudo, C. 1978. Variaciones de los escandallos de ternasco. I. Incidencias en los resultados económicos. *Anales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza, España*, 11-12: 551-567.
- Sanz, M.R.; Muñoz, F.J.; Lara, L.; Anguita, T. y Gil, F. 1985. Desarrollo de la canal y de las diferentes partes al despiece en el cabrito de raza Granadina para su primer mes de edad. Alimentación exclusivamente láctea. Estación Experimental del Zaidín (CSIC) Granada, España.



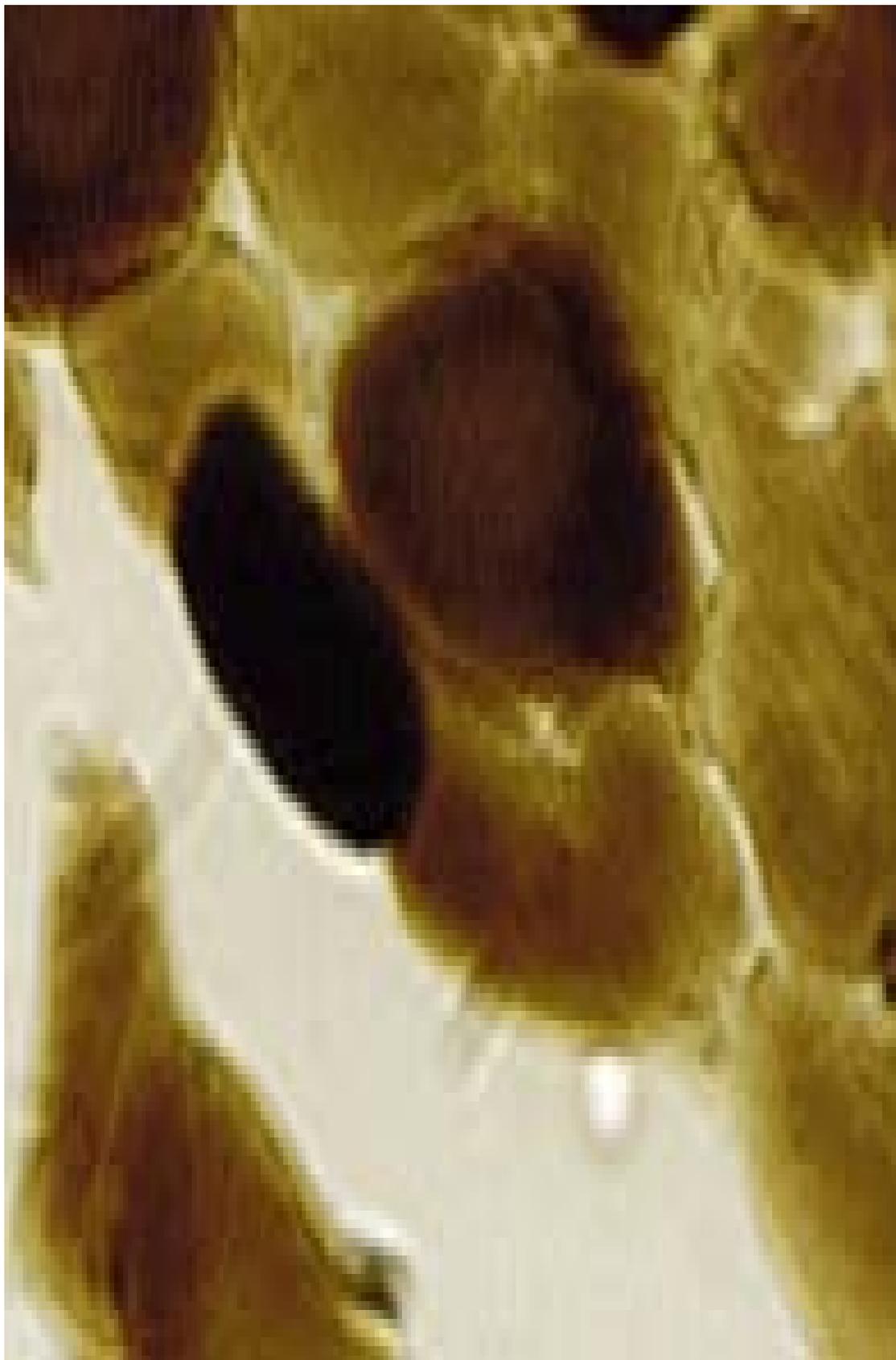
- Sanz, M.R.; Muñoz, F.J.; Lara, L.; Gil, F. y Boza, J. 1987. Efectos del nivel de alimentación, clase de leche y edad en el desarrollo de cabritos de raza Granadina. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animal*, 2(2): 93-103.
- Sanz, M.R.; Hernández-Clua, O.D.; Naranjo, J.A.; Gil, F. y Boza, J. 1990. Utilization of goat milk *vs* milk replacer for Granadina goat kids. *Small Ruminant Research*, 3: 37-46.
- Sanz, M.R.; Prieto, I.; Gil, F. y Fonolla, J. 1995(a). Environmental temperature: composition and conformation of the carcasses of pre-ruminant kid goats and lambs. *Options méditerranéennes*, 27: 191-195.
- Sanz, M.R.; Ruiz, I.; Gil, F. y Boza, J. 1995(b). Classification and composition of the carcass of pre-ruminant kid goats of the Granadina breed. *Options méditerranéennes*, 27: 197-202.
- Sañudo, C. 1980. Influencia del sexo en el rendimiento canal en la especie ovina. *Anales de la Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, España*, 14-15: 521-530.
- Sañudo, C. 1998. Calidad de la carne. *Producción Animal*, 131: 27-51.
- Sañudo, C. y Sierra, I. 1986. Calidad de la canal en la especie ovina. *Ovino, One S. A.*, 127-153.
- Sierra, I. 1970. La conformación del ganado ovino y su influencia en el Rendimiento Canal y en el despiece. *Anales de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, España*, 5: 587-596.
- Sierra, I. 1977. *Apuntes de Producción Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, España.*
- Sierra, I. 1980. *Apuntes de Producción Animal. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, España.*
- Stanford, K.; McAllister, T.A.; Mac Dougali, M. y Bailey, D.R.C. 1995. Use of ultrasound for the prediction of carcass characteristics in Alpine goats. *Small Ruminant Research*, 15: 195-201.
- Swartz, L.A.; Heinrichs, A.J.; Varga, G.A. y Muller, L.D. 1991. Effects of varying dietary undegradable protein on dry matter intake, growth, and carcass composition of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 74: 3884.
- Teixeira, A.; Delfa, R.; González, C.; Gosalvez, L. y Tor, M. 1995. Use of three joints as predictors of carcass and body fat depots in Blanca Celibérica goats. *Options méditerranéennes*, 27: 121-131.



- Theodoro, M.J. y Sousa, J. 1987. Effet de différents systèmes d'allaitement dans les courbes de croissance et dans la qualité de la carcasse des chevreaux de la race Serrana. 38th EAAP Annual Meeting, Sept. 28- Oct. 1, Lisboa, Portugal, (1): 985 (Abstract).
- Thwaites, C.J.; Yeates, N.T.M. y Pogue, R.F. 1964. Objective appraisal of intact lamb and mutton carcasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 63: 415-420.
- Treacher, T.T.; Mowlem, A.; Wilde, R.M. y Butler-Hogg, B. 1987. Growth, efficiency of conversion and carcass composition of castrate male Saanen x Angora kids on a concentrate diet. *Annales Zootech.*, 36: 341-342.
- Velazco, J.; Morrill, J.L.; Kropf, D.H.; Brandt, Jr.; Harmon, D.L.; Preston, R.L. y Clarenburg, R. 1997. The use of urea dilution for estimation of carcass composition of Holstein steers at 3, 6, 9, and 12 months of age. *Journal of Animal Science*, 75: 139-147.
- Warmington, B.G. y Kirton, A.H. 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. *Small Ruminant Research*, 3, 147-165.
- Wilson, P.N. 1958. The effect of plane of nutrition on the growth and development of the East African dwarf goat. II. Age changes in the carcass composition of female kids. *Journal of Agricultural Science*, 51: 4-21.
- Wilson, P.N. 1960. The effect of plane of nutrition on the growth and development of East African dwarf goat. III. The effect of plane of nutrition and sex on the carcass composition of the kid at two stages of growth, 16 lb weight and 30 lb weight. *Journal of Agricultural Science*, 54: 105-130.



Capítulo IV. Calidad de la carne



Resumen

Para la realización del estudio de la calidad de la carne se utilizaron cuarenta cabritos pertenecientes a la Variedad Majorera de la Agrupación Caprina Canaria, divididos en cuatro lotes, sobre los cuales se valoró el efecto del tipo de lactancia (natural *vs* artificial) y del peso sacrificio (6 *vs* 10 kg). Tras el mismo y sobre los músculos *Triceps braquii* (TB), *Semimembranossus* (SM) y *Longissimus dorsii* (LD) se controló la evolución del pH y el color (L, a*, b*) midiéndose éstos en el momento del sacrificio, a los 45 minutos y las 24 horas. Tras un oreo, de 24 horas en cámara de refrigeración, se realizaron las pruebas de capacidad de retención de agua (CRA) y de dureza (Warner-Bratzler), preparando y conservando las correspondientes muestras para posteriormente determinar la composición química (humedad, proteína, grasa, colágeno, solubilidad del colágeno) y la composición fibrilar.

La mayor parte de variación entre distintos parámetros es debida al efecto del propio aumento de peso al sacrificio, sobre todo en aquellos relacionados con el color de la carne y el área de las fibras musculares. Los efectos del tipo de lactancia son muy variables según el músculo testado, hecho que va a estar condicionado por la propia funcionalidad de cada músculo.

En cualquier caso, las variaciones que se presentan en la carne según el tipo de tratamiento, no llegan a afectarla como para que se vea mermada su calidad.



Summary

In the study of meat quality were used 40 Majorera type kids of Caprine Canary Group, they were distributed in four subgroups where it evaluated suckling method effect (natural *vs* artificial) and slaughtered weight (6 *vs* 10 Kg). After that it controlled pH evolution and color (L, a*,b*) on *Triceps braquii* (TB), *Semimembranosus* (SM) and *Longissimus dorsii* (LD) at the slaughter time, at the 45 minutes and at the 24 hours. After chilling time, 24 hours into room refrigeration, it realised probes of water holding capacity and texture (Warner-Bratzler), these samples were prepared and preserved for get their chemistry composition (wet, protein, fat, collagen, collagen solubility) and fibre composition.

The major variability between different parameters it due to increased of slaughter weight, mainly meat colour and fibres muscles area. Lactation method effects are very variable depending on the tested muscle. In any case, the variations present in meat for different treatment doesn't affect reducing its quality.



1. Introducción

En el Archipiélago Canario la tradición en el consumo de carne procedente del ganado caprino es muy antigua. Recientemente, Atoche y col. (1989) han demostrado la convivencia de caprinos domésticos con los antiguos moradores de las islas en el periodo anterior a la conquista, y tras la misma, en las crónicas de Viera y Clavijo (1982) se hace mención a la calidad de las carnes producidas en la isla de Fuerteventura, *“No habiendo favorecido la naturaleza a los habitantes de Fuerteventura y de Lanzarote con el agradable alimento de las frutas, pues, aunque aquella isla tenía algunas palmas, acebuches y tarajales, ésta última careció siempre de lo que pudiera merecer dignamente el nombre de árbol. Más, en compensación de esta falta, sabemos que tuvieron tanta copia en carnes que nunca echaron de menos otro género de comidas. Fuerteventura sola criaba en cada año más de 60000 cabras, tan gordas que algunas daban de sí 30 litros de sebo; y esta carne, cocida en leche o asada con manteca era, (por confesión de los franceses de Juan de Sola) más sabrosa que la de Francia”*.

Hasta hace relativamente pocos años la carne procedente del ganado caprino consumida en Canarias se dividía en tres tipos. En primer lugar el conocido “baifo”, animal de muy corta edad (6-7 días) y de una escasa calidad organoléptica al poseer un bajo porcentaje graso, que presentaba como principal cualidad la ternura de su carne y de consumo principalmente urbano. Otro tipo de animal consumido era la “Machorra”, generalmente hembra de 7-8 meses de edad y que no había sido cubierta, de empleo casi exclusivo en medio rural. Finalmente la carne de cabra adulta, de consumo rural y con unas características de preparación culinaria muy diferenciadas, siendo muy tediosa, dado que se necesita de una primera fase de eliminación de casi toda la grasa de cobertura e intermuscular presente en la canal, para posteriormente ser sometida a la acción del vinagre durante al menos 10 horas y posteriormente cocinada en presencia de abundantes condimentos. Esta preparación tan complicada, que daría idea de un producto de consumo muy reducido, se contradice con el precio que alcanza esta carne (600-700 ptas kg/canal).



La introducción de las técnicas de lactancia artificial en las Islas Canarias ha provocado la aparición de un nuevo tipo de animal, un cabrito de mayor peso, entre 6-12 kg. Este producto presenta cada vez más una mayor implantación, por lo que se hace necesaria la valoración de sus atributos.

Las características nutricionales de la carne procedente de ganado caprino indican que, de los mismos cortes, la carne de cabra posee de un 50 a un 65% menos de grasa que la de vaca (con una similar proporción de proteína), entre un 42 y un 59% menos grasa que el cordero y alrededor de un 25% menor que la carne de ternera (Addrizzo, 1994). Además, el porcentaje de grasa saturada de la carne de cabra es un 40% menor que la del pollo sin piel, 850% menor que la de vaca, 1100% menor que la de cerdo y un 900% menor que la de cordero (USDA, 1989).

A la vista de las características anteriormente mencionadas, el conocimiento con profundidad de las canales y carnes de cabritos de 6 a 10 kg de peso vivo se hace necesario, sobre todo al pensar que en un corto periodo de tiempo y ante la introducción de canales de cabritos refrigeradas y congeladas (procedentes en su mayoría del mercado francés), la medida de protección de la producción local debe pasar por la creación de una denominación de origen o marca de calidad, para la cual este estudio podría ser de gran interés.

Por tanto, los objetivos del presente capítulo son:

- 1.- Estudio de la calidad de la carne a nivel físico, químico e histológico de los cabritos de 6 a 10 kg de la Agrupación Caprina Canaria.
- 2.- Evaluación del efecto que el incremento del peso vivo y el tipo de lactancia tienen sobre las características físicas, químicas e histológicas de las carnes mencionadas.



2. Revisión bibliográfica

2.1. Estructura anatomofisiológica del músculo

El tejido muscular se puede dividir según su estructura y funcionalidad en liso, que forma parte de vísceras, vasos sanguíneos, y estriado, compuesto a su vez por el tejido muscular esquelético y cardiaco, el cual forma parte exclusivamente del corazón. El músculo esquelético está compuesto por haces de fibras musculares rodeadas de tejido conjuntivo llamado epimisio. Cada 20-40 fibras musculares están agrupadas formando los haces primarios. Un número variable de éstos se agrupan a su vez formando haces mayores, conocidos como haces musculares secundarios y terciarios. Estos haces se encuentran rodeados de un tejido conectivo denominado perimisio. Por otra parte, el tejido conjuntivo que rodea cada fibra muscular se llama endomisio (Forrest y col., 1979).

Además de tejido muscular y conjuntivo, el músculo se compone de tejido adiposo, en el cual se localizan los adipocitos. A pesar de que los adipocitos acumulan grasa neutra, en el músculo existe una elevada proporción de fosfolípidos y de constituyentes insaponificables, tales como el colesterol.

La fibra muscular se considera la unidad celular contráctil del músculo. La membrana celular que la rodea se denomina sarcolema. El citoplasma o sarcoplasma contiene proteínas solubles y gránulos de glucógeno. La unidad contráctil de la fibra muscular es la miofibrilla. A la disposición de estas miofibrillas en el conjunto de la fibra muscular le debe el músculo esquelético el nombre de estriado, debido a las bandas A o anisótropas y a las bandas I o isótropas (Figura 1).

El conjunto de proteínas que forman el músculo se divide en:

.- Proteínas miofibrilares. Representan entre un 55 y un 60% de las proteínas musculares totales, siendo solubles en determinadas condiciones. Podemos agruparlas en dos grupos:

Proteínas contráctiles. Son la actina y la miosina, directamente implicadas en la contracción. La actina es el principal



componente de la banda I. La miosina, de peso molecular más elevado, se sitúa fundamentalmente en la banda A.

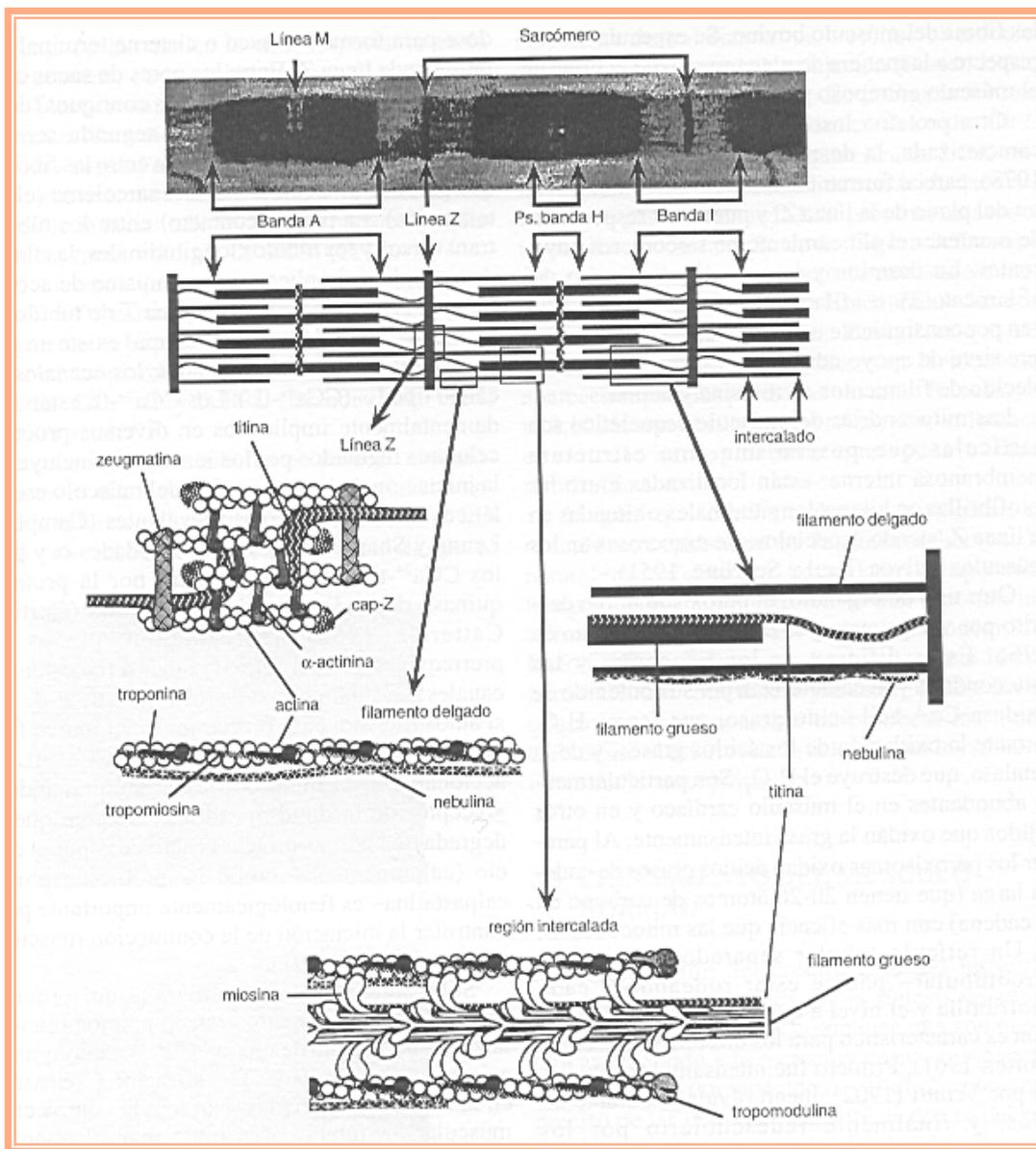


Figura 1. Diagrama esquemático de los filamentos proteicos presentes en el músculo (tomado de Laurie, 1998).

Proteínas reguladoras. Están asociadas a la miosina o a la actina, formando con ella los filamentos gruesos o finos respectivamente. Entre las primeras se encuentran las proteínas C, I, F y M, miomesina, M creatin-quinasa y la esquelamina. Entre las

segundas, las troponinas C, I y T, tropomiosina y paratropomiosina son las más importantes. Las actininas (α , β , γ , y euactinina), aunque forman parte de la línea Z, se consideran reguladoras de la acción de la actina.

.- Proteínas del citoesqueleto. Su función es, básicamente, de soporte de la arquitectura miofibrilar. Entre ellas encuentran las proteínas del disco Z, que permiten emplazar los filamentos de actina en el sarcómero. Están formadas fundamentalmente por los filamentos longitudinales, formados a su vez por dos proteínas de peso molecular elevado, titina y nebulina, y los filamentos transversales, que unen las miofibrillas entre sí o al sarcolema, como la desmina.

.- Proteínas sarcoplásmicas. Representan el 30-35% del total de las proteínas musculares. Intervienen a nivel del metabolismo muscular. Son fundamentalmente, enzimas glicolíticos (73 %) y mioglobina.

Tipo	Composición molecular	Distribución tisular	Contenido de 3-hidroxiprolina (residuos/1.000)	Contenido de hidroxilisina (residuos/1.000)	Glicosilación de hidroxilisina (%)
I	$[\alpha_1(I)]_2\alpha_2$	Tendón, dentina ósea, dermis, músculo	1	6-8	20
II	$[\alpha_1(II)]_3$	Cartilago, humor vítreo, discos intervertebrales	2	20-25	50
III	$[\alpha_1(III)]_3$	Dermis fetal, sistema cardiovascular, membrana sinovial, vísceras, músculo	1	6-8	15-20
IV	$\alpha_1(iv)[\alpha_2(iv)]_2$	Membrana basal, lentes, cápsula y glomérulos renales	10	60-70	80
V	$\alpha_1(v)[\alpha_2(v)]_2$ y $[\alpha_3(v)]_3$	Membrana placentaria, sistema cardiovascular, pulmones; componentes minoritarios de muchos tejidos	2-3	6-8	-

Figura 2. Tipos de colágeno (Tomado de Lawrie, 1998).

.- Proteínas del estroma. Se denominan así a las proteínas que forman parte del tejido conjuntivo. Corresponden al 10-15% del total de proteínas musculares, siendo insolubles cualquiera que sea la fuerza iónica del medio en el que se encuentren.

La principal proteína que forma parte de este último grupo es el colágeno. Es una proteína fibrosa de estructura molecular compleja (Bailey, 1972). Las fibras de colágeno están formadas por fibrillas, de



las cuales la molécula de tropocolágeno es la unidad básica. La hélice que forman tres de estas cadenas polipeptídicas α de tropocolágeno es la que da las características de rigidez y poca extensibilidad a la molécula de colágeno. La estructura primaria de estas cadenas α difieren en su composición de aminoácidos en los distintos tipos de tropocolágeno. Las cadenas $\alpha 1$ y $\alpha 2$ tienen una secuencia, que se repite de forma regular e ininterrumpida, en la que la glicina aparece cada tercer residuo. Esta secuencia se podría escribir como $(\text{Gly-X-Y})_n$, donde los residuos X e Y son normalmente prolina e hidroxiprolina (Rawn, 1989). La composición de los cinco tipos mayoritarios de colágeno aparece en la Figura 2 mostrándose en la Figura 3 la estructura de las fibras de colágeno.

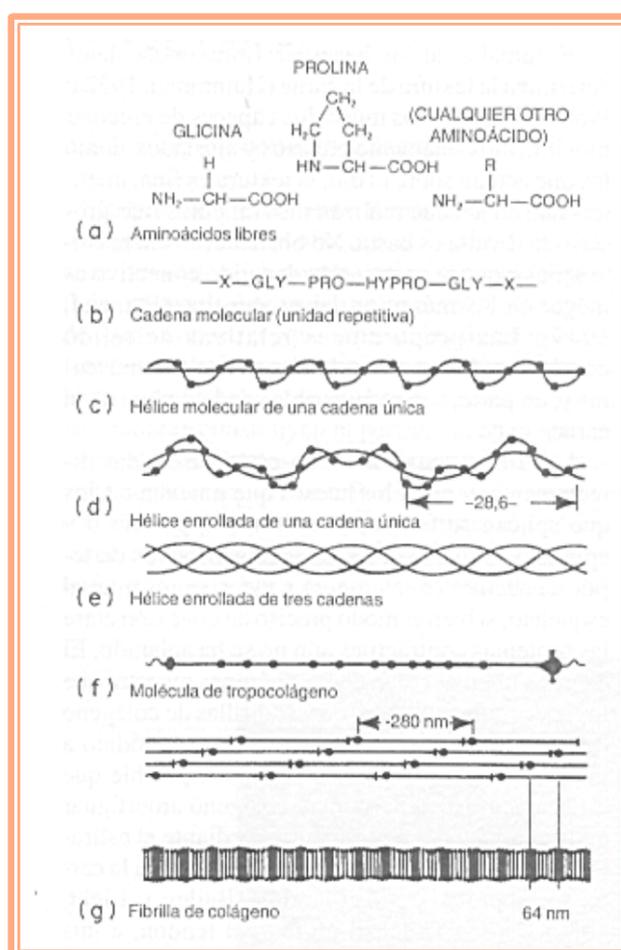


Figura 3. Estructura molecular del colágeno (Tomado de Laurie, 1998)

Se han identificado 14 tipos de colágeno que se encuentran de forma desigual según la localización del tejido conectivo (Sims y Bailey,

1981). El epimisio contiene esencialmente colágeno de tipo I, el perimisio de tipo I y III y el endomisio de tipo III, IV y V (Light y Champion, 1984).

2.2 Conversión del músculo en carne

La conversión del músculo en carne tiene lugar después de que los animales han sido sacrificados. El músculo es un tejido vivo cuya actividad contráctil es regulada por el sistema nervioso. Cuando los músculos se han convertido totalmente en carne ya no son capaces de contraerse por el deslizamiento de los filamentos (Swatland, 1991).

Este proceso lo podemos dividir en tres fases:

La primera fase, 20-30 minutos tras el sacrificio, se corresponde con la capacidad de supervivencia del sistema nervioso.

La segunda fase se corresponde con el estado rígido o de *rigor mortis*. El músculo permanece contraído por el descenso en la disponibilidad de ATP, perdiendo su elasticidad.

La tercera coincide con el estado maduro. El músculo puede ser extendido hasta alcanzar la misma longitud que en *pre-rigor*, pero esta acción no es reversible.

Los cambios que se producen durante este proceso afectan a las propiedades iniciales del músculo, principalmente a su textura.

El pH es una característica química cuya evolución *postmortem* va a influir en los procesos de maduración de la carne. En el músculo vivo se sitúa entre 6.7-7.2. Tras la muerte del animal, el músculo continúa su actividad en presencia de ATP (Dransfield *y col.*, 1991). Cuando el nivel de ATP desciende por debajo del 20% se produce una acidificación del medio (Purchas, 1990) por la degradación en anaerobiosis de las reservas de glucógeno, formándose ácido láctico que no puede ser eliminado del músculo (Marsh, 1981). El retículo sarcoplásmico ya no tiene posibilidad de controlar los niveles de Ca^{2+} debido al deterioro de los sistemas regeneradores de energía del músculo en anaerobiosis



(Olsson *y col.*, 1994). En este momento se mantienen los enlaces entre los filamentos finos y gruesos, puesto que el ATP juega un papel importante en la relajación (Ouali, 1991), y el músculo comienza a manifestarse rígido (Bendall, 1979).

La acidificación muscular alcanza valores finales de 5.4-6.0 según el músculo. El pH último varía inversamente a la tasa de glucógeno en el músculo en el momento del sacrificio (Monin, 1991). Este será más elevado en el músculo rojo de contracción lenta, pobre en glucógeno, debido a la inactivación de la ATPasa que es la responsable de esta acidificación (Ouali, 1991).

El pH varía también dentro de cada músculo debido a diferencias en la composición de los tipos de fibras en los diferentes puntos del mismo, especialmente en los músculos más voluminosos (Hunt y Hedrick, 1977).

En los rumiantes, un estrés previo al sacrificio puede causar un pH final elevado en la carne por un agotamiento de las reservas de glucógeno que limitaría la producción de lactato *postmortem*. Este tipo de carnes son conocidas como DFD, y parecen deberse a una interacción entre la hipersecreción de catecolaminas y una oxigenación insuficiente a nivel celular (Monin, 1991). Afectaría, sobre todo, al músculo *Longissimus dorsi* y a músculos del cuarto trasero del animal (Sornay y Legras, 1978; Tarrant y Sherington, 1980). Este cambio en las pautas metabólicas de la transformación del músculo en carne debido a la actividad metabólica durante el sacrificio puede ampliar las diferencias entre animales de la misma especie respecto a animales de distinta especie pero que no han sufrido dicho estrés (Bendall, 1979). La actividad de la m-calpaína se ve acentuada en animales de pH elevado, dando como resultado una carne más tierna (Beltrán *y col.*, 1997).



2.3 Composición química de la carne

2.3.1. Humedad, proteína y grasa

La grasa intramuscular de la carne es uno de los principales factores que afectan a su calidad, muy relacionada con su jugosidad, ya que favorece el flujo salivar durante la masticación (Tuma y col., 1962; Breidenstein y col., 1968). Por el contrario existe una controversia acerca de su relación con la terneza, dado que existen autores que han observado correlación entre dichos parámetros (Tatum y col., 1982; Savell y col., 1986) y otros que no (Wheeler y col., 1989).

En referencia a las proteínas musculares, hay que decir que son el mayor componente sólido del tejido muscular, constituyendo aproximadamente el 80% de su peso seco. Básicamente las proteínas se pueden clasificar en miofibrilares y citoplasmáticas, contribuyendo ambas a la calidad de la carne y en especial a la terneza. Las proteínas miofibrilares son las responsables de la contracción y relajación del músculo durante la vida del animal, y a su vez las responsables de la aparición del principal proceso *postmortem* en la carne: el *rigor mortis*. Las proteínas miofibrilares se agrupan para formar la unidad estructural y funcional del músculo, el sarcómero y las proteínas citoplasmáticas son las responsables del proceso de maduración.

En la Tabla 1 se puede observar la composición química básica de la carne de caprino en diversas razas.

Tabla 1. Composición química de la carne de cabra en diversas razas.

Raza	PVS (kg)	Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	Referencia
Desert goat	35	75.04	20.80	2.80	1.23	Babiker y col. (1990)
Cruces ¹	12.14	74.21	18.11	2.50	1.07	Ribeiro y col. (1997)
Florida (USA)	20	75.40	21.50	2.10		Johnson y col. (1995)
Black Bengal	18		19.13	0.94		Kesava y col. (1984)
Cruces ²	varios	72.48	20.73	5.78	0.99	Hogg y col. (1992)
Saanen	80	73.05	21.25	3.7		Matsuoka y col. (1992)

1.- Alpina x Gurguéia. 2.- Saanen x Angora

Escasos trabajos han estudiado la composición química de la carne de cabritos, destacando el realizado por Ribeiro y col. (1997) en cruces de Alpina x Gurguéia con un peso media al sacrificio de 12.14



kg. Estos autores observaron porcentajes de humedad, cenizas, proteína y grasa de 74.21, 1.07, 18.11 y 2.5%, respectivamente.

2.3.1.1. Factores de variación intrínsecos de la humedad, proteína y grasa

Genotipo

En ganado caprino y en contra de lo expresado para ganado porcino (Candek-Potocar y col., 1998), Johnson y col. (1995) no observaron diferencias en cuanto a la composición química de tres genotipos distintos criados en EEUU, lo que quizá pudo ser debido a las escasas diferencias existentes entre dichos genotipos.

Sexo

Johnson y col. (1995) al comparar machos enteros, castrados y hembras, no observaron diferencias en la composición química de la carne de los mismos. De igual manera, Hogg y col. (1992) no obtuvieron diferencias entre machos castrados y hembras de cruces de Saanen x Angora de diferentes pesos, aunque las hembras presentaron un porcentaje graso ligeramente superior a costa de la reducción de la cantidad de agua presente en el músculo.

En ganado ovino, se ha descrito por Horcada y col. (1998) un mayor porcentaje de grasa intramuscular en hembras que en machos sacrificados a similar peso.

Músculo

La naturaleza del músculo testado parece influir en la composición química del mismo, sobre todo en los niveles de humedad y grasa, permaneciendo regularmente constantes los porcentajes de proteína y cenizas, como así han observado Hogg y col. (1992) trabajando con cabras cruzadas de raza Saanen x Angora. Similares variaciones en los contenidos de grasa en función de la localización

anatómica han sido reportados por Butler-Hogg y Buxton (1986) en ganado ovino y Sinclair y O' Dea (1987) en ganado vacuno.

Peso sacrificio

Para el ganado caprino se ha descrito un incremento del porcentaje de grasa intramuscular del 240% al pasar de un 1.75 a un 4.2% en animales sacrificados a los 9.4 y 15.8 kg de peso canal (Hogg y col. 1989 y 1992).

2.3.1.2. Factores de variación extrínsecos de la humedad, proteína y grasa

Alimentación

En el caso particular del ganado caprino, Ribeiro y col. (1997) realizaron una experiencia encaminada a observar las características de la carne de cabritos alimentados con suero de quesería y sacrificados a los 12 kg. Ellos observaron que el único parámetro en el que la alimentación con suero de quesería mostró diferencias estadísticamente significativas fue la grasa, la cual descendía conforme se incrementaba el porcentaje de suero, explicando este comportamiento por el menor contenido en energía que recibían los animales con alimentación a base de ese alimento.

La realimentación con concentrados tras un período de alimentación exclusiva en pasto de vacas adultas, parece ejercer un claro efecto sobre la composición química básica del músculo (Boleman y col., 1996). Así, conforme se incrementaban los días de realimentación de concentrado, la humedad y la proteína disminuía, si bien, porcentualmente la humedad lo hacía de una manera mucho más evidente, mientras que la grasa aumentaba.



2.3.2. Colágeno

El tejido conjuntivo de la carne está compuesto principalmente de elastina, colágeno, reticulina y complejos proteicos de mucopolisacáridos. La contribución de la elastina a la variación de la terneza se considera muy baja (Cross y col., 1973), siendo el colágeno el principal componente que afecta a la calidad de la carne.

El incremento del tejido conjuntivo provoca un incremento de la dureza de la carne, dependiendo éste de la actividad del músculo que se trate, siendo los músculos de mayor actividad los que poseen mayor cantidad de colágeno. Así, el músculo *semimembranosus* (SM) posee más colágeno que el *Longissimus dorsi* (LD) (Herring y Cassens, 1967).

La exclusiva evaluación del contenido de colágeno como única apreciación de la textura de la carne es insuficiente para explicar la misma, dado que existen otros factores que influyen, como son la red tridimensional formada por el colágeno, la población de fibras musculares y el estado de contracción de la carne (Heinze y col., 1986).

Se ha encontrado una marcada relación entre la solubilidad del colágeno y la dureza de la carne, siendo menos resistentes al corte aquellas carnes que poseen altos porcentajes de solubilidad de su colágeno. De esta manera, valores medios de 5.0 (N hidroxiprolina/N x 1000) para la raza Boer (Van Niekerk y Casey, 1988) han sido descritos, siendo mayores que en ovino, donde valores medios de 4.56 mg/g han sido reportados por Abouheif y col. (1995) en corderos de 40 kg de PVS, así como un porcentaje de solubilidad entre el 13.3 y 17.2 %.

2.3.2.1. Factores de variación intrínsecos del porcentaje y solubilidad del colágeno

Edad

La pérdida de solubilidad del colágeno es el factor que más afecta al incremento de la dureza de la carne al aumentar la edad del animal (Herring y Cassens, 1967). En general, la cantidad total de colágeno no

parece cambiar con la edad, si bien la proporción de colágeno soluble disminuye con el envejecimiento del animal (Cross y Carpenter, 1973).

Velocidad de crecimiento

Shimokomaki y col. (1972) observaron que la estabilidad de los puentes de colágeno, estuvo más relacionada con la velocidad de crecimiento que con la edad del animal. Esto fue corroborado por Dutson (1976) al afirmar que la creación de enlaces permanentes en el colágeno era más o menos constante, de tal forma que cualquier incremento en la producción de colágeno joven incrementaba las tasas de solubilidad del mismo. En este sentido, Aberle y col. (1981) trabajando con terneros en régimen intensivo y aumentando su velocidad de crecimiento, obtuvieron un incremento de la solubilidad de su colágeno y mejora por ende de la textura de la carne.

Edad

Para Young y Braggins (1993) en sus experiencias con ganado ovino, la cantidad de colágeno se mantuvo estable desde los cuatro meses de vida hasta los cinco años, mientras que por el contrario su solubilidad disminuía.

2.3.2.2. Factores extrínsecos de variación del contenido y solubilidad del colágeno

Alimentación

Abouheif y col. (1995) no observaron efecto estadísticamente significativo del nivel de energía en la dieta sobre la concentración de colágeno en la carne de corderos, si bien apreciaron una diferencia en la solubilidad del mismo, siendo mucho mayor en aquellos animales que recibieron una dieta con mayor cantidad de energía. La explicación que a este hecho aportaron los autores estuvo basada en la mayor velocidad de producción de proteína de los animales alimentados con dietas de alta concentración energética, lo que da como resultado una mayor



cantidad de colágeno reciente, el cual presentaba una mayor facilidad de solubilización (Price y Schweigert, 1971).

De manera similar se han expresado Boleman y col. (1996) trabajando con vacas adultas a las que tras un período de alimentación en un plano bajo de nutrición, aplicaban diferentes periodos de realimentación con concentrado, no afectando los mismos a la cantidad total de colágeno pero sí al porcentaje de colágeno soluble presente en el músculo. Por otra parte no existió una relación entre la cantidad de proteína en la dieta y la proporción de colágeno depositado en el músculo.

Electroestimulación

En corderos y terneros, la estimulación eléctrica de las canales parece no afectar a los niveles de colágeno en el músculo ni a la solubilidad que éste manifiesta (Hawrish y col., 1987; Abouheif y col., 1995).

Ejercicio

Según Aalhus y col. (1991) parece existir una reducción de la cantidad de colágeno en los músculos de animales ejercitados, causado por un efecto de dilución al incrementarse las proteínas miofibrilares con la hipertrofia de las fibras, si bien esto conlleva una reducción en la solubilidad del colágeno presente en dichos músculos.

2.4. Composición fibrilar del músculo esquelético estriado

2.4.1. Tipos de fibras en el músculo esquelético

En el año 1678 se aportaron las primeras clasificaciones de músculos, basadas en la estimación objetiva de características que, como el color, distaban mucho de su realidad fisiológica e histológica.

Así, Stefano Lorenzini* (1678) clasificó los músculos en rojos y blancos. A partir de este trabajo se sucedieron una serie de estudios que trataban de buscar una explicación a este hecho teniendo en cuenta las características estructurales y/o fisiológicas de la propia fibra muscular. En esta línea, los estudios más extensos los realizó Ranvier* (1873, 1874 y 1875) quien, además de confirmar las observaciones previas referentes al mayor aporte sanguíneo que recibe el músculo rojo, estableció la correlación: fibras rojas o de contracción lenta y, fibras blancas o de contracción rápida. La diferenciación de fibras por su mayor o menor contenido en gránulos fue realizada por Kollinger (1857)*, quien los relaciona con el metabolismo fibrilar. Estas observaciones fueron corroboradas posteriormente por Sruzner* (1884) y Retzius* (1890), proponiendo la denominación de *sarcomas* (mitocondrias) a dichos gránulos. Un año más tarde, Knoll* (1891) sugirió clasificar las fibras como ricas y pobres en protoplasma (fibras oscuras y claras, respectivamente). Observó, además, que músculos de actividad constante (oculomotores, masticadores y respiratorios) se encontraban integrados mayoritariamente por fibras oscuras. Asimismo, apuntó que los gránulos presentes en las fibras fueron de naturaleza lipídica. En este sentido, la técnica del Sudán III fue aplicada por Bullard* (1919), clasificando las fibras en oscuras, intermedias y claras, según su mayor o menor contenido en grasa. Indicó también este autor que la proporción y tamaño de cada tipo fibrilar variaba, dependiendo del músculo analizado.

Con posterioridad a estos resultados, Denny y Brown* (1929), encontraron en el gato fibras oscuras y claras e intentaron, sin conseguirlo, establecer una correlación entre las características histológicas de las fibras y su velocidad de contracción.

Mediante centrifugación, Bensley y Hoer* (1934) consiguieron localizar ciertas enzimas de diferentes fracciones de las fibras musculares, demostrando una correlación entre la densidad mitocondrial y la actividad respiratoria celular. Los estudios de Paul y Sperling* (1952), confirmaron esto último al evidenciar que, en los músculos blancos, pobres en mitocondrias, la actividad respiratoria era mucho más baja que en los músculos rojos, ricos en mitocondrias.

* Citados por Dubowith (1985).



Con la puesta a punto de las técnicas histoquímicas se reveló la localización de ciertas enzimas y otros componentes químicos a nivel celular en el músculo esquelético. De este modo fue posible establecer una correlación directa entre morfología fibrilar y actividad funcional. Usando la clásica técnica del azul de metileno, que permite la detección de la actividad de la succínico deshidrogenasa (SDH), Semenoff (1935) encontró variaciones entre las fibras de músculos de los anfibios. Aplicando técnicas más sensibles y depuradas para la detección de la enzima referida, Seligmang y Rutenburg (1951) también describen esta variación en el músculo de la rata. La diferenciación de tres tipos de fibras, según la actividad SDH es realizada por Ogata (1958), quien al trabajar sobre músculos de anfibios, peces, aves y mamíferos describe:

- a) Fibras de gran tamaño, blancas y de escasa actividad enzimática.
- b) Fibras de pequeño tamaño, rojas y de elevada actividad enzimática.
- c) Fibras de tamaño intermedio, con actividad enzimática media.

Una relación recíproca entre la actividad fosforilasa y varias enzimas oxidativas es encontrada por Dubowitz y Pearse (1960), denominándolas de la siguiente forma:

Fibras tipo 1: alta actividad oxidativa y baja glucolítica.

Fibras tipo 2: baja actividad oxidativa y alta glucolítica.

Brooke y Kaiser (1970) definieron tres tipos de fibras en el músculo esquelético del hombre. De esta forma, además de las fibras tipo I (de color claro a pH 9.4), describen dos subtipos dentro de las fibras tipo II (de color oscuro a pH 9.4) a las que denominan IIA (claras a pH 4.6 y 4.3) y IIB (oscuras a pH 4.6 y claras a pH 4.3). Incluso llegaron a reconocer un tercer subtipo, las fibras IIC, que siguen siendo algo oscuras a pH 4.3. No obstante, la nomenclatura de los tipos de fibras sufrió posteriores modificaciones, creándose cierta confusión al no existir un sistema único.

Debido a la gran variabilidad de métodos empleados en la técnica m-ATPasa (distintas preincubaciones en medios de diferente pH),



Solomon y Dunn (1980), trabajando con músculos esqueléticos de ovino, porcino y bovino, ajustaban el pH de las preincubaciones para obtener los mejores resultados tintoriales con tinciones m-ATPasa y SDH, economizando tiempo y material en las tinciones. Así, para el ovino, el pH de preincubación lo fijaron en 4.35, para el porcino en 4.3 y para bóvidos en 4.15. Con estas preincubaciones, además de asegurar resultados tintoriales óptimos, ahorraron un 65% del material y tiempo empleado. Estos autores identificaron tres tipos de fibras musculares que denominan βR , αR y αW .

Sin embargo, debemos señalar que lo expuesto anteriormente no siempre se ajusta a la realidad. La estimación de la actividad enzimática de las fibras aisladas mediante microdissección ha puesto de manifiesto la existencia de una marcada variabilidad entre los tipos de fibras y su actividad SDH. De esta forma, mientras en el conejo existe una correlación entre las fibras IIA y IIB (Brooke y Kaiser, 1970) y fibras FOG y FG (Peter y col., 1972), en otras especies ésta no se aprecia (Dubowitz y col., 1985; López Rivero, 1988).

Con la introducción de modernas técnicas inmunohistoquímicas, basadas en el poder antigénico de la miosina, se ha podido constatar que cada tipo de fibra contiene una isoforma de miosina característica, llegándose a establecer una correlación entre la tinción obtenida con las técnicas de m-ATPasa y el tipo de miosina que predomina en la fibra (Pierobon y col., 1980, 1981; Carpenne y col., 1982). Así, se ha demostrado que los tipos de fibras que poseen diferente actividad m-ATPasa contienen diferentes isoformas de miosina (Weeds, 1980), aceptándose, de forma general, que las fibras tipo I (lentas) difieren de las tipo II (rápidas) en el modelo electroforético tanto de sus cadenas ligeras (Hoh y col., 1976) como de las pesadas (Billeter y col., 1981).

Aunque las fibras I, IIA y IIB parecen ser suficientes para cubrir la mayoría de las necesidades funcionales del músculo esquelético, otros tipos descritos en algunas especies o en determinados músculos se asocian con especiales adaptaciones funcionales (Mascarello y col., 1986). De esta forma, Snow y col. (1982) realizaron un extenso trabajo aportando resultados y técnicas muy interesantes. En base a modificaciones realizadas en las técnicas ATPásicas y aplicando sueros antimiosina (anti IIA y anti IIB), subdividieron las fibras tipo II del perro



en dos poblaciones principales. Ambos tipos de fibras presentan un potencial metabólico oxidativo/glicolítico y, desde el punto de vista inmunohistoquímico, difieren en la estructura de las cadenas pesadas de la miosina y en las reacciones que presentan al enfrentarlas a sueros antimiosinas IIA y IIB. Por lo expuesto, estos autores indicaron que es posible identificar en el semitendinoso del perro cuatro tipos de fibras, que podrían denominarse como I, IIA, II del perro y IIC. Sus resultados indican que en el perro no existe la clásica fibra IIB glicolítica, sino que ésta se encuentra reemplazada por otro tipo de fibra II de marcada actividad oxidativa y con características ATPásicas e inmunohistoquímicas propias que la hacen diferente de las IIA.

Ejemplos de adaptaciones fibrilares son los que se dan en la musculatura estriada del esófago y en los músculos oculomotores. Las fibras denominadas como Iloes, con un tipo característico de miosina (Mascarello y col., 1984), han sido descritas en el esófago del perro y gato, mientras que en otros mamíferos la musculatura esofágica se compone de fibras tipo I y II (hombre, herbívoros) o de fibras tipo IIA (cobaya, rata y conejo). Otro tipo de fibra denominada IIEO ha sido descrita en los músculos extraoculares, particularmente rápidos (Close y Luff, 1974; Harson y Lennerstrand, 1977), y se caracteriza también por tener una isoforma rápida de miosina diferente a la de las otras fibras catalogadas como rápidas.

En el caso del ganado caprino, la mayoría de los trabajos realizados hasta el momento utilizan técnicas histoquímicas para clasificar la población de fibras musculares. Desde este punto de vista se han analizado multitud de músculos tales como el semitendinoso y semimenbranoso (Suzuki, 1989), diafragma y masetero (Ibebunjo y col. 1996), músculos hioideos y de la lengua (Ibebunjo, 1993). Mediante la utilización de técnicas inmunohistoquímicas, solamente Manabe y col. (1996) diferenciaron fibras de tipo I de fibras tipo II. En todos los trabajos basados en histoquímica se diferencian, mediante técnicas de ATPasa (con preincubación ácida o alcalina), dos tipos de fibras, las tipo I y las tipo II, siendo en algunos de ellos (Suzuky, 1989) donde se subclasifican las fibras de tipo II en tres grupos combinando la ATPasa con técnicas oxidativas. La utilización conjunta de técnicas histoquímicas e inmunohistoquímicas ha revelado la ausencia de



correspondencia entre ambas técnicas para el caso de las fibras de tipo IIA, IIB y IIAB (Argüello y col., 1998c).

2.4.2. Desarrollo postnatal y tipos de fibras musculares

En la mayoría de especies animales se han hecho estudios del desarrollo postnatal del músculo esquelético centrados fundamentalmente en la evolución que experimentan las diferentes poblaciones fibrilares. Los hallazgos de Ommer (1971) y Ashmore y col. (1972) demuestran que el inicio de la diferenciación fibrilar varía según la especie. Esta variación guarda relación directa con la duración de la gestación, ya que repercute en el mayor o menor grado de madurez de la fibra muscular en los neonatos (Dubowitz, 1965).

Diferentes investigadores han estudiado los cambios en cuanto a la distribución y aspectos histoquímicos de los tipos de fibras musculares durante el desarrollo postnatal en la mayoría de las especies de mamíferos (Brooke y col., 1971; Tomanek, 1975; Kugelberg, 1976). En este sentido existen especies en las que la diferenciación de los tipos de fibras al nacimiento es escasa, como la rata (Ovalle y col., 1983), gato (Tomanek, 1975), cerdo (Dwyer y col., 1993), conejo (Jöbsis y Meijer, 1973) y perro (Gil y col., 1987). Por el contrario, las fibras musculares han sido bien definidas en periodos neonatales en la especie humana (Colling y Saltin, 1978) y caballo (Analqueeb y Goldspink, 1986).

Las técnicas m-ATPásicas aplicadas al músculo en desarrollo han aportado interesantes datos, ya que el modelo de tinción que se ha detectado en las fibras durante el periodo embrionario, fetal y neonatal se pierde de forma gradual y progresiva hasta la constitución definitiva de los modelos adultos (Gil, 1986). Además, los estudios inmunohistoquímicos indican que durante el desarrollo postnatal de los mamíferos, las isoenzimas *lenta* y *rápida* de la miosina coexistían en todas las fibras que integran músculos de contracción rápida (Gauthier y col., 1978). Este hecho se ha relacionado con la existencia de una inervación polineural durante dichos periodos, y cuando ésta era sustituida por una inervación simple (una placa motora por fibra muscular), la fibra quedaba definitivamente configurada con el tipo



específico de miosina que le corresponde (Gauthier, 1980). No obstante, Rubistein y Kelly (1981) refirieron que la síntesis del tipo definitivo de miosina, característico de cada fibra, tiene lugar antes de que se instaure la inervación simple, incluso desde la aparición de los miotubos. Además, está demostrada la existencia de distintos tipos de miosinas que, bajo la denominación de *embrionaria* y *neonatal* (Whalen y col., 1981), forman parte de la fibra muscular en desarrollo, describiéndose una sustitución gradual y progresiva (Dhoot, 1986) hasta conformar la miosina propia de la fibra del músculo adulto.

Desde hace varias décadas se estableció que en los mamíferos el número de fibras permanece invariable durante el desarrollo postnatal (Joubert, 1956; Staun, 1963). Este número, en un determinado músculo, queda relativamente fijado al nacimiento (Rowe y Goldspink, 1969) y permanece constante a lo largo de la vida del animal (Vigneron y col., 1986).

Según otros estudios, el patrón más común indica que durante el desarrollo muscular hay un pequeño cambio en el número de fibras musculares, si bien el aumento del tamaño del músculo se debe principalmente a la hipertrofia fibrilar (Staun, 1963; Davies, 1972; Swatland, 1975). Simultáneamente había cambios relevantes en el tipo metabólico de las fibras. Así al nacimiento todas las fibras son del tipo oxidativo, por lo que con el desarrollo, parte de esas fibras de contracción rápida y oxidativas se transformarían en fibras de contracción rápida y glicolíticas (Ashmore, 1974; Swatland, 1975). Por otro lado, algunas de las fibras de contracción lenta se transformarían en fibras de contracción rápida (Swatland, 1975).

La presencia de dos tipos de fibras al nacimiento ha sido evidenciada en la rata, conejo, hamster, cobaya (Dubowitz, 1968) y oveja, cerdo y vaca (Ashmore y Doerr, 1971; Ashmore y col., 1972).

Se ha sugerido que un número variable de factores puede estar correlacionado con la diferenciación de la fibra en las primeras cinco semanas del crecimiento postnatal, incluyéndose entre ellos se incluye la inervación (Vrbová y col., 1985), el estiramiento o sobrecarga de los músculos (Lowrie y col., 1989) y los niveles de tiroxina (Sugie y Verity, 1985).



Un problema importante en conejos jóvenes, y en otros mamíferos recién nacidos, radica en que las reacciones histoquímicas, indicadores fiables de la actividad bioquímica de la m-ATPasa en los adultos, pueden conducir a error en animales muy jóvenes. Así, Guth y Samaha (1972) descubrieron que la reacción histoquímica para la m-ATPasa sobrevaloraba su actividad bioquímica, de forma que la diferenciación histoquímica de las fibras rápidas se revelaba con antelación a su diferenciación funcional o bioquímica. La explicación a esta paradoja puede consistir en que los conejos, y probablemente la mayoría de las restantes especies, tienen tres formas de miosina: un tipo embrionario, un tipo adulto rápido y un tipo adulto lento. Bioquímicamente el tipo embrionario es casi tan rápido como el tipo adulto rápido, y es, asimismo, estable a pH alto.

2.4.3. Factores de variación intrínsecos de la composición fibrilar del músculo

2.4.3.1. Sexo

Ya Hammond (1932) observó un mayor tamaño de las fibras musculares en machos en comparación con las hembras y machos castrados. Por su parte, Dreyer y col. (1977) analizaron el efecto del sexo, constatando que los músculos del toro tienen mayores porcentajes de fibras rojas y menores de fibras blancas que los músculos del toro castrado. En este sentido Seideman y Crouse (1986) señalaron que los animales castrados tienen menor proporción de fibras rojas lentas, y menor área de fibras rojas e intermedias que los toros y los toros con implantes de estrógenos. Clancy y col. (1986) indicaron que la implantación en el vacuno de agentes anabolizantes lleva consigo un aumento en el porcentaje de fibras rápidas oxidativas y una disminución en el de fibras rápidas glicolíticas.

En cambio, haciendo referencia a las hembras, la ovariectomía de terneras prepúberes no afecta a las proporciones de los distintos tipos fibrilares (Vestergaard y col., 1995).



2.4.3.2. Genotipo

La especie animal juega un importante papel en el tamaño fibrilar, como así a sido reportado por, Goldspink (1962), Luff y Goldspink (1967) y Moody y Cassens (1968).

Ashmore y col. (1972), al estudiar el desarrollo postnatal de los tipos de fibras musculares en los animales domésticos, señalaron que factores como la domesticación podría determinar un aumento significativo de la musculatura animal. Refirieron también que la selección para aumentar la musculatura y las prácticas de manejo que tienden mayoritariamente a restringir la actividad de los animales productores de carne, conllevaron un aumento significativo del magro debido a una transformación de las pequeñas fibras αR en las grandes fibras αW .

Guenther (1977) al analizar el longísimo del dorso del vacuno, manifestó que la transformación de fibras αR en αW dependía de la raza, por lo que ésta ejercía una influencia significativa sobre el diámetro de la fibra muscular de forma que los diámetros fibrilares son mayores en las razas de madurez temprana.

Solomon y col. (1981), estudiando el efecto del peso al sacrificio y la raza sobre las propiedades histológicas del músculo esquelético del ovino, encontraron que la raza puede influir en la transformación de fibras αR a fibras αW . En lo referente al tamaño fibrilar sólo obtuvieron diferencias significativas en el diámetro de las fibras βR , observando que su tamaño variaba entre los genotipos de corderos de madurez temprana y tardía. También demostraron que los porcentajes relativos de los diferentes tipos de fibras permanecieron constantes aunque el peso de sacrificio aumente. Asimismo, observaron que el porcentaje de piezas cárnicas y el grado de calidad de la canal, como todos los índices de grasa, estaban correlacionados positivamente con el tamaño de las fibras βR . Estas correlaciones indicarían que a medida que una canal se



hace más grande y grasa, acontece un incremento del tamaño de las fibras βR y de los factores de calidad de la canal.

Hawkins y col. (1985b) llevaron a cabo un estudio donde analizaron la influencia del tipo genético y peso de sacrificio sobre el desarrollo de la fibra muscular en el longísimo del tórax y semimembranoso de la oveja. En lo referente al tipo genético, observaron que el diámetro de la fibra muscular no continúa aumentando cuando el animal alcanza la madurez fisiológica, de tal forma que, con el incremento de peso, las razas de maduración temprana experimentan incrementos en el tamaño fibrilar, mientras que las razas de maduración tardía no lo hacen, siendo las fibras βR las que menos varían de tamaño. En cuanto a los porcentajes fibrilares, expusieron que al aumentar el peso de sacrificio las fibras que se afectan son las αR y αW , aumentando o disminuyendo en número según el tipo genético.

En el caso del ganado porcino, los cerdos seleccionados presentaron hasta tres veces más concentración de GH que los cerdos salvajes, rentando unas carnes con más tendencia a la aparición de procesos PSE debido a una mayor proporción de fibras de tipo II (Weiler y col., 1995). Sin embargo, la inyección de GH sólo parece afectar al tamaño de las fibras y no a sus proporciones, lo que ha quedado evidenciado por Beermann y col. (1990), Solomon y col. (1990), Lefaucheur y Bonneau, (1992) trabajando en cerdos, o bien por Vestergaard y col. (1995) en terneras prepúberes.

Diversos estudios (Jackson y Green, 1993; Jackson y col., 1993a, b) han demostrado la presencia de un gen en la oveja que determina una musculación extrema (corderos callipyge). Comparados con los “corderos normales”, dichos animales presentan una eficiencia alimenticia y una composición de la canal superiores. Esta circunstancia fue aprovechada por Koohmaraie y col. (1995) para estudiar la diferencia entre distribución, número y tamaño de los tipos de fibras en estos dos tipos de corderos, evidenciando que el longísimo de corderos callipyge se caracterizaban por presentar menor número de fibras βR y una gran proporción de fibras αW , que junto a las fibras αR son las que ostentan mayor área. Por lo tanto, concluyeron que la



extrema musculación que caracteriza a los corderos callipyge era en parte debida a la hipertrofia de las fibras α R y α W.

Un estudio similar ha sido realizado por Carpenter y col. (1996), aunque analizando músculos diferentes (glúteo medio y supraespinoso). Al igual que los autores anteriormente citados, detectaron que en corderos callipyge los músculos se caracterizaban por tener una mayor proporción y tamaño de las fibras FG (rápidas-glicolíticas) y FOG (rápidas/oxidativas-glicolíticas), habiendo sido muy escasas y de menor tamaño las fibras lentas-oxidativas (SO). Concluyeron también que la hipertrofia muscular de los corderos callipyge estaba fuertemente asociada a las fibras tipo FG, de mayor proporción y tamaño que en los corderos “normales”.

2.4.3.3. Edad

Johnston y col. (1975) apreciaron que la frecuencia de fibras β R con diámetros muy grandes aumentaba con la edad en el vacuno, mientras que el número de fibras α R y α W de grandes diámetros disminuía.

Respecto al peso de sacrificio, Moody y col. (1980) comprobaron que conforme éste se incrementaba las fibras β R aumentaban de tamaño, mientras que las fibras α R y α W no lo hacían siempre. En lo referente al porcentaje fibrilar, los autores afirmaron que al aumentar el peso las fibras β R eran menos numerosas, mientras que las fibras α R y α W se evidenciaban en mayor proporción.

Las investigaciones realizadas por Yamaguchi y col. (1993) con ratas para observar cómo el crecimiento afectaba al área de las fibras, confirmaron que ésta era más dependiente del crecimiento del animal que de la edad del mismo, ya que animales de diferente edad e igual peso sólo presentaron ligeras diferencias en cuanto al área de las fibras se refiere, mientras que por el contrario las ratas de igual edad y diferente peso mostraron grandes diferencias. Estos mismos autores concluyeron que la transformación de fibras estaba más relacionada con la edad que con la alimentación o el crecimiento que manifiesten los animales.

En vacuno, Geay (1992) estudió el efecto de la edad sobre la actividad oxidativa/glicolítica de cuatro músculos (semitendinoso, recto del abdomen, tríceps braquial y longísimo del dorso), señalando que entre las 12 y 29 semanas disminuía la actividad oxidativa, para incrementarse lentamente una vez superadas las 39.

2.4.4. Factores de variación extrínsecos de la composición fibrilar del músculo

2.4.4.1. Alimentación

El efecto de la dieta sobre el tamaño fibrilar fue analizado por Staun (1972), observando que una dieta rica en proteína llevaba consigo un aumento del tamaño de las fibras en vacuno, cerdo y rata, sin que, en ningún caso, se viese alterado el número de las mismas.

Para Moody y col. (1980) alimentando corderos, bien con pasto o bien con concentrado, observaron un aumento en el diámetro de las fibras β R y un incremento en la proporción de las α R a favor de los primeros.

Seideman y Crouse (1986) han referido que un aumento en el nivel energético de la dieta en ganado vacuno induce un incremento en el número y una disminución en el tamaño de las fibras blancas, mientras que las fibras rojas disminuyen en su área relativa.

También en vacuno, Klosowski y col. (1992)** analizaron el efecto que el tipo de alimentación tiene sobre la composición fibrilar del músculo, demostrando que una dieta rica en fibra determinaba músculos con mayores porcentajes de fibras blancas y glicolíticas, a diferencia de los alimentados con una dieta rica en grasa, donde predominaron las fibras oxidativas. En este mismo sentido se pronunciaron Payne y col. (1992), pero haciendo hincapié en que, para generalizar los efectos del tipo de dieta, deben ser analizados una gran variedad de músculos debido fundamentalmente a los diferentes ímpetus de crecimiento.

** Citado por Geay (1992)



Yamaguchi y col. (1993) estudiaron la importancia de la nutrición sobre el tamaño y proporción de los tipos de fibras en los músculos sóleo y extensor digital largo de la rata tras una restricción alimentaria. Esta afectó al peso del músculo, y por tanto al área de las fibras; pero en cambio no ejerció influencia sobre los distintos miocitos ya que no se observaron transformaciones entre tipos de fibras. En una línea similar, Dwyer y col. (1993) observaron que la ratio ganancia de peso/ingesta de alimento estuvo correlacionado con el número total de miocitos, siendo los animales con un número elevado de fibras musculares los que tuvieron una menor cantidad de deposición grasa, lo cual podría explicar un crecimiento más eficiente (Stickland y Goldspink, 1975).

El engorde de cabras parece ejercer un claro efecto sobre el diámetro de las fibras musculares, pasando de 37.8, 34.3 y 45.2 micras a 62.5, 60.9 y 64.7 micras en los músculos semitendinoso, longísimo del dorso y triceps braquial respectivamente según Gaili y Ali (1985).

El efecto que las restricciones alimentarias pudieran tener sobre la proporción a tamaño de las diferentes fibras musculares del ganado vacuno ha sido estudiado en profundidad por Yambayamba y Price (1991). Estos autores llegaron a la conclusión que restricciones severas de la alimentación durante dos meses no afectaban a las proporciones de fibras musculares pero sí a su tamaño, siendo menor en los animales que tuvieron una alimentación restringida. Un mayor periodo de restricción (4 meses), sólo incrementó ligeramente la proporción de fibras tipo I y redujo claramente el tamaño de todos los tipos fibrilares.

2.4.4.2. Ejercicio

En la especie porcina, Essén-Gustavsson y col. (1980) demostraron que el ejercicio conllevaba un aumento del metabolismo oxidativo, con incremento del área de las fibras oxidativas y un mayor cambio de fibras rápidas-oxidativas a fibras rápidas-glicolíticas.

2.4.4.3. Músculo testado



Los músculos con mayor porcentaje de fibras rápidas, parece que tienen una mayor capacidad para la hipertrofia y por tanto, para el crecimiento, dado que por su metabolismo serían menos dependientes del oxígeno (Nishiyama, 1965).

Solomon y col. (1981) constataron que el tipo de músculo afectaba al porcentaje final de fibras, habiendo sido el semimembranoso más rico en fibras βR que el longísimo del tórax de corderos.

2.5. Relación de la composición fibrilar del músculo con la calidad de la carne

La diferenciación de las fibras musculares durante el crecimiento y desarrollo constituye una parcela de la fisiología muscular que tiene importantes aplicaciones prácticas en la ciencia de la carne (Beatty y col., 1967; Cassens y col., 1969). La proporción relativa de los tres tipos de fibras en el músculo podría ser uno de los factores más influyentes en la heterogeneidad de la carne. De hecho, su calidad ha sido asociada con frecuencia a los tipos histoquímicos de fibras musculares (Essén-Gustavsson y Fjelkner-Modig, 1985; Stecchini y col., 1990) y a su tamaño (Romans y col., 1965; May y col., 1977).

Las investigaciones encaminadas a establecer una correlación entre los tipos de fibras y la calidad de la carne se han venido realizando durante las últimas décadas en distintas especies y razas de abasto, aunque con resultados no siempre concordantes (Totland y col., 1988; Leseigneur-Meynier y Gandemer, 1991; Weiler y col., 1995).

2.5.1. Composición química

Ashmore y col. (1972), al estudiar el desarrollo postnatal de los tipos de fibras musculares en los animales domésticos, indicaron que el menor contenido en lípidos intramusculares estaba asociado a los músculos blancos, mientras que los músculos más ricos en fibras rojas presentaban mayores contenido en fosfolípidos, triglicéridos y colesterol (Fiehn y Peter, 1973).



El área de las fibras tipo I o β R estaría relacionada con el grado de deposición grasa en el longísimo del vacuno (Melton y col., 1974; May y col., 1977) o en el longísimo del tórax y semimembranoso (Hawkins y col., 1985), siendo la carne más sabrosa y jugosa en los músculos oxidativos que en los glicolíticos (Hunt y Hedrick, 1977). Este hecho fue corroborado por Moody y col. (1980) al establecer, mediante panel de cata, correlaciones entre la terneza y la jugosidad con las fibras β R, advirtiendo que a medida que las canales eran más grandes y grasas había un cambio concomitante en los porcentajes de fibras β R y en los factores de calidad de la carne. Esta relación afianza la idea que son las fibras β R, más que las fibras α R o α W, las que ejercen mayor influencia sobre las características de palatabilidad de la carne.

Kadim y col. (1993) analizaron las características de calidad de la carne y tipos de fibras musculares en moruecos de dos líneas genéticas seleccionadas para alto y bajo espesor graso, destacando que en los primeros es claro el predominio de las fibras oxidativas, pero no observaron cambios respecto a la actividad m-ATPasa de las mismas. En este sentido, estudios previos ya habían demostrado una mayor proporción de fibras con elevada actividad SDH en ratas obesas (Campion y col., 1987**), si bien en cerdos seleccionados para incrementar el espesor graso, Seideman y col. (1989) advirtieron que una mayor proporción de fibras oxidativas no fue significativa.

Para algunos autores el número de fibras beta estaría correlacionado positivamente con el peso de la grasa interna (omental y perirrenal), mientras que el número de fibras tipo alfa lo estaría negativamente con el peso de la grasa de cobertura (Vigneron y col., 1986). Esto sucede ya que las fibras β R contienen numerosas gotas de lípidos y más lípidos totales intracelulares que otros tipos de fibras (Hawkins y col., 1985b), denotando que, conforme los corderos son más maduros y grasos, las fibras β R aumentan, coincidiendo así con lo manifestado por Solomon y col. (1981).

Con estos resultados se ha intentado predecir, a partir del porcentaje y área de los diferentes tipos de fibras musculares en la especie ovina, diversas características de composición de la canal, al comprobar que las correlaciones eran débiles y heterogéneas, aunque



parece que las fibras rojas serían mejores predictoras, sobre todo si se tiene más en cuenta el tamaño que el porcentaje (Vigneron y col., 1984).

2.5.2. pH

Las variaciones rápidas y extremas en el pH del músculo postmortem están asociadas a los músculos blancos, dado que el pH de la carne refleja primariamente la capacidad del músculo para el metabolismo anaerobio, y es el resultado neto del metabolismo tanto premortem como postmortem del glucógeno almacenado (Ashmore y col., 1972).

La variación en el contenido y proporción de tipos fibrilares entre los diferentes músculos que componen una canal determinan las diferencias de pH, que varía inversamente a la tasa de glucógeno presente en el músculo antes del sacrificio (Roncalés, 1994).

Trabajando tanto en ovino (Vigneron y col., 1986) como en porcino (Sosnicki, 1987), se ha observado que la evolución postmortem y las cualidades tecnológicas y organolépticas de la carne estaba directamente relacionadas con la microestructura y el metabolismo muscular. En concreto, la abundancia de fibras αR y de las que las rodean, las fibras αW , es de gran importancia, debido a que ambos tipos son susceptibles de degradar el glucógeno por una vía anaeróbica, produciéndose una acidificación de la carne tras el sacrificio, que cuando es demasiado rápida, contribuye a la aparición de carnes exudativas.

Para el caso del ganado porcino, los procesos postmortem se agudizan en fibras blancas, cayendo más rápidamente los niveles de pH (Monin y Ouali, 1991), hecho que sucede con mayor énfasis en razas seleccionadas que en rústicas, debido a la mayor proporción de dichas fibras en las primeras (Rede y col., 1986). En la oveja, con mayor proporción de músculos rápidos-rojos que contienen más glucógeno, los valores últimos de pH son más bajos (Monin y Ouali, 1991).



2.5.3. Dureza

Whipple y col. (1990) demostraron al estudiar el longísimo del tórax del vacuno, que existían coeficientes de regresión positivos entre el inhibidor de la proteasa calcio dependiente de un día de actividad y el porcentaje del área de las fibras β R, a pesar de lo cual no encontraron correlación entre la resistencia al corte y las características de las fibras musculares.

Uno de los cambios que se opera durante el ablandamiento de la carne es la degradación de la línea Z de las miofibrillas, fenómeno que se produce con mayor rapidez en las fibras blancas (Roncalés, 1994). Por ello, cuanto más glicolítico, contráctil o blanco sea un músculo, mayor será su velocidad de ablandamiento.

2.5.4. Capacidad de retención de agua (CRA)

Ya Goutefongea y Charpentier (1966) advirtieron que los músculos rojos tenían mejor capacidad de retención de agua que los músculos blancos, posiblemente porque la miosina lenta era significativamente más hidrofílica que la isoforma rápida.

Posteriormente, Valin y col. (1982) reflejaron en sus resultados que la proporción de los diferentes tipos de fibras parecía jugar un papel primordial en la determinación de la jugosidad de la carne, ya que observaron en el longísimo del tórax una correlación positiva con la superficie de las fibras rojas rápidas, y negativa con las proporciones de fosfolípidos musculares.

Vignerón y col. (1986) también señalaron que la carne de cordero, donde la musculatura es rica en fibras rojas, sobre todo tipo α R, era particularmente susceptible a la contracción por el frío, y que la capacidad de retención de agua de la carne era ligeramente superior, a igual pH, cuando se trataba de músculos más ricos en fibras rojas-lentas.

2.5.5. Color

El tipo metabólico del músculo es el factor más importante en la estabilidad del color, siendo los músculos rojos-lentos los que presentan un color más inestable (Roncalés, 1994). Aquellos músculos más ricos en fibras de tipo I poseen mayor cantidad de mitocondrias, y éstas pueden competir por el O₂ disminuyendo la formación de oximioglobina rojo brillante (Monin y Ouali, 1992). Por su parte, cuando hay un predominio de fibras blancas, el color de la carne es más claro (Rede y col., 1986).

2.6. Terneza

Para Lawrie (1998), de todos los atributos de calidad de la carne, la terneza es actualmente considerada el más importante por el consumidor medio, siendo incluso mayor que el aroma o color. Tras la muerte del animal, existe una primera fase en la que la dureza aumenta coincidiendo con el acortamiento de los sarcómeros y una segunda en la que la dureza disminuye por la acción de la proteólisis (Wheeler y Koohmaraie, 1994; Koohmaraie., 1996).

Numerosos factores han sido implicados en la determinación de la terneza en la carne de vacuno, tales como la solubilidad del colágeno (Sims y Bailey, 1980), el acortamiento por el frío (Pearson, 1986) y la proteólisis postmortem de las proteínas miofibrilares (Goll y col., 1983; Lanari y col., 1987; Koohmaraie, 1988)

En ganado caprino han sido relatados valores medios de resistencia al corte de 5.77 kg sobre longísimo del dorso de machos pertenecientes a la raza Black Bengal y sacrificados sobre los 18 kg de PVS (Kesava y col., 1984). En trabajos realizados por Argüello y col. (1998a) en cabritos de la ACC sacrificados entre los 6 y 10 kg, se observaron valores comprendidos entre 4.18 y 9.11 kg en diversos músculos.

2.6.1. Factores de variación intrínsecos de la terneza

2.6.1.1. Genotipo



En trabajos realizados con diversas razas ovinas autóctonas españolas, Sañudo y col. (1992) no han encontrado un efecto del genotipo en la dureza instrumental del músculo *Longissimus dorsii*, reportando valores medios de 4.59 a 5.18 kg/cm².

En el caso del ganado caprino, Johnson y col. (1995) no observaron diferencias estadísticamente significativas entre tres genotipos diferentes en cuanto a la fuerza de corte con célula Warner-Bratzler sobre diversos músculos. Sin embargo, Swan y col. (1998) en cabras Boer y Cashmere sí encontraron diferencias en la fuerza de corte a favor de las primeras para el músculo semimembranoso (9.1 vs 5.4 kgF medido con tenderómetro MIRINZ), variación no observada en el longísimo del dorso.

2.6.1.2. Sexo

Hogg y col. (1992) observaron que existían marcadas diferencias en la dureza de carne cocinada de cabras Saanen x Angora al comparar machos castrados y hembras, resultando los primeros un 16% más duros. Jonhson y col. (1995) demostraron en el mismo sentido que las hembras, a igual peso sacrificio, siempre presentaban carnes más blandas que los machos y machos castrados, no encontrando diferencias entre estos dos grupos. Estas diferencias han sido explicadas por la mayor cobertura grasa de las hembras, que les permiten mantener unas menores temperaturas en su interior y por tanto una mayor actividad autolítica.

2.6.2. Factores de variación extrínsecos de la terneza

2.6.2.1. Hormona de crecimiento

El aporte exógeno de GH es un inductor de menores niveles de grasa intramuscular en la carne de terneras prepúberes (Sandles y Peel, 1987; Vestergaard y col., 1995), terneras adultas de razas cárnicas (Schwartz y col., 1993), jóvenes terneros machos (Groenewegen y col., 1990) y machos castrados (Moseley y col., 1992). Esta reducción en la cantidad de grasa intramuscular puede inducir a una mayor resistencia



al corte, como así sucedió en el trabajo de Vestergaard y col. (1995) donde en terneras tratadas con GH, tras reducirse el porcentaje de grasa intramuscular en un 0.80%, la dureza se incrementó un 11.72% si bien no existieron diferencias estadísticamente significativas.

2.6.2.2. Peso sacrificio

En ganado ovino, los estudios realizados para el ablandamiento de la carne procedente de corderos con genotipo Calipyge (Field y col. 1997) han demostrado que, al incrementarse el peso del animal, la grasa de cobertura también aumentaba, favoreciendo el sostenimiento de la temperatura interior de la canal por más tiempo, de tal manera que la acción de las enzimas autolíticas propias del tejido se prolongaba y mejoraba así la terneza de esa carne.

En cabritos, la elevación del PVS de 6 a 10 kg no afectó a la dureza (Argüello y col., 1998a). Observaciones en el mismo sentido habían sido realizadas por Hogg y col. (1992) en cabras cruzadas Saanen x Angora.

2.6.2.3. Destete

Para Sañudo y col. (1998) no existieron diferencias en la dureza al corte de carne de corderos que fueron destetados y de aquellos que no lo fueron, oscilando los valores entre 3.83 y 3.70 kg para destetados y no destetados respectivamente.

2.6.2.4. Condición corporal

Alvarez y col. (1995) observan en cabras blancas serranas de mejor condición corporal una menor dureza al corte, achacando este fenómeno a un mayor porcentaje de grasa intramuscular en estos animales.

2.6.2.5. Alimentación



En el caso del ganado caprino, Johnson y McGowan (1998) trabajando con cabras nativas de Florida no encontraron un efecto claro de la alimentación intensiva en animales de 8 meses de edad, mientras que Pisula y col. (1994) si observaron un claro efecto del aporte de un suplemento proteico, en cabritos alimentados con lactorreemplazante, incrementándose la resistencia al corte en los animales que recibieron dicho suplemento (42.6 *vs* 35.7 N).

Las dietas ricas en energía parece que afectan positivamente a la terneza de los músculos en ganado ovino, como así lo demostraron Abouheif y col. (1995) en corderos de 40 kg de PVS. Esto mismo ha sido constatado en vacuno por Boleman y col. (1996), ya que tras una realimentación de 84 días con concentrado y por tanto un incremento en la velocidad de crecimiento de vacas adultas, se reduce la fuerza de corte de 7.1 a 5 kg.

2.6.2.6. Tratamientos postmortem

Oreo

Babiker y Bello (1986) no observaron influencia de la temperatura de oreo sobre la fuerza de corte de la carne en cabras del desierto. El tiempo de oreo sí que ejerce una clara influencia sobre este parámetro, reduciéndose la resistencia al corte un 11.63% al pasar de orear 24 a 48 horas (Hogg y col., 1992). La acción de las calpaínas parece ser la causante de este ablandamiento, como así ha sido demostrado en carnes de vacuno (Olson y col., 1976; Huff-Lonergan y col., 1995; Koohmaraie y col., 1995; Taylor y col., 1995).

Electroestimulación

Canales tanto de bovino (Boleman y col., 1996) como de ovino (Hagyard y col., 1980; Chrystall y col., 1984; Solomon y col., 1986; Abouheif y col., 1995) que sufrieron este tratamiento, presentaron una menor resistencia al corte.

2.6.2.7. Ejercicio

En corderos que fueron sometidos a entrenamiento en cinta se observó una mejoría en la textura de su carne, reduciéndose la resistencia al corte con célula Warner-Bratzler un 18% (Aalhus y col., 1991).

2.6.2.8. Músculo testado

Johnson y McGowan (1998) trabajando con cabras nativas de Florida observaron claras diferencias entre músculos, siendo el semimembranoso el que ofreció menor resistencia al corte, al compararlo con semitendinoso, aductor y biceps femoral.

Para Dransfield y col. (1980; 1981) el tipo de músculo juega un papel de máxima importancia en la maduración de la carne de vacuno, siendo ésta más rápida en los músculos de contracción rápida blancos que en los de contracción lenta rojos (Ouali, 1990). Tres son los principales factores que hacen del tipo de músculo un factor fundamental en la evolución de la maduración, en primer lugar el nivel de proteasas e inhibidores de las mismas en cada tipo de músculo, en segundo lugar la sensibilidad de las proteínas de cada tipo de músculo a las proteasas y finalmente, la presión osmótica (Ouali, 1990; Monin y Ouali, 1992).

Sañudo y col. (1998) han postulado que en algunos músculos, como puede ser el *Longissimus dorsii*, el papel del contenido del colágeno es superior al de su solubilidad.

2.7. pH

El pH muscular es considerado, por algunos autores, como la medida del metabolismo muscular postmortem y por tanto, un



indicador indirecto del estado de la glicolisis tras el sacrificio de los animales de abasto (Newbold y Small, 1985).

Los valores de pH en el momento del sacrificio para el longísimo de cabras Boer adultas se situaron sobre 7.26 y 6.82 en cabras anestesiadas y aturcidas por bala cautiva respectivamente, rondando los valores a las 24 horas entre 5.45 y 5.65 (Heffron y Dreyer, 1975). En cabras nativas coreanas, Kim y col. (1991) han observado valores de pH a las 24 horas para el *Longissimus dorsii* y *Semimembranosus* de 5.48 y 5.56 respectivamente, habiendo sido las diferencias estadísticamente significativas.

2.7.1. Factores de variación intrínsecos del pH

2.7.1.1. Genotipo

En ganado caprino, Swan y col. (1998) observaron diferencias entre el pH del LD entre razas Boer y Cashmere (6.04 y 5.7 respectivamente) lo que explicaron por las posibles diferencias debidas a un mal manejo presacrificio de los animales Boer. Por su parte, Alvarez y col. (1995), trabajando con cabras de raza Blanca Serrana, observaron valores de pH muy altos 5.86 a 6.19 atribuyéndolos a elevadas tasas de glucógeno, si bien no indicaron el momento de obtención del mismo. A los 45 minutos y a las 24 horas en músculo longísimo, Snell (1996) obtuvo valores de 6.6 y 5.9. En trabajos preliminares realizados sobre cabritos pertenecientes a la ACC y sacrificados a los 10 kg, se han relatado valores muy similares para el mismo músculo, de 6.55 y 5.85 a los 45 minutos y 24 horas respectivamente (Argüello y col., 1999b).

Por otra parte, Sañudo y col. (1992) no observaron diferencias ni en los valores de pH obtenidos ni en su evolución postmortem en cuatro genotipos diferentes de corderos (Rasa Aragonesa, Ojinegra de Teruel, Roya Bilbilitana y Fleischschaf x Rasa).

2.7.1.2. Sexo



En machos castrados y hembras cruzados Saanen x Angora de 30 kg de PVS aproximadamente, Hogg y col. (1992) no observaron diferencias entre machos y hembras en el pH a las 24 horas De igual forma, en corderos de raza Lacha y Rasa Aragonesa, Horcada y col. (1998) tampoco las apreciaron.

2.7.2. Factores de variación extrínsecos del pH

2.7.2.1. Estrés

El efecto del estrés *antemortem* sobre la caída del pH muscular ha sido ampliamente estudiado en los animales de abasto, siendo por lo general un factor que induce a la elevación del pH final de la carne. En el caso particular del ganado caprino Feidt y Brun-Bellut (1996) han observado que la inyección *antemortem* de adrenalina sobre cabritos de raza Alpina, provocó un incremento en el pH final (6.35 *vs* 5.70).

2.7.2.2. Alimentación

Dietas ricas en energía han proporcionado unos valores de pH iniciales y finales menores que las carnes procedentes de corderos que han consumido dietas pobres en energía (Solomon y col., 1986; Abouheif y col., 1995). Este hecho se explica por la menor concentración de carbohidratos en los animales alimentados con dietas bajas en energía, lo que provocaba una glicolisis menos intensa (Asghar y Henrickson, 1983; Basmeil y col., 1991).

En contra de lo anteriormente expresado, Sañudo y col. (1995) no observaron diferencias entre cabras con distinto nivel de condición corporal, pero si hubo una tendencia a la reducción del valor de pH en aquellos animales que poseían una mayor puntuación. Por otro lado, Kirton y col. (1989) tampoco observaron diferencias entre corderos que ganaban 11 kg y los que perdían o bien que se mantenían en su peso, en cuanto al pH final se refiere.



2.7.2.3. Electroestimulación

La electroestimulación de las canales ovinas produce un claro efecto sobre el pH, alcanzando valores más bajos cuando este tratamiento ha sido aplicado (Abouheif y col., 1995), posiblemente por una elevación de la actividad glicolítica.

2.7.2.4. Ejercicio

El ejercicio de los corderos no ha afectado, en los trabajos realizados, al pH final de las canales (Aalhus y col., 1991).

2.7.2.5. Músculo testado

Debido a las diferencias en los contenidos de glucógeno y en la composición fibrilar de los músculos, es obvio pensar que no poseerán los mismos valores de pH. En un trabajo realizado en cabritos de la ACC alimentados con yogur más lactorreemplazante, Argüello y col. (1999a) encontraron, tras analizar el pH en el momento del sacrificio, a los 45 minutos tras el mismo y finalmente, a las 24 horas de oreo, diferencias entre los músculos triceps braquial, *Longissimus dorsi* y semimenbranoso.

2.7.2.6. Destete

Sañudo y col. (1998) comprobaron como la realización o no de destete en el manejo de los corderos podía influir en el pH de la carne, aunque únicamente a los 45 minutos tras el sacrificio.

2.7.2.7. Peso sacrificio

Argüello y col. (2000) obtuvieron un mayor valor de pH en cabritos sacrificados a los 25 kg de peso respecto a los sacrificados a los 6 kg. De igual forma, Sañudo y col. (1998) observaron un pH más alto en corderos sacrificados con 13 kg de peso canal en comparación con canales de 8 ó 10 kg. Ello posiblemente es debido al mayor contenido en glucógeno muscular de los animales de más peso.

2.8. Color

El color de la carne, condicionado por la cantidad y estado químico de la mioglobina (Lawrie, 1966), es, para algunos autores, el principal factor que influye en la compra por parte del consumidor (Miltenburg y col., 1992; Sañudo y Sierra, 1993). Hoy en día el estudio del color cobra una especial importancia debido a la comercialización de la mayoría de los productos cárnicos despiezados y presentados al consumidor en bandejas. Hasta el momento en la comercialización del cabrito en Canarias, esta situación no ha acontecido, dado que ésta se realiza en canales o medias canales, pero ya existen indicios que apuntan a la posibilidad de un despiece de cabrito y posterior comercialización en bandejas.

Tres son los factores que, según Sañudo y Sierra (1993), determinan el color de la carne.

- 1.- La cantidad de pigmento existente, fundamentalmente la mioglobina (que representa el 80-90% del pigmento total), cuyo papel es el de almacenar y transferir oxígeno.
- 2.- El estado químico de este pigmento en la carne, sobre todo en su superficie (Figura 4). La forma reducida (desoximioglobina Fe^{++}) presenta un color rojo púrpura. La forma oxigenada (oximioglobina Fe^{++}), que se produce por contacto con el oxígeno del aire, presenta un color rojo brillante muy apetecible por el consumidor. Finalmente la mioglobina oxidada (metamioglobina Fe^{+++}), originada por la exposición prolongada al oxígeno o bien cuando las presiones de oxígeno son bajas, posee un color marrón oscuro y provoca rechazo en los consumidores. Estas formas de la mioglobina se mantienen en equilibrio según los procesos de



autooxidación y de la actividad reductora del propio músculo, existiendo un gran desconocimiento sobre estos procesos en el ganado caprino.

3.- El estado físico de la carne determinará también el color de la carne, de tal forma que las carnes con pH final alto (DFD) presentan una coloración más oscura dado que las cadenas de actina y miosina se encuentran muy separadas por el agua retenida, provocando una mayor absorción de la luz. Por el contrario, cuando se alcanza un valor final bajo de pH, nos encontramos muy cerca del punto isoeléctrico de las proteínas y la CRA es mínima, formándose una estructura cerrada y existiendo un espacio muy reducido entre las cadenas de actina y miosina, reflejando gran cantidad de la luz que incide.

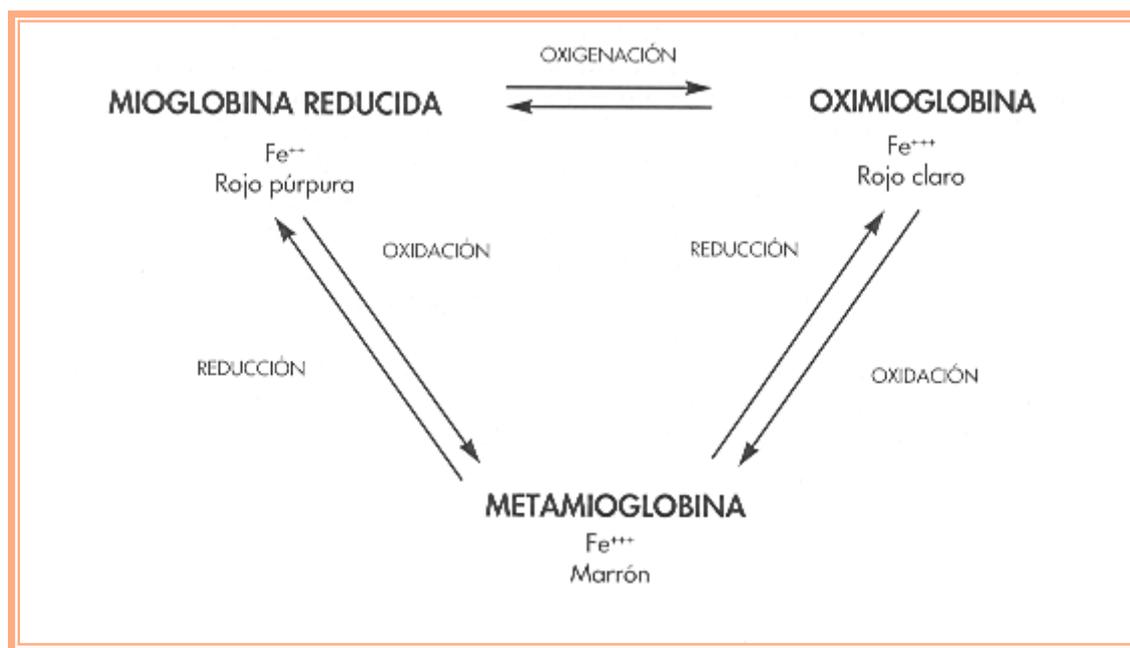


Figura 4. Principales estados de oxidación reducción de la mioglobina en la carne fresca (Tomado de Martín Bejarano, 1992).

Existe una marcada dependencia del color sobre el pH, Swatland (1990) demostró sobre músculo de vacuno esta relación, observando que los músculos con pH final más alto presentaban una apariencia más oscura al corte, debido a que la dispersión de las proteínas era baja.

Esta marcada relación entre el color de la carne y su pH ha sido reflejada por Wulf y Wise (1999) en longísimo de vacuno, tras agrupar diferentes animales en 9 categorías según el valor de L, comprobando que conforme dichos valores aumentaban, el pH disminuía.

Se dispone de escasas referencias acerca de medidas objetivas del color en la carne de ganado caprino. Babiker y col. (1990) sobre cabras del desierto de 35 kg de PVS obtuvo valores de 34.8, 13.98 y 20.50 para L, Croma y Hue respectivamente. Snell (1996) midió el color del músculo longísimo entre varios genotipos alemanes, a los 45 minutos y 24 horas tras el sacrificio obteniendo los siguientes valores: 37.2, 9.96 y 10.4 para L, Croma y Hue a los 45 minutos y 45.7, 11.07 y 18.43 a las 24 horas.

A la hora del análisis del color se ha de ser muy minucioso con las comparaciones entre músculos, dado que existen diferencias marcadas entre ellos (Chiofalo y col., 1983). Para Sañudo y Sierra (1993) se trata del principal factor de variación del color en una canal ovina, pudiendo llegar a duplicarse el valor de mioglobina de un músculo a otro.

2.8.1. Factores de variación intrínsecos del color

2.8.1.1. Genotipo

Basados en el sistema triestímulo CIE L a*b*, mientras que Barton-Gade (1988) y Candek-Potolak y col. (1998) han observado diferencias en claridad entre las carnes de diferentes genotipos, otros autores (Simpson y col., 1987; Lo y col., 1992) no las han apreciado. La gran variabilidad en las concentraciones de mioglobina de las razas porcinas (Barton-Gade, 1979) ha sido la principal razón aducida para la variabilidad en cuanto a los índices de rojo y cromaticidad se refiere.

En corderos de diferentes razas autóctonas españolas, Sañudo y col. (1992) observaron que los animales de raza Rasa Aragonesa presentaban carnes más claras que otros genotipos, coincidiendo con menores valores de pigmentos hemínicos.



2.8.1.2. Sexo

En ganado ovino, existen diferencias en la bibliografía al respecto. Para Sañudo y col. (1998) el sexo provoca diferencias en los parámetros del color y también en el contenido de pigmentos, lo cual justifica las diferencias encontradas. Por el contrario, Horcada y col. (1998) trabajando con la misma raza (Rasa Aragonesa) y peso canal no los encuentra, si bien no obtuvieron variación en la cantidad de mioglobina por gramo de carne.

2.8.1.3. Músculo

El músculo sobre el cual se mide el color es responsable de casi la mitad de la variación en el color de la carne Hood (1980), considerando al longísimo como uno de los músculos con mayor estabilidad y al psoas mayor como uno de los menos estables. Klont y col. (1998) observaron que la estabilidad del color no se debía exclusivamente al contenido en hemoglobina, sino que por el contrario, el músculo sobre el que se medía parecía tener un mayor efecto sobre el mismo con independencia de la cantidad de mioglobina que poseyera el animal.

2.8.2. Factores de variación extrínsecos del color

2.8.2.1. Alimentación

Las cabras con mejor condición corporal han presentado mayores índices de rojo a la par de una menor luminosidad (Sañudo y col. 1995). Dicho fenómeno se atribuyó a la alimentación de los animales, dado que los que tienen más reservas son, en general, los que más consumen y por tanto los que poseen mayores tasas de pigmentos hemínicos.

El efecto de la realimentación de vacas adultas con concentrado sobre el color de la carne ha sido evaluado por Boleman y col. (1996), observando que, conforme el tiempo de realimentación era mayor, la



luminosidad de la carne y el valor del Croma descendieron, manteniéndose los valores de Hue.

2.8.2.2. Peso sacrificio

Esta generalmente aceptado que con el incremento del peso sacrificio las carnes se oscurecen y aumentan los tonos rojizos, como así sucedió al comparar lechales de raza Lacha (5.85 kg de peso canal) con animales de un mayor peso, tales como ternascos de Rasa Aragonesa con 10.65 kg de peso canal (Horcada y col., 1998). En este sentido Sañudo y col. (1996) trabajando con corderos de 8 a 13 kg de peso canal, explicaron las diferencias encontradas por una distinta alimentación, al sustituirse la alimentación láctea por el consumo de concentrado.

2.8.2.3. Destete

En un ensayo realizado para observar el efecto del destete de los corderos sobre sus características cárnicas (Sañudo y col., 1998), se observó que los animales que se destetaban presentaban un mayor valor de Hue a las 0 y 24 horas tras el sacrificio, motivado principalmente por unos mayores niveles de mioglobina por gramo de carne.

2.8.2.4. Oreo

Babiker y Bello (1986) comprobaron un claro efecto de la temperatura de oreo sobre el color de la carne de cabras del desierto de Sudán, de tal forma que las canales que se orearon a más temperatura (34 °C) presentaron valores de luminosidad más bajos que aquellas que fueron oreadas en condiciones normales (4-7°C)

2.9. Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA es un importante factor en la tecnología y la calidad de la carne, dado que afecta a la carne antes, durante y después del



cocinado. La mayor parte del agua presente en la carne se encuentra entre los espacios formados por los filamentos gruesos de miosina y los finos de actina/tropomiosina. Este espacio se puede ampliar o reducir en función de factores tales como pH, longitud del sarcomero, fuerza iónica, presión osmótica y del estado del *rigor mortis* (Offer y Trinick, 1983). Las viejas teorías sobre la adsorción del agua por las proteínas mediante las fuerzas electrostáticas explican escasamente un 15 % del total del agua de la carne (Martín Bejarano, 1992).

Existe controversia acerca del role del pH en la CRA, pues autores como Hamm (1972) observaron que pequeñas diferencias en valores de pH comprendidos entre 5.5 y 6.5 producían grandes variaciones en la CRA, mientras que Bouton y col. (1971) observaron que variaciones del pH en el intervalo de 5.5 a 5.9 estaban escasamente correlacionadas con los valores de CRA.

De entre los posibles métodos para su determinación en fresco se encuentran (Prändl y col. 1994):

Método de compresión.- La muestra es sometida a una presión constante durante un determinado periodo de tiempo, siendo el jugo expelido inversamente proporcional a la CRA. Fácil en su realización, es el método más utilizado hoy en día.

Método de filtración.- Tras una homogeneización de la carne en presencia de líquido, ésta es filtrada a una temperatura de 5°C, controlando el peso de la muestra a lo largo del tiempo, considerándose las carnes con mayor capacidad de retención de agua las que mantienen más el peso. Muy fácil en su realización, presenta como principal defecto que no tiene en cuenta la cantidad propia de agua de la muestra, por lo que es escasamente utilizado.

Método de hinchamiento.- Basados en la capacidad que le resta a la carne para absorber agua. Muy prácticos en su ejecución, pero muy defectuosos en las conclusiones que se puedan extraer de ellos.



2.9.1. Factores de variación intrínsecos de la CRA

2.9.1.1. Sexo

La capacidad de retener agua por parte de la carne de cordero parece no verse afectada por el sexo, como así lo demostraron Horcada y col. (1998) en corderos de dos razas distintas (Lacha y Rasa Aragonesa), manifestándose en igual sentido Sañudo y col. (1998).

2.9.1.2. Genotipo

Para Candek-Potokar y col. (1998) existen diferencias en la CRA entre cerdos de razas puras como Duroc, Large White y Landrace, obteniendo valores comprendidos entre 47.3% y 50.1% de jugo expelido.

Sañudo y col. (1992) no encontraron diferencias entre genotipos ovinos autóctonos para los valores de CRA, estando éstos comprendidos en el intervalo entre 22.62 y 25.30 % de jugo expelido.

2.9.2. Factores de variación extrínsecos de la CRA

2.9.2.1. Condición corporal

En cabras de raza Blanca Serrana de diferentes condiciones corporales, Sañudo y col. (1995) no apreciaron diferencias en la CRA, obteniendo unos valores medios de entre el 12 y 18 % de jugo expelido.

2.9.2.2. Destete

El destete de los corderos parece no haber afectado a la CRA de sus músculos, tal como así lo atestigua el trabajo realizado por Sañudo y col. (1998) en el cual no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la CRA de animales destetados y no destetados.



2.9.2.3. Peso sacrificio

La elevación del PVS no afectó a la capacidad de retención de agua en corderos (Solomon y col., 1980; Sañudo y col., 1996). Sin embargo, en trabajos realizados con anterioridad en la misma especie (Hawkins y col., 1985a; López, 1987) se observó una ligera disminución de la CRA con el incremento del PVS.

En ganado caprino perteneciente a la Agrupación Caprina Canaria, Marichal (2000) observó una reducción en la CRA al elevar el PVS de 6 a 25 kg, acompañado de una reducción del valor de pH a las 24 horas tras el sacrificio.



3. Material y métodos

Para la realización de la presente experiencia, se han estudiado 40 cabritos machos enteros pertenecientes a la variedad Majorera de la Agrupación Caprina Canaria (ACC).

3.1. Material animal

Los cabritos fueron asignados, nada más nacer a uno de los cuatro lotes experimentales. El experimento se planteó, como un diseño 2x2, donde se estudió el efecto del tipo de lactancia utilizado, natural o artificial, con sacrificios a dos pesos distintos, 6 y 10 kg de peso vivo sacrificio.

El régimen de alimentación y manejo de los animales está descrito en el material y métodos del Capítulo II relativo al crecimiento de éstos cabritos.

3.2. Obtención de muestras

Tras el sacrificio de los animales y posterior oreo de 24 horas en cámara de refrigeración, se disecaron los músculos *Triceps brachii*, *Semimembranosus* y *Longissimus dorsi* (Figura 5), sobre los cuales se realizaron las pruebas que se describen a continuación.

3.3. Técnicas empleadas

3.3.1. Color

El análisis de color se ha realizado con un colorímetro Minolta CR-200, determinando el espacio de color definido por la norma CIE (Commission International d'Éclairage, 1976): plano cromático de coordenadas a^* (valores positivos corresponden a tonos rojos y negativos a verdes) y plano cromático de coordenadas b^* (valores positivos tonos amarillos y negativos azules), situándose perpendicular a ellos el eje L^* (luminosidad). Los valores de a^* y b^* se utilizaron para el



cálculo de C^* (croma) y de H° (ángulo Hue) mediante un sistema de coordenadas cilíndricas (Wyszecki y Stiles, 1982). Sus ecuaciones correspondientes son:

$$C^*_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$H^\circ_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* > 0 \text{ y } b^* > 0$$

$$H^\circ_{ab} = 90^\circ + \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* < 0 \text{ y } b^* > 0$$

$$H^\circ_{ab} = 180^\circ + \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* < 0 \text{ y } b^* < 0$$

$$H^\circ_{ab} = 270^\circ + \tan^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* > 0 \text{ y } b^* < 0$$



Figura 5. Localización anatómica de los músculos ensayados.

(1.- *Longissimus dorsii*, 2.- *Semimembranossus*, 3.- *Triceps brachii*)

El cromatismo representa el módulo o longitud del vector y el ángulo Hue la rotación del mismo (Figura 6). Los valores de L^* (luminosidad) se encuentran en una escala que va de 0 (negro) a 100 (blanco). Hue (ángulo Hue) viene en grados y Croma (cromatismo) al tratarse de un módulo, carece de unidades.

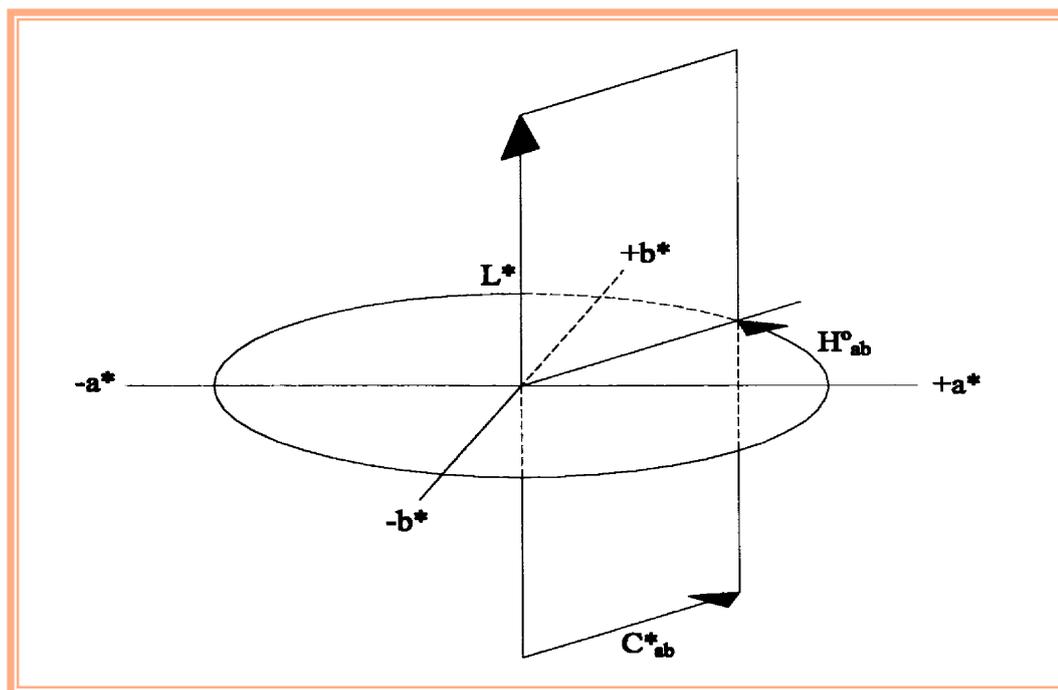


Figura 6. Representación en coordenadas cilíndricas (CIE, 1976), de los parámetros L^* (luminosidad), a^* , b^* , C^*_{ab} (cromatismo) y H°_{ab} (ángulo Hue).

El color fue medido en el momento del sacrificio, a los 45 minutos y a las 24 horas sobre la canal tras abrir una ventana en el tejido conectivo de los músculos citados anteriormente.

3.3.2. CRA

Se realizó por el método de presión según la técnica de Weismer-Pedersen, variante de Grau y Hamm (1953) y modificada por Sierra (1973). Para su realización se obtuvo una muestra de 5 g de carne, la cual fue troceada finamente con la ayuda de unas tijeras y se colocó entre dos láminas de papel de filtro circular Albet 238 de 12.5 cm de diámetro previamente pesado. Posteriormente, se dispuso entre dos placas de Petri invertidas (Figura 7) y se sometió a la presión ejercida por un peso de 2.250 kg durante un periodo de tiempo de cinco minutos. Tras este tiempo la muestra era retirada con rapidez de los papeles de filtro y éstos fueron inmediatamente pesados. La diferencia

entre el peso final e inicial de los papeles de filtro representaba el jugo expelido por la muestra de carne.

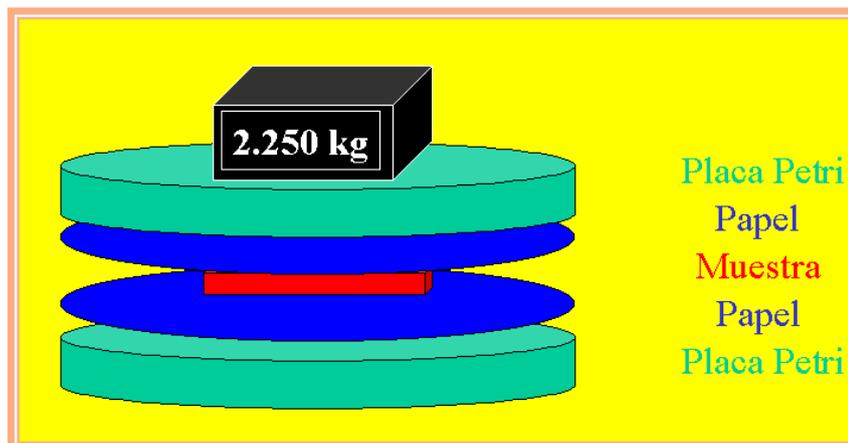


Figura 7. Esquema de la determinación de la capacidad de retención de agua.

3.3.3. Dureza

El método utilizado fue el de cizallamiento de Warner-Bratzler (WB). Muy utilizado en la determinación de la dureza en carne, consiste en una lámina con orificio triangular en el que se sitúa la muestra a valorar. Así, en cada uno de los músculos estudiados, y tras eliminar las capas superficiales de tejido conectivo y restos de grasa, se prepararon a manera de paralelepípedo 5 muestras de 3x1x1. La cizalla se desliza a velocidad constante, realizándose la fuerza de corte en sentido perpendicular a las fibras musculares. La célula de WB esta insertada en una máquina de ensayo universal INSTRON mod. 4465 como se puede observar en la Figura 8, y obteniéndose la fuerza máxima de corte que se expresa en N.

3.3.4. pH

El pH se midió en el momento del sacrificio, 45 minutos más tarde y a las 24 horas de oreo, mediante un pHmetro CRISON 166 provisto de sonda de penetración, que se introdujo en cada uno de los músculos ensayados tras realizar una incisión en los mismos con la hoja de un bisturí.



Figura 8. Texturómetro universal provisto de célula Warner-Bratzler.

3.3.5. Composición fibrilar

3.3.5.1. Preparación de las muestras

Tras el sacrificio y mediante bisturí y pinzas, se procedió a la obtención de las muestras musculares de la zona más cercana al vientre del músculo.

De cada uno de los músculos se obtuvieron dos fragmentos de aproximadamente 1 cm^3 de tamaño siguiendo la dirección de las fibras musculares. Dichos fragmentos se introdujeron en un vaso de precipitado que contenía Isopentano, preenfriado en nitrógeno líquido, durante 10 segundos. La inmersión en Isopentano se realizó cuando éste iniciaba su congelación sobre las paredes del vaso. Una vez congeladas las muestras se etiquetaron y almacenaron en cámara frigorífica a -20°C para con posterioridad proceder a su corte.

Los cortes se realizaron en un criostato Leica modelo Reichert-Jung a -23°C . De cada uno de los músculos se obtuvieron 10 secciones transversales seriadas de 10 micras de grosor, que se dispusieron en portaobjetos. Así, fueron almacenados a -20°C hasta su tinción histoquímica. Para comprobar la correcta congelación y la disposición transversal de las fibras, antes de realizar la serie completa de cortes, se aplicó una tinción rápida hematoxilina-eosina.

3.3.5.2. Tinciones empleadas

Las preparaciones se incubaron en una disolución que contenía ATP y calcio a pH 9,45. La ATPasa de la muestra liberó el fosfato terminal y, al existir calcio en la solución, se combinó con éste para formar fosfato de calcio. En un pH alcalino el fosfato de calcio es insoluble y, por lo tanto, se deposita en el lugar de la actividad enzimática. A continuación, la preparación se trasladó a una solución de cloruro de cobalto. El cobalto desplazó al calcio, formándose fosfato de cobalto donde previamente estaba el fosfato de calcio. Después se colocó en una solución de sulfuro de amonio, resultando la formación de sulfuro de cobalto insoluble y negro. Se demuestra así, el lugar de la actividad enzimática original, y detectándose esencialmente la ATPasa miosínica (Dubowitz y Brooke, 1973).





Figura 9. Material utilizado en las tinciones de ATP-asa..

Previamente a la incubación, las secciones de tejido muscular son introducidas en medios más alcalinos (pH 10,2-10,6) o ácidos (pH 4,6-4,3), se consigue evidenciar un mayor número de tipos fibrilares, por la diferente labilidad que manifiestan los distintos tipos de isomiosinas. La reacción tiene lugar en las miofibrillas, las cuales se aprecian separadas por el espacio miofibrilar no teñido. Si el corte de la fibra fuera longitudinal observaríamos que la tinción acontece sobre las bandas A, y dado que esta zona se encuentra ocupada por miosina, se adopta el término ATPasa miosínica (Dubowitz y col., 1985).

3.3.5.3. Análisis morfométrico

La estimación del tamaño fibrilar se realizó mediante un sistema interactivo de análisis de imagen sobre fotografías obtenidas en un fotomicroscopio a 10 aumentos, seleccionando como parámetro el área de la fibra muscular (expresado en micras cuadradas). De cada sección muscular se estudiaron un mínimo de 100 fibras.

3.3.6. Composición química



Tras 24 horas de oreo y la realización de las pruebas de calidad, la carne restante de los músculos en estudio fue conservada a -20°C hasta su posterior análisis, determinándose las siguientes variables:

- a) Humedad. Cada músculo se predesecó a 60°C durante 24 horas, hasta alcanzar un valor de humedad alrededor del 10%. En este momento se molió finamente y se tomó una parte alícuota para pasarla a la estufa a 105°C durante 24 horas hasta pesada constante.
- b) Cenizas. En el crisol en el que se midió la humedad, y una vez determinada ésta, se introdujo en la mufla donde fue incinerada a 550°C durante 12 horas hasta pesada constante.
- c) Proteína. A partir de la muestra molida se determinó la cantidad de nitrógeno por el método Kjeldhal, multiplicando dicha cantidad por 6.25 para el cálculo de la cantidad de proteína.
- d) Grasa. Igualmente a partir de la muestra molida se determinó la cantidad de grasa gravimétricamente tras la extracción con éter dietílico por el método Soxhlet.
- e) Colágeno. Para el análisis del contenido total en colágeno (Bonnet y Kopp, 1984) y del contenido en colágeno soluble (Hill, 1966) se empleó muestra predesecada de los músculos en estudio, calculándose la solubilidad del colágeno como porcentaje de colágeno solubilizado tras la cocción a 90°C durante 4 horas.

En todos los casos, el análisis se realizó con muestras duplicadas tomándose la media como resultado definitivo, no considerando válidas y por ello siendo repetidas en su caso aquellas muestras cuyas réplicas presentaron diferencias mayores a un 5%.

Tabla 2. Cuadro resumen de las técnicas realizadas y tiempo transcurrido desde el sacrificio

	Al sacrificio	Tras 45 minutos	Tras 24 horas	Congelación y posterior análisis
pH	SI	SI	SI	--



Color	SI	SI	SI	--
Dureza	NO	NO	SI	--
CRA	NO	NO	SI	--
Fibras	NO	NO	NO	SI
Comp. química	NO	NO	NO	SI
Colágeno	NO	NO	NO	SI



4. Resultados y discusión

En las Tablas 3, 4 y 5 se pueden observar los efectos del tipo de lactancia empleado (natural *vs* artificial) y del peso sacrificio (6 *vs* 10 kg) sobre los parámetros de calidad de la carne estudiados en los tres músculos analizados.

Los valores obtenidos para el pH (6.53 a 5.49) fueron acordes con los presentados por otros autores para el ganado caprino (Heffron y Dreyer, 1975; Kim y col., 1991; Alvarez y col., 1995; Snell, 1996). El tipo de lactancia empleado no afectó al valor de pH en ninguno de los momentos estudiados, no observándose tendencia alguna motivada por este factor. Estos resultados están en concordancia por lo expresado por Kirton y col. (1989) y por Sañudo y col. (1995) en corderos y cabras con distintos regímenes de alimentación. Por el contrario, Abouheif y col. (1995) y Solomon y col. (1986) sí observaron una diferencia en el pH motivada por una mayor concentración de glucógeno en los animales alimentados con dietas altas en energía. Las leches consumidas por los cabritos en lactancia artificial y natural se diferenciaban en composición, pero esto no pareció afectar al pH del músculo por lo que probablemente los niveles de glucógeno serían similares en los cabritos de ambos tipos de lactancia.

El PVS sí ejerció un claro efecto en los niveles de pH, siendo solamente en el músculo SM estadísticamente significativo. El comportamiento en los músculos LD y SM fue similar, ya que mientras los animales criados con sus madres incrementaban el valor del pH al elevar el PVS, los alimentados con un lactorreemplazante lo presentaban más bajos al ser sacrificados con 10 kg de PVS. Los resultados de Sañudo y col. (1996) en corderos criados con lactancia natural y posterior alimentación sólida mostraron un incremento en los valores de pH, mientras que para Marichal (2000) se redujeron al elevar el PVS de cabritos criados con lactancia artificial de 6 a 25 kg. Esta aparente contradicción del efecto del PVS podría tener relación con el hecho de que los animales alimentados con lactorreemplazante se incorporan más rápida y eficazmente a la alimentación de rumiante, aumentando así su ingesta de hidratos de carbono y presentando por ello mayores niveles de glucógeno muscular.





Unido a esto, y refiriéndonos únicamente a la fase de lactante, la crianza con lactorreemplazante también significó una menor movilidad del animal en comparación con la crianza junto a la madre, por lo que el gasto del glucógeno almacenado sería superior en los animales de lactancia natural.

El músculo TB presentó una evolución diferente. En éste el valor de pH a las 24 horas era inferior siempre en los animales sacrificados a los 10 kg. La posible explicación a este hecho puede encontrarse en el incremento del área de las fibras de tipo II, solamente puesto de manifiesto en este músculo. Al igual que ha sucedido en el ganado porcino, un incremento en el área de las fibras rápidas (Rede y col. 1986) puede hacer que el pH descienda con mayor rapidez y a niveles más bajos, por la metabolización que del glucógeno hacen estas fibras.

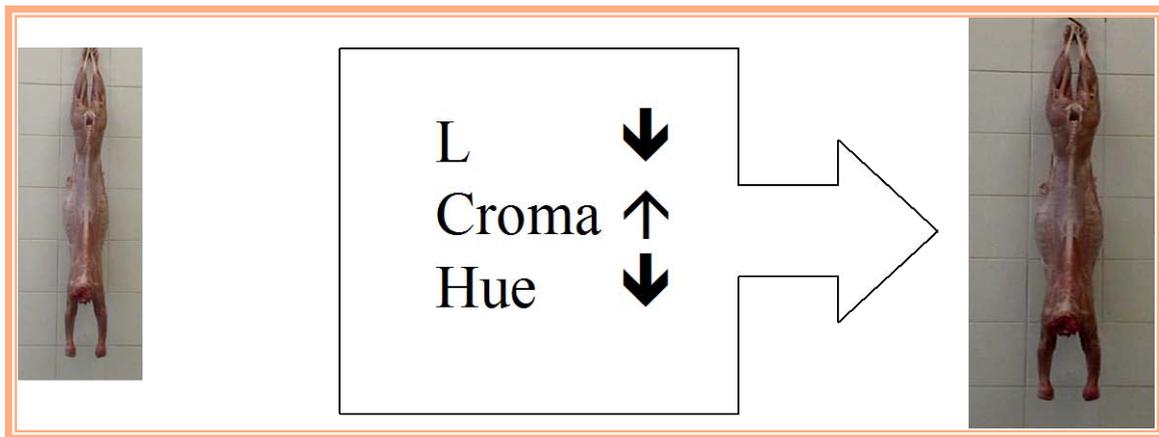
En referencia al color de la carne y comenzando por analizar la luminosidad (L), se observó que los valores obtenidos en la presente experiencia eran más altos que los observados por otros autores en cabras adultas (Babiker y col., 1990) o en cabritos sacrificados a pesos superiores (Snell, 1996). Se ha puesto de manifiesto un efecto de la edad en estos animales, dado que la costumbre de sacrificio a pesos bajos instaurada en España para los cabritos determina este color tan claro de la carne. Esto se vio confirmado en el caso concreto de nuestros resultados ya que, la carne de los cabritos sacrificados a mayor peso era ligeramente más oscura, si bien la reducción en el valor de L fue mínima y posiblemente no perceptible por el ojo humano. Esta leve reducción también ha sido observada por Argüello y col. (1998b) y Marichal (2000) en ganado caprino y por Sañudo y col. (1996) en corderos. La sustitución del alimento lácteo por uno sólido más rico en hierro, posiblemente fue la causa de la misma.





La lactancia empleada no presentó efectos estadísticamente significativos sobre los valores de luminosidad, pero sí una tendencia en los animales de PVS de 10 kg, con mayores valores de L para las que consumieron lactorreemplazante. El hecho de no haber encontrado diferencias a los 6 kg de PVS, quizá estuviera motivado por la similitud en la cantidad de hierro en las dos dietas lácteas, 5 vs 4.4 ppm, lactorreemplazante y leche de cabra respectivamente (Moreno y col., 1993). Por el contrario, los cabritos de mayor PVS han incluido en su dieta alimento sólido, y si bien los animales de lactancia natural consumían algo menos que los de lactancia artificial el alimento al que acceden poseía una mayor concentración de hierro (24 vs 40 ppm, en pienso starter y ración de las madres).

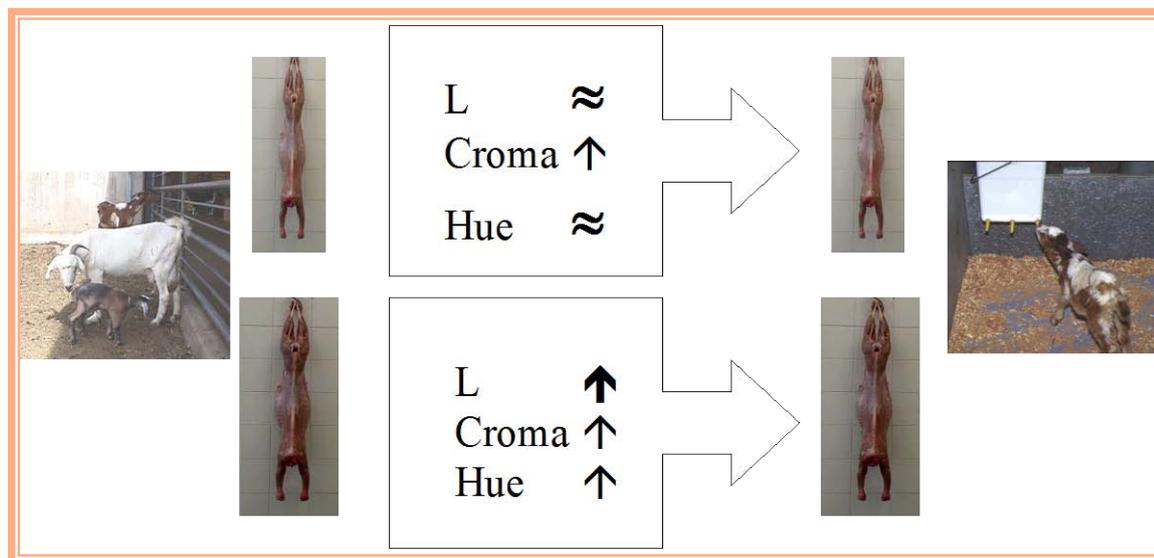
Figura 10. Efecto del incremento del PVS sobre los parámetros de color.



El efecto del incremento del PVS sobre las otras dos coordenadas de color se puede observar en las figuras 10 y 11. Si bien los animales de más peso presentaron mayor saturación en el color, también producían canales más rojas, habiendo sido este último efecto estadísticamente significativo en el SM y TR, y la no presencia en el LD posiblemente fuese debido a que se trataba del músculo con mayor porcentaje de fibras tipo I.



Figura 11. Efecto del tipo de lactancia sobre las coordenadas del color.



En relación al efecto del tipo de lactancia sobre las coordenadas Cromo y Hue, sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas para el valor del primero a las 24 horas, siendo mayor en los animales de LA. Estos presentan una mayor saturación y un menor tono rojizo quizá motivado por el diferente pienso de arranque consumido. El incremento del Cromo, al elevar el PVS, ha sido descrito con anterioridad por Argüello y col. (1998b) y Marichal (2000) en cabritos y por Sañudo y col. (1996) en corderos.

La dureza de la carne es considerada por algunos autores como uno de los atributos más importantes que aprecia un consumidor (Lawrie, 1998). Los valores observados en la presente experiencia para los músculos LD y SM estuvieron acordes con los observados por Kesava y col. (1984) en raza Black Bengal (5.77 kg), Argüello y col. (1998a) en cabritos de la ACC (46 N), Sañudo y col. (1995) en cabras adultas a los 7 días postsacrificio (3.15 a 4.42 kg), Babiker y col. (1990) en cabras adultas y carne cocinada (4.0 kg) y por Johnson y col. (1995) en cabras de 20 kg de PVS y carne cocinada (59.8 y 70.6 N, LD y SM respectivamente). Sin embargo, fueron superiores a los relatados por Gallo y col. (1996) en LD cocinado de cabritos criollos (3.2 kg) y netamente inferiores a los encontrados por Johnson y McGowan (1998) en cabras nativas de Florida y SM cocinado (9.1 kg). Diferencias en la preparación de la muestra y PVS, son las que posiblemente han motivado los distintos resultados.



En las Tablas 3, 4 y 5 se puede observar el efecto que el tipo de lactancia empleado tuvo sobre la dureza en los distintos músculos. Si bien en el LD las diferencias no eran significativas, en los otros dos músculos sí aparecían valores de significación menores de 0.05. El empleo de la lactancia artificial incrementaba ligeramente el valor de dureza en el TR y SM, a la par de una ligera tendencia en el músculo LD de los animales sacrificados a los 10 kg de PVS. Este aumento pudo obedecer a que eran animales de mayor edad y habían consumido mayor cantidad de pienso de arranque, lo que concordaría con lo expresado por Pisula y col. (1994) quienes encontraron diferencias estadísticamente significativas entre cabritos sacrificados a los 16 kg de PVS alimentados exclusivamente con lactorreemplazante y aquellos que habían consumido pienso de arranque (35.7 *vs* 42.6 N, respectivamente). La principal causa que ha podido motivar el incremento de dureza en los músculos de los animales criados bajo condiciones de lactancia artificial, puede estar basada en diferencias en la solubilidad del colágeno. En los músculos donde las diferencias se han manifestado (TR y SM), la solubilidad del colágeno es 7.60 y 8.46% menor en los animales criados bajo lactancia artificial, mientras que el LD, donde las diferencias no son estadísticamente significativas los animales criados con lactorreemplazante poseen un valor de solubilidad del colágeno ligeramente superior.

A la vista de lo anterior, es necesario destacar que el estudio de un solo músculo en la canal se hace insuficiente en la determinación de la calidad de la carne de la misma, y en la evaluación de los efectos que sobre ella ejerce el empleo de lactorreemplazante.

En referencia al efecto del incremento del PVS sobre los valores de resistencia al corte del músculo, el LD volvía a no mostrar diferencias estadísticamente significativas, mientras que por el contrario, tanto el SM como el TR sí las presentaron. Este efecto de endurecimiento de la carne con el incremento del PVS ha sido relatado anteriormente por Sañudo y col. (1996) en corderos y Marichal (2000) en cabritos. En la presente experiencia, el incremento porcentual del área de las fibras de tipo II fue del 37% para SM y TR, mientras que el LD solo incrementó un 28% su área, siendo incluso el que menor área poseía (917.93, 773.06 y 562.28 μ^2 para TR, SM y LD respectivamente). Por tanto es el incremento del área de las fibras pudiera haber sido el principal



responsable del incremento en la dureza, como así ha sido comentado por Tuma y col. (1962) y Crouse y col. (1991).

Los valores obtenidos para la CRA oscilaron entre 0.31 g (6.2%) y 0.72 g (14.4%) expelidos, siendo ligeramente inferiores a los relatados en la bibliografía para ganado caprino adulto por Sañudo y col. (1995), Alvarez y col. (1995), pero similares a los observados por Argüello y col. (1998a) y Marichal (2000) en cabritos de la ACC. Con toda probabilidad el mayor PVS de los primeros fue el factor que influyó en la mencionada diferencia.

En cuanto a la evaluación de los efectos, mientras que en la elevación del PVS no se encontró significación en ningún momento, la lactancia empleada sí ejerció efecto significativo. El escaso incremento de peso sufrido por los animales posiblemente haya motivado la ausencia de significación en el PVS, al igual que sucedió en trabajos anteriores realizados en la misma raza y similares pesos (Argüello y col., 1998a; Marichal, 2000). En trabajos realizados con corderos, hay autores que tampoco han apreciado dicho efecto (Solomon y col., 1980; Sañudo y col., 1998) mientras que sí ha sido revelado en otros casos (Hawkins y col., 1985a; López, 1987).

La alimentación recibida por los animales si que ha desarrollado un marcado efecto sobre la CRA, siendo los animales criados con lactorreemplazante los que poseyeron una carne con menor cantidad de jugo expelido. Si bien son escasos los trabajos al respecto en ganado caprino, sí ha sido reportada una tendencia a disminuir la CRA conforme se incrementaba la condición corporal de cabras adultas (Sañudo y col., 1995). En el caso del presente trabajo el pH y el contenido en proteína podrían haber jugado un papel trascendental en la mayor CRA de los animales de lactancia artificial. En este sentido, el valor medio del pH a las 24 horas postsacrificio de los animales criados con sus madres fue de 5.64, mientras que los alimentados con lactorreemplazante presentaron un pH medio de 5.69, siendo este incremento inferior al rango (5.5-6.5) en el que Hamm (1972) consideraba que se podrían producir grandes alteraciones en la CRA. Indudablemente ese mayor pH mostrado por los cabritos de lactancia artificial hizo que las proteínas se encontrasen más alejadas de su punto isoeléctrico y así ejercieran más atracción sobre el agua. A este



mínimo aumento del pH se unía una mayor proporción de proteína en el músculo de los animales de lactancia artificial (18.58 *vs* 18.78% lactancia natural y artificial respectivamente) lo que podría haber contribuido a mantener retenida mayor cantidad de agua por fuerzas electrostáticas.

Tras el estudio de la composición química de la carne, los resultados que se presentan en las Tablas 3, 4 y 5 son ligeramente diferentes a los expuestos en la Tabla 1 para otras razas. En primer lugar se observa que el porcentaje de humedad es algo superior en nuestros animales, oscilando entre un 76 y un 78%, posiblemente ocasionado por un menor PVS, ya que, como se verá con posterioridad, la elevación del mismo reduce la proporción de agua en la carne. Los porcentajes de proteína también son característicos de animales muy jóvenes (17-20 % aproximadamente), al igual que la grasa acumulada en el músculo (0.84 a 1.26%). Si bien la grasa es un tejido de deposición tardío, en el caprino concurre otra circunstancia, como es la deposición visceral de la misma. Estas dos razones aportadas pueden explicar los bajos porcentajes de grasa observados en comparación con las otras razas caprinas expuestas en la Tabla 1.

El tipo de alimentación recibida no tuvo efecto sobre la composición química lo que concuerda con lo observado por Mueller y col. (1985) en cabritos de similar peso y tipo de alimentación. Es de destacar que la lactancia artificial, en contra de lo sucedido con la canal, no afectó negativamente a la composición grasa de la carne, lo que indica que tanto la concentración como la cantidad de lactorreemplazante serían las adecuadas desde el punto de vista de la calidad química de la carne. Si esto no fuera así, los niveles de grasa en los músculos analizados hubieran sido mucho menores, como así sucedió en un ensayo realizado por Ribeiro y col. (1997) en donde se sustituía parte del lactorreemplazante por suero de quesería, reduciéndose considerablemente dichos niveles.

Con el incremento del PVS, las fibras se van desarrollando y el músculo madura, de tal forma que se reduce el porcentaje de humedad presente en la carne, a expensas de la proteína de neoformación y la deposición de grasa. El músculo que experimentó un mayor incremento en el área de sus fibras de Tipo I, el LD, es el que en mayor cantidad



incrementó sus niveles de porcentaje graso, como así ha sido relatado con anterioridad tanto en ganado vacuno (Melton y col., 1974; May y col., 1977) como en ganado ovino (Moody y col., 1980).

El incremento observado en el porcentaje de grasa intramuscular oscila entre un 24% para el TR y SM y un 43% para el LD, valores muy distantes de los reseñados por Hogg y col. (1992). Estos autores encontraron incrementos del 240%, pero sus rangos de peso fueron algo diferentes (9.4 a 15.8 frente a 6 a 10 kg de PVS del presente trabajo) y además trabajaron con hembras y machos castrados. Estos factores contribuyeron a una mayor deposición de grasa al tratarse ésta de un tejido de deposición tardío, unido a que las hembras y machos castrados habitualmente son más precoces.

En referencia a los niveles de colágeno en otras razas caprinas, éstos fueron similares a los observados por Van Niekerk y Casey (1988) en la raza Boer y los encontrados por Abouheif y col. (1995) en corderos. Sin embargo, si hemos de destacar las grandes diferencias observadas en cuanto a la solubilidad. Ya ha sido relatada una mayor solubilidad del colágeno en el ganado caprino (Van Niekerk y Casey, 1988), pero en este caso las solubilidades fueron muy altas, del 70 al 87% frente al 33% relatado para la raza Boer, 20% en ovino de 20 kg de PVS (Morbidini y col., 1999) o hasta un 13 al 17% en ovino sacrificado a los 40 kg (Abouheif y col., 1995). Estas grandes diferencias en cuanto a la solubilidad del colágeno pueden ser atribuibles a la edad de los animales (Cross y Carpenter, 1973).

Tanto el PVS como el tipo de lactancia presentaron escasa significación sobre el contenido y solubilidad del colágeno, si bien es cierto que se intuye cierta tendencia a disminuir el primero al pasar de 6 a 10 kg, mientras que la segunda tiende a subir en los animales de lactancia natural y a bajar en los criados con lactorreemplazante. Se puede pensar que un claro efecto de la edad se puso de manifiesto en este caso, ya que los cabritos criados con sus madres presentaban una velocidad de crecimiento mayor, siendo los criados en lactancia artificial más viejos al alcanzar el PVS y por ello con mayor número de puentes permanentes entre las moléculas de hidroxiprolina.



Al determinar el efecto que la lactancia podía ejercer sobre el contenido de colágeno y su solubilidad en los músculos testados, se observó una tendencia a incrementar los niveles del primero en el TR y SM de los animales criados con lactorreemplazante y una disminución en el LD. Este comportamiento puede obedecer a que la edad de los animales de lactancia artificial era superior al tener un menor crecimiento, de tal manera que los músculos de más actividad incrementaban su estructura interior con el paso del tiempo, mientras que el LD al ejercer solamente tareas de sostenimiento, no necesita de esa estructura interior y ve incluso reducido su porcentaje de colágeno. Por el contrario, el comportamiento de la solubilidad del colágeno fue inverso, dado que aquellos músculos con mayor neoforación de colágeno presentaron menores solubilidades en los cabritos que se alimentaron con lactorreemplazante debido probablemente a su mayor edad y por tanto mayor tiempo para la formación de enlaces permanentes entre las moléculas de hidroxiprolina.

Pasando al estudio de la distribución fibrilar del músculo, no se ha observado relación entre la alimentación recibida y la misma. Aún así, parece existir una ligera tendencia al incremento de las fibras IIB en el TR de los animales criados en lactancia artificial. Dicho aumento ha sido también descrito por Moody y col. (1980) los cuales al trabajar con corderos observaron que los que ingerían menor cantidad de energía, tenían un porcentaje algo superior de fibras IIB. Al igual que lo observado por Yambayamba y Price (1991) un ligero incremento de las fibras de Tipo I ha sido observado en la presente experiencia en los músculos SM y LD. De todas maneras, el efecto de la alimentación sobre los porcentajes de fibras no se señala claramente en la bibliografía, dado que no parece provocarse una diferenciación de fibras por efecto de las distintas dietas, al contrario de lo que ocurre durante el desarrollo del animal (Yamaguchi y col., 1993; Dwyer y col., 1993).

El efecto del incremento del PVS sobre los porcentajes de los distintos tipos de fibras en ningún momento fue significativo, pero promediando los resultados dentro de cada peso, se pudo observar que las fibras de tipo I permanecían estables (24 a 25% para 6 y 10 kg respectivamente), las de tipo IIA descenden en su porcentaje (43 a 37% para 6 y 10 kg respectivamente) y las IIB lo incrementan ligeramente (33 a 38% para 6 y 10 kg respectivamente). La interconversión de fibras



ha sido descrita por Ashmore (1974) y Swatland (1975), pero en estas primeras semanas de vida la diferenciación estaba afectada por numerosos factores, como pueden ser inervación (Vrbová y col., 1985), estiramiento y sobrecarga (Lowrie y col., 1989) y niveles de tiroxina (Sugie y Verity, 1985). Parece que la tendencia presentada por los porcentajes de los distintos tipos de fibras está de acuerdo con lo expresado por Ibebunjo (1994) al establecer que en el caprino adulto las proporciones de fibras son 7.2, 30.2 y 62.3% (para las tipo I, IIA y IIB respectivamente).

Al estudiar el área de las fibras, se observó nuevamente como no existió interacción entre los dos factores de variación testados. El músculo que mostró un mayor tamaño fibrilar fue el TR, seguido del SM y el LD. Nuevamente la funcionalidad de los mismos ha marcado las diferencias morfológicas entre ellos. El efecto de la nutrición recibida por los cabritos, sólo se ha puesto de manifiesto estadísticamente en las fibras IIA del músculo TR, aunque una clara tendencia a la reducción del área total en los tres músculos ha sido observada de tal forma que todos reducían el área de sus fibras al ser criados los animales con lactorreemplazante en un 7.9, 12.55 y 23.64% para TR, SM y LD respectivamente. En ganado caprino se puso de manifiesto por Gaili y Ali (1985) un incremento del área de las fibras al ser los animales sometidos a una alimentación de engorde. De igual forma Moddy y col. (1980) observaron, trabajando con corderos, un efecto de la alimentación sobre el tamaño de las fibras tipo I. También en ganado vacuno, pero en este caso sometido a dos meses de restricción alimentaria, Yambayamba y Price (1991) demostraron la reducción del área de las fibras. Este efecto de la alimentación sobre el área de las fibras ha sido exhaustivamente estudiado por Yamaguchi y col (1993) los cuales observaron en músculos de rata una reducción del peso del músculo, y por tanto del área de sus fibras, cuando los animales eran alimentados por debajo de sus necesidades.

La reducción en el área de las fibras observada entre los animales de lactancia natural y artificial no es constante en los tres músculos estudiados. Una posible explicación a este hecho podría radicar nuevamente en la diferente funcionalidad de los mismos, siendo aquellos más activos, TR y SM, los que experimentan un mayor desarrollo en los animales criados con sus madres. Este último punto



nos debe hacer reflexionar sobre aquellos estudios que trabajan con un solo músculo, generalmente el LD, dado que en muchos casos los efectos testados pueden verse enmascarados por la funcionalidad del músculo que se trate.

Cuando el PVS pasa de 6 a 10 kg, se observó un incremento del área de las fibras musculares en un 28.55, 39 y 40.20% para LD, SM y TR respectivamente. Dicho incremento se debió al crecimiento hipertrófico de las mismas ya descrito por Staun (1963), Davies (1972) y Swatland (1975). Una vez más, la actividad de los músculos determinó un mayor crecimiento en aquellos que poseen una mayor actividad. Como ya ha sido determinado por Yamaguchi y col. (1993), es el peso de los animales y no la edad lo que determina el área de sus fibras y así se ha puesto de manifiesto en este trabajo al presentar animales de diferente edad e igual peso similares áreas en sus fibras musculares.

En la Tabla 6 se puede apreciar el efecto que el tipo de músculo tiene sobre los parámetros estudiados. Se observan claras diferencias en los valores de pH alcanzados por los diferentes músculos, siendo el pH del LD y SM los que menor valor alcanzan, hecho ya observado por Kim y col. (1991). El LD presenta el pH inicial más bajo y la menor caída en su valor, contrastando con su metabolismo dado que se trata de un músculo oxidativo y postural, el cual debería mantener un pH más alto que el de otros músculos más glucolíticos. El bajo nivel de pH para el SM y LD favorece la salida de agua al exterior por lo que justifica las diferencias observadas en cuanto a la CRA. En referencia al color, no se observan diferencias claras entre músculos, al contrario de lo referido por Chiofalo y col. (1983) que sí las aprecian. En la valoración de la resistencia al corte, el TR es el músculo más duro, situación ligada a la cantidad total de colágeno más que a su solubilidad, puesto que al tratarse de animales en plena fase de crecimiento el músculo con mayor actividad (TR) desarrolla en mayor medida su entramado de tejido conectivo. La composición química de los tres músculos estudiados es diferente, siendo el LD el músculo con menor porcentaje de humedad y mayor de proteína. Estas diferencias mostradas en la composición química del músculo LD, también han sido relatadas por Matsuoka y col. (1992) en ganado caprino adulto.



Tabla 6. Efecto del músculo testado sobre los parámetros en estudio.

	<i>Tricep brachii</i>	<i>Semimembranossus</i>	<i>Longissimus dorsii</i>
pH sacrificio	6.46±0.22 ^a	6.33±0.29 ^{ab}	6.21±0.29 ^c
pH 45 minutos	6.42±0.24 ^a	6.25±0.27 ^b	6.21±0.32 ^b
pH 24 horas	5.80±0.11 ^a	5.64±0.12 ^b	5.64±0.14 ^b
Caída pH (%)	10.12±3.86	10.78±3.85	9.00±4.32
L sacrificio	51.71±4.21	50.80±9.28	48.54±3.85
L 45 minutos	49.54±3.99	47.73±5.54	47.79±3.70
L 24 horas	54.45±4.98	53.63±4.62	54.98±5.17
Croma sacrificio	12.06±2.99 ^a	11.13±2.46 ^{ab}	10.18±2.42 ^b
Croma 45 minutos	13.51±3.16 ^a	10.65±2.58 ^b	11.01±2.61 ^b
Croma 24 horas	14.95±2.71	14.29±4.14	14.45±5.45
Hue sacrificio	29.51±6.98	31.21±10.16	28.05±10.23
Hue 45 minutos	28.42±7.85	30.97±9.72	29.40±8.27
Hue 24 horas	37.65±10.22	40.93±8.58	40.30±11.03
Dureza (N)	82.05±17.68 ^a	56.19±15.11 ^b	55.42±13.74 ^b
CRA (g expelidos)	0.37±0.11 ^a	0.64±0.15 ^b	0.54±0.15 ^c
Humedad (%)	78.38±0.78 ^a	78.15±1.02 ^{ab}	77.61±0.97 ^b
Proteína (%)	18.23±1.30 ^a	18.48±1.48 ^a	19.34±1.20 ^b
Grasa (%)	1.08±0.4	1.13±0.48	1.39±0.72
Cenizas (%)	1.10±0.09 ^a	1.14±0.08 ^{ab}	1.15±0.07 ^b
Colágeno (%)	0.47±0.07 ^a	0.39±0.07 ^b	0.43±0.13 ^{ab}
Solubilidad Colágeno (%)	80.59±9.74	79.28±9.91	79.65±10.90
% fibras Tipo I	24.79±12.36	18.22±13.71	30.25±14.12
% fibras Tipo IIA	38.85±15.08	45.16±35.76	34.73±17.70
% fibras Tipo IIB	36.34±14.28	36.60±33.27	35.01±14.23
% fibras Tipo II	75.19±12.36	81.77±13.72	69.74±14.12
Area Tipo I (μ ²)	711.83±200.56 ^a	602.21±146.46 ^{ab}	524.85±158.68 ^b
Area Tipo IIA (μ ²)	813.89±237.10 ^a	672.65±184.71 ^{ab}	491.65±142.64 ^b
Area Tipo IIB (μ ²)	758.62±210.37 ^a	636.24±134.53 ^{ab}	488.97±133.32 ^b
Area Tipo II (μ ²)	802±213.67 ^a	666.54±171.77 ^a	493.39±131.79 ^b

Media±desviación típica. Letras diferentes en la misma línea indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05)

En cuanto a las proporciones de fibras, y aunque no se detecten diferencias estadísticamente significativas, un músculo claramente oxidativo como es el LD, presenta mayor porcentaje de fibras de contracción lenta. Finalmente el área de las fibras contenidas en los músculos TR y SM son mayores que las del LD motivado por su diferente funcionalidad. Los porcentajes de fibras son similares a los observados por Ibebunjo (1994) en ganado caprino adulto, aunque una mayor proporción de fibras de tipo I ha sido puesta de manifiesto en el presente trabajo.

En la Tabla 7 se pueden observar las correlaciones existentes entre los parámetros estudiados en relación con la calidad de la carne. En primer lugar, y continuando con la secuencia establecida hasta el



momento, el valor del pH presenta una correlación negativa con la cantidad de jugo expelido, dado que al alejarse del punto isoeléctrico de las proteínas, estas últimas son capaces de mantener ligada el agua con mayor fuerza (Díaz y Sornay, 1976). Son de destacar las correlaciones existentes entre el pH y el área de las fibras glucolíticas, que aunque pequeñas, son indicativas de la bioquímica muscular como así lo han indicado Vigneron y col. (1986).

En lo referente al color, se establece como era de esperar, una correlación altamente significativa entre la luminosidad y el ángulo Hue a las 24 horas tras el sacrificio, lo que indica que las carnes más claras presentan un color más rosado, mientras que las carnes más oscuras van acompañadas de un tono más marrón. Es de destacar también la correlación existente entre la luminosidad y el Hue con el porcentaje de humedad. Esto es provocado por el diseño del experimento, ya que al pasar de animales de 6 kg a 10 kg la humedad se reduce al igual que le sucede a la L y al Hue, de tal forma que se establecen correlaciones de una manera un tanto artificial.

La dureza presenta correlaciones altamente significativas con la cantidad de jugo expelido y significativas con el porcentaje de colágeno. La primera, indica que aquellos músculos más duros son generalmente menos exudativos, y la segunda contrasta con la bibliografía existente, ya que en ella se determina que es el porcentaje de solubilidad de colágeno el que está más implicado en la dureza de la carne y no la cantidad total del mismo (Sims y Bailey, 1980). En este caso, al tratarse de animales muy jóvenes que están en las primeras etapas del crecimiento, están en proceso de formación de colágeno para construir la arquitectura de sus músculos. Otros autores (Tuma y col., 1962; Crouse y col., 1991) también han observado correlaciones positivas entre el diámetro de las fibras y la dureza del músculo, hecho que no se observa en la presente experiencia.





Para la composición química, las correlaciones observadas entre el porcentaje de humedad y los de proteína, grasa y cenizas son negativas, dado que al tratarse de porcentajes, la reducción de uno incrementa los otros. Son destacables, aunque no todas significativas, las correlaciones encontradas entre el porcentaje de proteína y el de colágeno, así como la relación inversa del primero con el área de todas las fibras. Según esto, un incremento en el porcentaje de proteína vendría acompañado de una reducción en la cantidad de colágeno y de una disminución del área de las fibras, situación motivada debido a que al estar la proteína muscular mayoritariamente localizada en el interior de las fibras, cuantas más hay y de menor tamaño la proporción de proteína será mayor.

Por último, destacar la correlación negativa que con anterioridad ya se intuía entre la cantidad de colágeno y su solubilidad. Parece ser que en los animales de 6 kg las cantidades de colágeno son inferiores de los que se sacrifican a los 10 kg, siendo la solubilidad de los animales jóvenes superior a la manifestada por los cabritos mayores.

En la Tabla 8 se presentan las correlaciones entre parámetros de crecimiento (GMD), rendimiento (RCC y RCV), conformación (Índice de compacidad de la canal) y composición tisular con los de calidad de la carne estudiados. En primer lugar observamos como los animales con una mayor velocidad de crecimiento presentan una carne más clara y que ofrece menos resistencia al corte, con menor porcentaje de humedad y colágeno, además de unas correlaciones positivas con el área de todos los tipos de fibras. El índice de compacidad de la canal, que sin duda es uno de los parámetros subjetivos de mayor interés en la tipificación de canales, presentó correlaciones negativas con la L y el ángulo Hue, de tal manera que las canales mejor conformadas son más claras, al pertenecer probablemente a animales más jóvenes y de mayor velocidad de crecimiento. También se presenta una interesante correlación con la grasa intramuscular, mejor incluso que la presentada por la composición tisular, lo que indica los distintos mecanismos que rigen ambas acumulaciones de grasa. Las canales mejor conformadas ofrecen carnes con menor proporción de colágeno, aunque parece no afectar a su dureza. Finalmente, al elevarse la conformación también se incrementa el área de todos los tipos de fibras.



Tabla 8. Matriz de correlaciones entre parámetros de crecimiento, rendimiento, conformación y composición tisular con los de calidad de la carne.

	GMD	RCC	RCV	ICOMCA	%G cobertura	%G interna	%G total	% Hueso	% Músculo
PH24	.131	.229 *	.170	.110	.041	.208 *	.161	-.066	.013
L24	-.353 **	-.340 **	-.386 **	-.213 *	-.156	-.154	-.175	.013	0.62
Croma 24	.092	-.064	-.095	-.015	-.175	-.322 ***	-.227 *	-.003	-.129
Hue 24	-.355 **	-.518 **	-.521 **	-.246 *	-.062	-.329 ***	-.242 *	.048	.077
D	-.333 ***	-.137	-.144	-.187	-.086	-.172	-.172	.172	.159
CRA	.069	-.067	-.094	-.032	-.112	0.87	-.041	.014	-.104
%H	-.239 *	-.366 **	-.313 **	-.316 ***	-.364 **	-.291 **	-.394 **	.142	.118
%P	-.005	.175	.117	.155	.146	.125	.165	-.019	-.021
%G	.099	.246 *	.178	.304 **	.179	.205 *	.237 *	-.166	.074
%C	-.052	-.026	-.173	-.094	-.010	-.138	-.083	-.049	-.033
%Col	-.326 *	-.157	-.223	-.388 ***	-.303 *	-.242 *	-.316 **	.330 **	-.216
%Col. Sol.	.106	.035	.071	.105	.159	.248	.206	-.023	.143
% I	.316	-.086	-.041	.077	-.188	.175	.013	.106	-.064
% IIA	-.090	-.125	-.159	-.276	.130	-.051	.046	.076	-.266
% IIB	-.114	.197	.205	.256	-.021	-.058	-.060	-.155	.339 *
Area I	.433 *	.311 *	.394 **	.577 **	.282	.388 **	.374 *	-.348 *	.028
Area IIA	.319	.239	.315 *	.448 **	.300 *	.424 **	.403 **	-.252	-.065
Area IIB	.334	.312 *	.414 **	.439 **	.231	.340 *	.352 *	-.206	-.047

GMD.- Ganancia media diaria. RCC y RCV.- Rendimiento canal comercial y verdadero. ICOMCA.- Índice de compacidad de la canal. G. Grasa. D.- Dureza. CRA.- Capacidad de retención de agua. H.- Humedad. P.- Proteína. G.- Grasa intramuscular. C.- Cenizas. Col.- Colágeno. Sol.- Solubilidad. *.- P<0.05. **.- P<0.01. ***.- P<0.001.

En referencia a la proporción de grasa de la canal (cobertura, interna y total) destaca su relación negativa con los parámetros de color, motivada fundamentalmente por que la grasa es un tejido de deposición tardío propio de animales más viejos. Interesantes aunque escasas son las correlaciones observadas con la proporción de grasa intramuscular, lo que ahonda en la idea que los mecanismos de depósito graso de cobertura e intermuscular no son los mismos que en el caso del interior del músculo. Nuevamente con el incremento del peso, se incrementa la cantidad de grasa y por tanto existe una



correlación positiva y significativa en muchos casos con el área de las fibras



5. Conclusiones

- 1.- El empleo de lactorreemplazantes en la nutrición de cabritos, no disminuye la calidad química-física de la carne producida por los mismos.
- 2.- La elevación del PVS no reduce la calidad de la carne producida por los cabritos, si bien su aspecto externo cambia.
- 3.- Por tanto criar cabritos en lactancia artificial hasta los 10 kg de PVS redundará en un mayor beneficio para parte del ganadero sin reducción de la calidad de la carne producida.

6. Bibliografía

- Aalhus, J.L.; Price, M.A.; Shand, P.J. y Hawrysh, Z.J. 1991. Endurance-exercised growing sheep: II. Tenderness increase and change in meat quality. *Meat Science*, 29: 57-68.
- Aberle, E.D.; Reeves, E.S.; Judge, M.D.; Hunsley, R.E. y Perry, T.W. 1981. Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain: time on a high energy diet. *Journal of Animal Science*, 52: 757-763.
- Abouheif, M.A.; Al-Saiady, M.Y.; Kraidees, M.S.; Basmaeil, S.M. y Al-Suwaid, A. 1995. Influence of dietary energy and postmortem electrical stimulation on meat quality and collagen characteristics of lamb carcasses. *AJAS*, 8(6): 577-582.
- Addrizzo, J.R. 1994. Use of goat milk and goat meat as therapeutic aids in cardiovascular diseases. <http://goats.clemson.edu/NC%20Handbook/helth.htm>.
- Alvarez, F.; Delfa, R.; Sañudo, C. y González, C. 1995. Calidad instrumental de la carne caprina en función de las diferentes notas atribuidas a la condición corporal. VI Jornadas sobre Producción Animal, ITEA; Volumen Extra(16): 660-662.
- Analqueeb, M.A. y Goldspink, G. 1986. Changes in fibre type, number and diameter in developing and ageing skeletal muscle. *J. Anat.*, 153: 31-45.
- Argüello, A.; Ginés, R.; Capote, J. y López, J.L. 1998(a). Aproximación al estudio de las características físicas de la carne de cabrito de la Agrupación Caprina Canaria. XXIII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Vitoria, España, 141-144.
- Argüello, A.; López, J.L.; Ginés, R.; Afonso, A. y Capote, J. 1998(b). First studies in effects of live weight slaughter in kids colour meat. International Symposium in Livestock Production and Climatic uncertainty in the mediterranean, 22-24 octubre, Agadir, Marruecos.
- Argüello, A.; López, J.L.; Ginés, R.; Graziotti, G. y Rivero, J.L. 1998(c). Identification of skeletal muscle fibre types in the goat (*Capra hircus*) by combined use of histochemical myofibrillar ATPase and anti-myosin heavy chain monoclonal antibodies. Symposium on growth in ruminants: basic aspects, theory and practice for the future, 20-22 agosto, Berna Suiza.



- Argüello, A.; Ginés, R. y López, J.L. 1999(a). A note on yoghurt utilisation in artificial rearing of kids. *Journal Applied Animal Research*, 15: 165-168.
- Argüello, A.; Marichal, A.; Ginés, R.; Capote, J.; Afonso, J.M. y López, J.L. 1999(b). Effects of rearing system on meat quality in young kids. *Journal of Animal Science*, Vol. 77, Supplement 1, 168.
- Argüello, A.; Marichal, A.; Castro, N.; Ginés, R.; López, J.L. y Solomon, M. 2000. Effects of live weight at slaughter (6 vs 25 kg) on kid meat quality. *Journal of Animal Science* (aceptado).
- Asghar, A. y Henrickson, L. 1983. Postmortem stimulation of carcasses. Effects of biochemistry, biophysics, microbiology and quality of meat. *CRC Crit. Rev. Food Science Nutr.*, 18: 1-19.
- Ashmore, C.R. 1974. Phenotypic expression of muscle fiber types and some implications to meat quality. *Journal of Animal Science*, 38: 1158.
- Ashmore, C.R. y Doerr, L. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.*, 31: 408.
- Ashmore, C.R.; Tompkins, G. y Doerr, L. 1972. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *Journal of Animal Science*, 34(1): 37-41.
- Atoche, P.; Rodríguez, D. y Ramírez, A. 1989. El yacimiento arqueológico de El Bebedero. Universidad de La Laguna, Secretariado de Publicaciones. Ayuntamiento de Tegui, Lanzarote, España.
- Babiker, S.A. y Bello, A. 1986. Hot cutting of goat carcasses following early post-mortem high-temperature ageing. *Meat Science*, 18(2): 111-120.
- Babiker, S.A.; El Khider, I.A. y Shafie, S.A. 1990. Chemical composition and quality attributes of goats meat and lamb. *Meat Science*, 28: 273-277.
- Bailey, A.J. 1972. The basis of meat texture. *Journal Science Food Agri.*, 23: 995-1007.
- Barton-Gade, P. 1979. Some experience on measuring the meat quality of pig carcasses. *Acta Agric. Scand.* 21: 61-70.
- Barton-Gade, P. 1988. The effect of breed on meat quality characteristics in pigs. In: *Proceeding 34th International Congress Meat Science Technology*, Brisbane, Australia, 568-570.



- Beatty, C.H.; Basinger, G.M.; Dully, C.C. y Bocek, R.M. 1967. Differentiation of red and white fibers in muscle from fetal, neonatal, and infant Rhesus monkeys. *J. Histochem. Cytochem.* 15: 93.
- Beermann, D.H.; Fishell, V.K.; Roneker, K.; Boyd, R.D.; Armbruster, G. y Souza, L. 1990. Dose-response relationships between porcine somatotropin, muscle composition, muscle fiber characteristics and pork quality. *Journal of Animal Science*, 68: 2690.
- Beltrán, J.A.; Jaime, I.; Santolaria, P.; Sañudo, C.; Alberti, P. y Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high postmortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45(2): 201-207.
- Bendall, J.R. 1979. Relations between muscle pH and important biochemical parameters during the postmortem changes in mammalian muscles. *Meat Science*, 3: 143-157.
- Bensley y Hoer, 1934. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Billeter, R.; Heizam, G.W.; Howald, H. y Jenny, E. 1981. Analysis of miosin lighth and heavy chain types in human skeletal muscles. *Eur. J. Biochem.*, 116: 437-442.
- Boleman, S.J.; Miller, R.K.; Buyck, M.J.; Cross, H.R. y Savell, J.W. 1996. Influence of Realimentation of Mature Cows on Maturity, Color, Collagen Solubility, and Sensory Characteristics. *Journal of Animal Science*, 74: 2187-2194.
- Bonnet, M. y Kopp, J. 1984. Dosage du collagene dans les tissus conjonctifs, la viande et les produits carnes. *Cah. Tech. INRA*, 5: 19-30.
- Bouton, P.E.; Harris, P.V. y Shorthose, W.R. 1971. *Journal of Food Science*, 36: 435.
- Breidenstein, B.B.; Cooper, C.C.; Cassens, R.G.; Evans, G. y Bray, R.W. 1968. Influence of marbling and maturity on the palatability of beef muscle. I. Chemical and organoleptic considerations. *Journal of Animal Science*, 27: 1532.
- Brooke, M.H. y Kaiser, K.K. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind. *Arch. Neurol.* 23: 369-379.
- Brooke, M.H.; Williamson, E. y Kaiser, K.K. 1971. The behavior of four fiber types in developing and reinnervated muscle. *Archives of Neurology*, 25: 360-366.



- Bullard, 1919. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Butler-Hogg, B.W. y Buxton, P.J. 1986. Preliminary assessment of muscle quality in spring and hogget lamb production. *Animal Production*, 42: 461.
- Campion y col. 1987. Citado por Geay, Y. 1992.
- Candek-Potokar, M.; Zlender, B. y Bonneau, M. 1998. Effects of breed and slaughter weight on longissimus muscle biochemical traits and sensory quality in pigs. *Annales de Zootechnie*, 47: 3-16.
- Carpene, E.; Rowlerson, A.; Veggetti, A. y Mascarello, F. 1982. Preparation of type-specific antimiosin antibodies and determination of their specificity by biochemical and immunohistochemical methods. *J. Biochem.*, 31: 329-341.
- Carpenter, C.E.; Owen, D.R.; Cockett, N.E. y Snowden, G.D. 1996. Histology and composition of muscles from natural and callipyge lambs. *Journal of Animal Science*, 74: 388-393.
- Cassens, R.G.; Cooper, C.C. y Morita, S. 1969. Differentiation of muscle fibers during growth and development. *Proceeding 22nd Reciprocal Meat Conf.*
- Chiofalo, L.; Micari, P. y Matassino, D. 1983. Comparison between Tibetan x Maltese goats. I. Effect of electrostimulation on some colour characteristics of 10 muscles. *Produzione Animale*, 2(2): 61-78.
- Chrystall, B.B.; Devine, C.E.; Ellery, S. Wade, L. 1984. Low voltage electrical stimulation of lamb: its effect on muscle pH and tenderness. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 27: 513-523.
- Clancy, M.J.; Lester, J.M. y Roche, J.F. 1986. The effects of anabolic agents and breed on the fibers of the longissimus muscle of male cattle. *Journal of Animal Science*, 63: 83-91.
- Close, R.I. y Luff, A.R. 1974. Dynamic properties of inferior rextus muscle of the rat. *J. Physiol.*, 236: 259-270.
- Colling, A. y Saltin, S. 1978. Enzyme histochemistry on skeletal muscle of the human foetus. *J. Neurol. Science*, 39: 169.
- Cross, H.R.; Carpenter, Z.L. y Smith, C.C. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38: 998-1003.



- Crouse, J.D.; Koohmaraie, M. y Seideman, S.D. 1991. The relationship of muscle fibre size to tenderness of beef. *Meat Science*, 30: 295-302.
- Davies, A.S. 1972. Postnatal changes in the histochemical fibre types of porcine skeletal muscle. *J. Anat.*, 113: 213.
- Denny y Brown, 1929. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Dhoot, G.K. 1986. Selective synthesis and degradation of slow skeletal myosin heavy chains in developing muscle fibers. *Muscle and Nerve*, 9: 155-164.
- Díaz, J. y Sornay, J. 1976. Le probleme des carcasses a pH eleve. ITEB, Julio.
- Dransfield, E.; Jones, R.C.D. y MacFie, H.J.H. 1980-81. Quantifying changes in tenderness during storage of beef. *Meat Science*, 5: 131.
- Dransfield, E.; Jones, R.C.D. y Macfie, H.G.H. 1991. Effect of electrical stimulation, hip suspension and ageing on quality of chilled pig meat. *Meat Science*, 29(2): 129-140.
- Dreyer, J.H.; Naudé, R.T.; Henning, J.W.N. y Rossouw, E. 1977. The influence of breed, castration and age on muscle fibre type and diameter in friesland and afrikaner cattle. *South Africa Journal of Animal Science*, 7: 171-180.
- Dubowitz, V. 1965. Enzyme histochemistry of skeletal muscle. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 28: 516-524.
- Dubowitz, V. 1968. *Developing and Diseased Muscle*. SIMP Research Monograph. William Heinemann Medical Books Ltd, Leicester Printers Ltd. Leicester, The Church Gate Press.
- Dubowitz, V. y Pearse, A.G. 1960. A comparative histochemical study of oxidative enzyme and phosphorylase activity in skeletal muscle. *Histochemie*, 2: 105-117.
- Dubowitz, V. y Brooke, M.H. 1973. *Muscle biopsy: a modern approach*. W.B. Saunders. Co. Ltd., London, United Kingdom.
- Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985. *Muscle Biopsy: A modern approach*. Bailliére Tindall. W.B. Saunders, London, United Kingdom.
- Dutson, T.R. 1976. Biosynthesis and structure of collagen. *Proceeding Recip. Meat Conf.* 32: 113.



- Dwyer, C.M.; Fletcher, J.M. y Stickland, N.C. 1993. Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. *Journal of Animal Science*, 71: 3339-3343.
- Essén-Gustavsson, B.; Lindholm, A.; Persson, S. y Thornton, J. 1980. Histochemical properties of muscle fiber types and enzyme activities in skeletal muscle of standardbred trotters of different ages. *Equine Vet. J.*, 12: 175-180.
- Essén-Gustavsson, B. y Fjelkner-Modig, S. 1985. Skeletal muscle characteristics in different breeds of pigs in relation sensory properties of meat. *Meat Science*, 13: 33.
- Feidt, C y Brun-Bellut, J. 1996. Estimation of the free ion content of the longissimus dorsi muscle during onset of rigor mortis in kid meat. *Viandes et Produits Carnes*, 17(6): 319-321.
- Fiehn, W. y Peter, J.B. 1973. Lipid composition of muscles of nearly homogeneous fiber type. *Exp. Neurol.*, 39: 372-380.
- Field, R.A.; Kucuk, O.; Hinds, F.C.; Riley, M.L.; Russell, W.C. y Snowden, G.D. 1997. Feeding to heavy weights reduces shear values of lambs expressing the calipyge gene. *Sheep & Goat Research Journal*, 13(2): 67-70.
- Forrest, J.C.; Aberle, E.D.; Hedrick, H.B.; Judge, M.D. y Merkel, R.A. 1979. *Fundamentos de ciencia de la carne*. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 364 pp.
- Gaili, E.S. y Ali, A.E. 1985. Meat from Sudan Desert sheep and goats: Part 1-Carcass yield, offals and distribution of carcass tissues. *Meat Science*, 217-227.
- Gallo, C.; Le Breton, Y.; Wainwright, I. y Berkhoff, M. 1996. Body and carcass composition of male and female Criollo goats in the South of Chile. *Small Ruminant Research*, 23: 163-169.
- Gauthier, G.F. 1980. Distribution of myosin isoenzymes in adult and developing muscle fibers. In: *Plasticity of muscle*. Pette, D., De Gruyter, Berlin, Germany, 83-96.
- Gauthier, G.F.; Lowey, S. y Hobbs, A.W. 1978. Fast and slow myosin in developing muscle fibres. *Nature*, 274: 25-29.
- Geay, Y. 1992. Nutritional and biological factors of meat quality in cattle. 43rd Annual Meeting of de EAAP, 14-17 september, Madrid, España.
- Gil, F. 1986. Diferenciación postnatal de los tipos de miofibrillas de algunos músculos del perro. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia, España.



- Gil, F.; Vázquez, J.M. y Moreno, F. 1987. Contribución al estudio histoquímico y morfométrico de las fibras tipo IIB del perro. *An. Vet., Murcia, España*, 2: 61-66.
- Goldspink G. 1962. Biochemical and physiological changes associated with the postnatal development of the biceps brachii. *Comp. Biochem. Physiol.*, 7: 157.
- Goll, D.E.; Otsuka, Y.; Nagainis, P.A.; Shannon, J.D.; Sheridhar, K.S. y Muguruma, M. 1983. *Journal Food Biochem.*, 7: 137.
- Goutefongea, R. y Charpentier, J. 1966. *Annales de Zootechnia*, 15: 279.
- Grau, R. y Hamm, R. 1953. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel. *Naturwissenschaften*, 40: 29-30.
- Groenewegen, P.P.; McBride, B.W.; Burton, J.H. y Elsasser, T.H. 1990. Effect of bovine somatotropin on the growth rate, hormone profiles and carcass composition of Holstein bull calves. *Domest. Animal Endocrinology*, 7: 43.
- Guenther, J.J. 1977. Growth and development of beef cattle with reference to the effect of breed and sex. *Southern Coop. Bull.*, 220: 159-191.
- Guth, L. y Samaha, F.J. 1972. Erroneus interpretations which may arise from application of the myofibrilar ATPase histochemical procedure to developing muscle. *Exp. Neurol.*, 34: 465-475.
- Hagyard, C.J.; Hand, R.J. y Gilbert, K.V. 1980. Lamb tenderness and electrical simulation of dressed carcasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 23: 27-31.
- Hamm, R. 1972. In: *Muscle as Food*, ed. P.J. Bechtel. Food Science and Technology. A Series Monographs (1985). Academic Press, New York, USA.
- Hammond, J. 1932. *Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep*. Oliver and Boyd, London, United Kingdom.
- Harson, J. y Lennerestand, G. 1977. Contractile and histochemical properties of the inferior oblique muscle in the rat and in the cat. *Act. Ophtal.*, 55: 88-102.
- Hawkins, R.R.; Kemp, J.D.; Ely, D.G.; Fox, J.D.; Moody, W.G. y Vimini, R.J. 1985(a). Carcass and meat characteristics of crossbred lamb born to ewes of different genetics types and slaughtered at different weights. *Livestock Production Science*, 12: 241-242.



- Hawkins, R.R.; Moody, W.G. y Kemp, J.D. 1985(b). Influence of genetic type, slaughter weight and sex on ovine muscle fiber and fat-cell development. *Journal of Animal Science*, 61(5): 1154-1163.
- Hawrish, Z.J.; Shand, P.J.; Wolfe, F.H. y Price, M.A. 1987. Studies of extra low voltage electrical stimulation of mature beef carcasses. *Meat Science*, 21: 121-135.
- Heffron, J.J.A. y Dreyer, J.H. 1975. Postmortem glycolytic metabolism in the skeletal muscles of anaesthetised and stunned Boer goats, *Capra Hircus*. *Journal of Animal Science*, 5: 61-65.
- Heinze, P.H.; Smith, M.C.; Naude, R.T. y Boccard, R.L. 1986. Influence of breed and age on collagen content and solubility of some ovine and goat muscles. *Proceeding 32nd Meet. Eur. Meat Res. Workers, INRA, Theix, France*.
- Herring, H.K.; Cassens, R.G. y Briskey, E.J. 1967. Factors affecting collagen solubility in bovine muscles. *Journal of Food Science*, 32: 534.
- Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science*, 31: 161-166.
- Hogg, B.W.; Catcheside, L.M.; Mercer, G.J.K. y Duganzich, D.M. 1989. Meat yields and chemical composition of muscle in new Zealand goats. *Proceeding N.Z. Soc. Animal Production*, 49: 153-156.
- Hogg, B.W.; Mercer, G.J.K.; Mortimer, B.J.; Kirton, A.H. y Duganzich, D.M. 1992. Carcass and meat quality attributes of commercial goats in New Zealand. *Small Ruminant Research*, 8: 243-256.
- Hoh, J.; McGrath, P.A. y White, R.I. 1976. Electroforetic analysis of multiple forms of myosin in fast-twitch and slow-twitch muscle of the chick. *Biochem. J.*, 157: 87-95.
- Hood, D.E. 1980. Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. *Meat Science*, 4: 247-265.
- Horcada, A.; Beriain, M.J.; Purroy, A.; Lizaso, G. y Chasco, J. 1998. Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lacha and Rasa Aragonesa). *Animal Science*, 67: 541-547.
- Huff-Lonergan, E.; Mitsuhashi, T.; Beekman, D.D.; Parrish, F.C.Jr; Olson, D.G. y Robson, R.M. 1995. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 73: 1064-1073.



- Hunt, M.C. y Hedrick, H.B. 1977. Profile of fiber types and related properties of five bovine muscles. *Journal of Food Science*, 42: 513-519.
- Ibebunjo, C. 1993. Histochemical and morphometric properties of muscles of the upper airway of goats. *Research of Veterinary Science*, 55: 215-223.
- Ibebunjo, C. 1994. Morphologic and morphometric characteristics of limb muscles of the goat. *Small Ruminant Research*, 13: 227-286.
- Ibebunjo, C.; Srikant, C.B. y Donati, F. 1996. Properties of fibres, endplates and acetylcholine receptors in the diaphragm, masseter, laryngeal, abdominal and limb muscles in the goat. *Can. J. Anaesth*, 43(5): 475-484.
- Jackson, S.P. y Green, R.D. 1993. Muscle trait inheritance, growth performance and feed efficiency of sheep exhibiting a muscle hypertrophy phenotype. *Journal of Animal Science*, 71 (Suppl. 1): 241.
- Jackson, S.P.; Miller, M.F. y Green, R.D. 1993(a). The effect of a muscle hypertrophy gene on muscle weights of ram lambs. *Journal of Animal Science*, 71 (Suppl. 1): 146 (Abstract).
- Jackson, S.P.; Miller, M.F.; Green, R.D. y Bredcko, K.S. 1993(b). Carcass characteristics of Rambouillet ram lambs with genetic muscle hypertrophy. *Journal of Animal Science*, 71 (Suppl. 1): 147 (Abstract).
- Jöbsis, A.C. y Meijer, A.E.F.H. 1973. Evaluation of enzyme histochemical observations for metabolic studies. A combined histochemical and biochemical investigation of experimentally induced skeletal muscle-changes. I. The histochemical investigation. *Histochemie*, 36: 51.
- Johnson, D.D.; McGowan, C.H.; Nurse, G. y Anous, M.R. 1995. Breed type and sex effects on carcass traits, composition and tenderness of young goats. *Small Ruminant Research*, 17: 57-63.
- Johnson, D.D. y McGowan, C.H. 1998. Diet/management effects on carcass attributes and meat quality of young goats. *Small Ruminant Research*, 28: 93-98.
- Johnston, D.M.; Stewart, D.F.; Moody, W.G.; Boling, J.A. y Kemp, J.D. 1975. Effect of breed and time on feed on the size and distribution of beef muscle fiber types. *Journal of Animal Science*, 40: 613.
- Joubert, D.M. 1956. An analysis of factors influencing postnatal growth and development of the muscle fiber. *J. Agr. Sci. Camb.*, 47: 59.



- Kadim, I.T.; Purchas, R.W.; Davies, A.S.; Rae, A.L. y 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.
- Kesava, R.V.; Anjaneyulu, A.S.R. y Lakshmanan, V. 1984. A note on carcass and meat characteristics of Black Bengal male goats. *Journal of Food Science and Technology, India*, 21(3): 183-184.
- Kim, J.S.; Kim, Y.G.; Lee, H.G.; Kang, J.S.; Kim, Y.S.; Jin, S.K.; Park, T.S. y Park, G.B. 1991. Changes in physicochemical properties of Korean native goat meat during cold and frozen storage. *Korean Journal of Animal Science*, 33(11): 787-794.
- Kirton, A.H.; Thorrold, B.S. y Mercer, G.J.K. 1989. Effect of liveweight gain or loss on lamb meat quality. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*, 49: 127-131.
- Klont, R.E.; Barnier, V.; Brocks, L.; Van Crujningen, C.; Van Dijk, A.; Eikelenboom, G.; Hoving-Bolink, A.H. y Oliver, A. 1998. Colour, colour stability and ageing rate of different veal muscles in relation to preslaughter blood haemoglobin content. ID-DLO report 98.001, ID-DLO, Lelystad.
- Klosowski y col. 1992. Citado por Geay, Y. 1992.
- Knoll, 1891. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Kollinger, 1857. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Koohmaraie, M. 1988. *Reciprocal Meat Conf. Proceeding*, 41: 89.
- Koohmaraie, M. 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43(S): S193-S201.
- Koohmaraie, M.; Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Lonergan, S.M. y Doumit, M.E. 1995. A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): characterization of effects on muscle growth and meat quality traits. *Journal of Animal Science*, 73: 3596-3607.
- Kugelberg, E. 1976. Adaptive transformation of rat soleus motor units during growth. *Journal Neurol. Science*, 27: 269-289.
- Lanari, M.C.; Bevilacqua, A.E. y Zaretzky, N.E. 1987. *Journal Food Proc. And Pres.*, 11(2): 95.
- Lawrie, R.A. 1966. The eating quality of meat. In *Meat Science*, Pergamon Press, London, United Kingdom.

- Lawrie, R.A. 1998. Ciencia de la carne. 3ª edición española. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- Lefaucheur, L. y Bonneau, M. 1992. The effect of porcine somatotropin (pST) on muscle histochemical traits in pigs. Proceeding 43rd Annu. Mtg. EAAP, Madrid, España, 2: 472.
- Leseigneur-Meynier, A. y Gandemer, G. 1991. Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. Meat Science, 29: 229-241.
- Light, N.D. y Champion, A.E. 1984. Characterization of muscle epymysion, perimysium and endomysium collages. Biochem. J., 219: 1017-1026.
- Lo, L.L.; McLaren, D.G.; McKeith, F.K.; Fernando, R.L. y Novakofski, J. 1992. Genetic analysis of growth, real-time ultrasound carcass and pork quality traits in duroc and landrace pigs: I breed effects. Journal of Animal Science, 70: 2373-2386.
- López Rivero, J.L. 1988. Patrones morfométricos e histoquímicos de la población fibrilar del músculo glúteo medio de razas de diferentes aptitudes dinámicas (Caballo andaluz, Pura Sangre Inglés y Árabe). Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba, España.
- López, M. 1987. Meat production in Latxa breed. PhD Thesis University of Zaragoza, Spain.
- Lowrie, M.B.; More, A.F.K. y Vrbová, G. 1989. The effect of load on the phenotype of the developing rat soleus muscle. Pflügers Archiv., 415: 204-208.
- Luff, A.R. y Goldspink, G. 1967. Large and small muscles. Life Science, 6: 1821.
- Manabe, N.; Azuma, Y.; Furuya, Y.; Kuramitsu, K.; Kuribayashi, Y.; Nagano, N. y Miyamoto, H. 1996. Immunohistochemical quantification of fast-myosin in frozen histological sections of goat limb muscles. Animal Science, 62: 325-335.
- Marichal, A. 2000. Estudio de las características fisico-químicas e histológicas de la carne de cabrito de la Agrupación Caprina Canaria. Tesina de Licenciatura, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, 138 pp.
- Marsh, B.B. 1981. Properties and behaviour of prerigor meat. Proceeding 34th Ann. Rec. Meat Conf., AMSA, 85-95.
- Martín Bejarano, S. 1992. Manual práctico de la carne. Ediciones Martín y Macías, 703 pp.



- Mascarello, F.; Rowlerson, A. y Scapolo, P.A. 1984. The fibre type composition of the triated muscle of the oesophagus in ruminants and carnivores. *Histochemistry*, 80: 277-288.
- Mascarello, F.; Scapolo, P.A. y Rowlerson, R. 1986. Functional adaptation of the fibre type composition of skeletal muscle in mammals. *Bas. Appl. Histochem.*, 30: 279-283.
- Matsuoka, A.; Fukuzaki, N.; Takahashi, T. y Yamanaka, Y. 1992. Carcass traits and chemical composition of meat of castrated male goat. *Animal Science and Technology*, 63 (5): 514-519.
- May, M.L.; Dikeman, M.E. y Schalles, R. 1977. Longissimus muscle histological characteristics of Simmental x Angus, Hereford x Angus and Limousin x Angus crossbred steers as related to carcass composition and meat palatability traits. *Journal of Animal Science*, 44: 571-580.
- Melton, C.; Dikeman, M.; Tuma, H.J. y Schalles, R. 1974. Histochemical relationships of muscle biopsies to bovine meat quality and carcass composition. *Journal of Animal Science*, 38: 24.
- Miltenburg, G.A.J.; Wensing, Th.; Smulders, F.J.M. y Breukink, H.J. 1992. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment and carcass color of veal. *Journal of Animal Science*, 70: 2766-2772.
- Monin, G. 1991. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *Production Animal*, 4(2): 151-160.
- Monin, G. y Ouali, A. 1991. Muscle differentiation and meat quality. *Development in meat science*.
- Monin, G. y Ouali, A. 1992. Muscle differentiation and meat quality. In *developments in Meat Science-5 ed.* R. Lawrie. Elsevier Applied Science, London, United Kingdom, 89-157.
- Moody, W.G. y Cassens, R.G. 1968. Histochemical differentiation of red and white muscle fibers. *Journal of Animal Science*, 27: 961.
- Moody, W.G.; Kemp, J.D.; Mahyuddin, M.; Jonhston, D.M. y Ely, D.G. 1980. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on histological properties of lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, 50(2): 249-256.
- Morbidini, L.; sarti, D.M.; Pollidori, P. y Valigi, A. 1999. Carcass, meat and fat quality in italian Merino derived lambs obtained with "organic" farming system. *FAO-CIHEAM Network on sheep and goat*. Molina de Segura, Murcia, España, 23-25 de septiembre.



- Moreno, R.; Amaro, M.A. y Zurera, G. 1993. Micronutrients in natural cow, ewe and goat milk. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 4(1): 37-46.
- Moseley, W.M.; Paulissen, J.B.; Goodwin, M.C.; Alaniz, G.R. y Clafin, W.H. 1992. Recombinant bovine somatotropin improves growth performance in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, 70: 412.
- Mueller, R.; Steinhart, H. y Scheper, J. 1985. Carcass composition and meat quality of kids. Influence of feeding. *Fleischwirtschaft*, 65(2): 194-196.
- Newbold, R.P. y Small, L.M. 1985. Electrical stimulation of post-mortem glycolysis in the semitendinosus muscle of sheep. *Meat Science*, 12: 1-16.
- Nishiyama, A. 1965. Histochemical studies on the red, white and intermediated muscle fibers of some skeletal muscles. II. The capillary distribution on three types of fibers of some skeletal muscles. *Acta Med. Okayama*, 19: 191-198.
- Offer, G. y Trinick, J. 1983. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science*, 8(4): 245-281.
- Ogata, T. 1958. A histochemical study of the red and white muscle fibers. Parts I, II and III. *Acta Med. Okayama*. 12: 216-236.
- Olson, D.G.; Parrish, F.C. y Stromer, M.H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscle during postmortem storage. *Journal of Food Science*, 41: 1036-1041.
- Olsson, V.; Hertzman, C. y Tornberg, E. 1994. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor and tenderness of two beef muscles. *Meat Science*, 37: 115-131.
- Ommer, P.A. 1971. Histochemical differentiation of skeletal muscle fibre in the bovine fetus. *Experientia*, 27: 173-174.
- Ouali, A. 1990. Meat tenderisation: possible causes and mechanisms. A review. *J. Muscle Foods*, 1: 129-165.
- Ouali, A. 1991. Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *Production Animal*, 4(3): 195-208.
- Ovalle, W.K.; Bressler, B.H.; Jasch, L.G. y Slonecker, C.E. 1983. Abnormal distribution of fiber types in the slow-twitch soleus muscle of the C57BL/6J DY2J/DY2J dystrophic mouse during postnatal development. *Am. J. Anat.*, 168: 291-304.



- Paul y Sperling. 1952. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Payne, C.A.; Hunt, M.C.; Warlen, K.E.; Hayden, J.M.; Williams, J.E. y Hedrick, H.B. 1992. Histochemical properties of four bovine muscles as influenced by compensatory gain and growth impetus. 38th Ico. MST, Clermont-Ferrand, 2: 121-124.
- Pearson, A.M. 1986. In muscle as Food, ed. Peter J. Bechtel. Academic Press, New York, USA, 103.
- Peter, J.B.; Barnard, V.R.; Edgerton, C.A.; Gilliespie y Stempel, K.E. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinean pig and rabbits. *Biochemistry*, 11: 2627-2633.
- Pierobon-Bormioli, S.; Sartore, S.; Vitadello, M. y Schiaffino, S. 1980. Slow myosins in vertebrate skeletal muscle. *J. Cell. Biol.*, 85: 672-681.
- Pierobon-Bormioli, S.; Sartore, S.; Vitadello, M.; Dalla-Libera, L. y Schiaffino, S. 1981. Fast isomyosin and fiber types in mammalian skeletal muscle. *J. Hystochem. Cytochem.*, 29: 1179-1181.
- Pisula, A.; slowinski, M.; Pawlowski, P.; Bidwel-Porebska, K. y Piotrowski, J. 1994. Chemical composition, physicochemical properties and sensory quality of the meat of "milk" goats reared to a body weight of 16 Kg. *Gospodarka-Miesna*, 46(11): 15-17.
- Prändl, O.; Fischer, A.; Schmidhofer, T. y Sinell, H.J. 1994. *Tecnología e Higiene de la carne*. Editorial Acribia, S. A., 854 pp.
- Price, J.F. y Schweigert, B.S. 1971. *The Science of Meat and Meat Products*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, USA.
- 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.
- Ranvier, 1873, 1874, 1875. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Rawn, J.D. 1989. *Bioquímica*. Ed. Interamericana-McGraw Hill, Madrid, España, 1105 pp.
- Rede, R.; Pribisch, V. y Rahelic, S. 1986. Untersuchungen über die Beschaffenheit von schlachttierkörpern und fleisch primitiver und hochselektierter schweinrassen. *Fleischewirtsch*, 68: 898.
- Retzius, 1890. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.



- Ribeiro, M.N.; Filho, E.C.P.; Almeida, C.C.; Costa, R.G. y Nascimento, J.C. 1997. Características Físico-Químicas da Carne de Caprinos Submetidos a Diferentes Níveis de Substituição do Leite por Soro de Queijo Durante o Aleitamento. *R.Bras.Zootec.*, 26(3): 595-598.
- Romans, J.R.; Tuma, H.J. y Tucker, W.L. 1965. Influences of carcass maturity and marbling on the physical and chemical characteristics of beef. I. Palatability, fiber diameter and proximate analysis. *Journal of Animal Science*, 24: 681.
- Roncalés, P. 1994. Evolución postmortem del músculo y calidad de la carne y los productos cárnicos. *Tecnología y Calidad de los Productos Cárnicos. Navarra*, 29-44.
- Rowe, R.W.D. y Goldspink, G. 1969. Muscle fibre growth in five different muscles in both sexes of mice. I. Normal mice. *Journal of Anatomy*, 104: 519-530.
- Rubinstein, N.A. y Kelly, A.M. 1981. Development of muscle fiber specialization in the rat hindlimb. *J. Cell. Biol.*, 90: 128-144.
- Sandles, L.D. y Peel, C.J. 1987. Growth and carcass composition of prepubertal dairy heifers treated with bovine growth hormone. *Animal Production*, 44: 21.
- Sañudo, C.; Delfa, R.; González, C.; Alcalde, M.J.; Casas, M.; Santolaria, P. y Vigil, E. 1992. Calidad de la carne del ternasco. *Información Técnica Económica Agraria*, 88 A(3): 221-227.
- Sañudo, C. y Sierra, I. 1993. Calidad de la canal y de la carne en la especie. *Ovino y Caprino. Monografías del Consejo General de Colegios Veterinarios, Madrid, España*, 207-254.
- Sañudo, C.; Alvarez, F.; Campo, M.; Olleta, J.L.; Delfa, R. y González, C. 1995. Influence de la note d'état corporel des chèvres adultes sur qualité de la viande. *Options méditerranéennes*, 27: 171-177.
- Sañudo, C.; Santolaria, M.P.; María, G.; Osorio, M. y Sierra, I. 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. *Meat Science*, 42(2): 195-202.
- Sañudo, C.; Sierra, I.; Olleta, J.L.; Martín, L.; Campo, M.M.; Santolaria, P.; Wood, J.D. y Nute, G.R. 1998. Influence of weaning on carcass quality, fatty acid composition and meat quality in intensive lamb production systems. *Animal Science*, 66: 175-187.



- Savell, J.W.; Cross, H.R. y Smith, G.C. 1986. Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *Journal of Food Science*, 51: 838.
- Schwartz, F.J.; Schams, D.; Röpke, R.; Kirchgessner, E.; Kögel, J. y Matzke, P. 1993. Effects of somatotropin treatment on growth performance, carcass traits, and the endocrine system in finishing beef heifers. *Journal of Animal Science*, 71: 2721.
- Seideman, S.C. y Crouse, J.D. 1986. The effects of sex condition, genotype and diet on Bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 17: 55-72.
- Seideman, S.C.; Crouse, J.D. y Mersmann, H.J. 1989. Carcass, muscle and meat characteristics of lean and obese pigs. *Journal of Animal Science*, 67: 2950.
- Seligman, A.M. y Rutenburg, A.M. 1951. Histochemical demonstration of succinic dehydrogenase. *Science*, 113: 317-321.
- Semenoff, W.F. 1935. Mikrochemische Bestimmung der Aktivität der Succinodehydrase in der Organen der Rana temporaria, *Zeitschrift für Zelforschung*, 22: 305.
- Shimokomaki, M.; Elsdon, D.F. y Bailey, A.J. 1972. Meat tenderness: Age-related changes in bovine intramuscular collagen. *Journal of Food Science*, 37: 892-896.
- Sierra, I. 1973. Aportación al estudio del cruce Blanco Belga Landrace. *IEPGE*, 16, 43.
- Simpson, S.P.; Webb, A.J. y Dick, S. 1987. Evaluation of large white and duroc boars as terminal sires under two different feeding regime. *Animal Production*, 45: 111-116.
- Sims, T.J. y Bailey, A.J. 1980. In *developments in meat Science*, ed. R.A. Lawrie. Applied Science Publisher, London, United Kingdom, 2: 29.
- Sims, T.J. y Baley, A.J. 1981. Connective tissue. In: *Development in Meat Science 2*. Ed.: R. Lawrie. Applied Science Publishers, London, United Kingdom, 29-60.
- Sinclair, J. y O'Dea, K. 1987. The lipid levels and fatty acid composition of lean portions of Australian beef and lamb. *Food Techn. In Aust.*, 39: 228-231.
- Snell, H. 1996. Schlachtkörpermerkmale von ziegenlämmern der rassen bunte Deutsche edelziege, buren-und kaschmirziege sowie kreuzungen. *Fleischwirtschaft*, 76(12): 1335-1339.



- Snow, D.; Billeter, F.; Mascarello, F.; Carpene, E. y Jenny, E. 1982. No classical IIB fibers in dog skeletal muscle. *Histochemistry*, 75: 53-65.
- Solomon, M.B. y Dunn, M.C. 1980. Simultaneous histochemical determination of three fiber types in single sections of ovine, bovine and porcine skeletal muscle. *Journal of Animal Science*, 66: 255-264.
- Solomon, M.B.; Kemp, J.D.; Moody, W.G.; Ely, D.G. y Fox, J.D. 1980. Effect of breed and slaughter weight on physical, chemical and organoleptic properties of lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, 51: 1120.
- Solomon, M.B.; Moody, W.G.; Kemp, J.D. y Ely, D.G. 1981. Effect of breed, slaughter weight and sex on histological properties of ovine muscle. *Journal of Animal Science*, 52(5): 1019-1025.
- Solomon, M.B.; Lynch, G.P. y Berry, E.W. 1986. Influence of animal diet and carcass electrical stimulation on the quality of meat from youthful ram lambs. *Journal of Animal Science*, 62: 139-146.
- Solomon, M.B.; Campbell, R.G. y Steele, N.C. 1990. Effect of sex and exogenous porcine somatotropin on longissimus muscle fiber characteristics of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 68: 1176.
- Sornay, J. y Legras, P. 1978. Cartographie du pH dans les carcasses de gros bovin. *Indian Alimentarian Agricultural*, 392-396.
- Sosnicki, A. 1987. Association of micrometric traits on meat quality, fattening and slaughter traits in the pig. *Journal of Animal Science*, 64: 1412-1418.
- Sruzner, 1884. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.
- Staun, H. 1963. Various factors affecting number and size of muscle fibers in the pig. *Acta. Agr. Scand.*, 13: 293.
- Staun, H. 1972. The genetic influence on number and size of muscle fibres. *W. Rev. Anim. Prod.*, 8: 18-26.
- Stecchini, M.L.; Mascarello, F. y Falaschini, A. 1990. Influence of breeding systems on pH and histochemical properties of muscle fibres in porcine *M. semimembranosus*. *Meat Science*, 28: 279-287.
- Stefano Lorenzini, 1678. Citado por Dubowitz, V.; Sewry, C.A. y Fitzsimons, R.B. 1985.



- Stickland, N.C. y Goldspink, G. 1975. A note on porcine skeletal muscle parameters and their possible use in early progeny testing. *Animal Production*, 21: 93.
- Sugie, H. y Verity, A. 1985. Postnatal histochemical fiber type differentiation in normal and hypothyroid rat soleus muscle. *Muscle and Nerve*, 8: 654-660.
- Suzuki, A. 1989. Inconsistency of reactivity for Acid-stable myosin ATPase in subtypes of Type II myofibers in Equine, Porcine and Caprine muscles. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 39(2-4): 73-79.
- Swan, J.E.; Esguerra, C.M. y Farouk, M.M. 1998. Some physical, chemical and sensory properties of chevon products from three New Zealand goat breeds. *Small Ruminant Research*, 28(3): 273-280.
- Swatland, H.J. 1975. Histochemical development of myofibres in neonatal piglets. *Research Veterinary Science*, 18: 253.
- Swatland, H.J. 1990. Effect of acidity on the optical transmittance of bovine myofibrillar proteins: how meat traps light at low wavelengths. *Journal of Animal Science*, 68: 1284-1290.
- Swatland, H.J. 1991. Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España, 443 pp.
- Tarrant, P.V. y Sherington, J. 1980. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science*, 4: 287-297.
- Tatum, J.D; Smith, G.C. y Carpenter, Z.L. 1982. Interrelationships between marbling, subcutaneous fat thickness and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science*, 54: 777.
- Taylor, R.G.; Geesink, G.H.; Thompson, V.F.; Koohmaraie, M. y Goll, D.E. 1995. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization ?. *Journal of Animal Science*, 73: 1351-1367.
- Tomanek, R.J. 1975. A histochemical study of postnatal differentiation of skeletal muscle with reference to functional overload. *Develop. Biol.*, 42: 305.
- Totland, G.K.; Kryvi, H. y Slinde, E. 1988. Composition of muscle fibre types and connective tissue in bovine m. semitendinosus and its relation to tenderness. *Meat Science*, 23: 303-315.
- Tuma, H.J.; Venable, J.H.; Wuthler, P.R. y Henrickson, R.L. 1962. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. *Journal of Animal Science*, 21: 33.



- USDA. 1989. Official United States Standards for grades of carcass beef. USDA, Agricultural Marketing Service, Washington, DC, USA.
- Valin, C.; Touraille, C.; Vignerón, P. y Ashmore, C.R. 1982. Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Science*, 6: 257-263.
- Van Niekerk, W.A. y Casey, N.H. 1988. The Boer goat. II Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 1: 355-368.
- Vestergaard, M.; Purup, S.; Henckel, P.; Tonner, E.; Flint, D.J.; Jensen, L.R. y Sejrsen, K. 1995. Effects of growth hormone and ovariectomy on performance, serum hormones, insulin-like growth factor-binding proteins, and muscle fiber properties of prepubertal Friesian heifers. *Journal of Animal Science*, 73: 3574-3584.
- Viera y Clavijo, J. 1982. Noticias de la Historia general de las Islas Canarias. Ed. Goya, Santa Cruz de Tenerife, España.
- Vignerón, P.; Nougues, J.; Bacou, F.; Valin, C. y Ashmore, C.R. 1984. An attempt to correlate early muscle characteristics with carcass traits at slaughter in lambs. *Livestock Production Science*, 11(2): 195-205.
- Vignerón, P.; Prud'hon, M.; Touraille, C.; Valin, C.; Bouix, J. y Bibe, B. 1986. Croissance des agneaux-Types de fibres musculaires et qualité de la viande. *Muscles indicateurs. 11es Journées de la Recherche Ovine et Caprine*, 49-73.
- Vrbová, G.; Navarrete, R. y Lowrie, M. 1985. Matching of muscle properties and motoneurone firing patterns during early stages of development. *Journal of Experimental Biology*, 115: 113-123.
- Weeds, A.G. 1980. Myosin light chains, polymorphism and fiber types in skeletal muscle. In: *Plasticity of muscle*. Pette, D. Walter de Gruyter, Berlin, New York, USA, 55-68.
- Weiler, U.; Apell, H.J.; Kremser, M.; Hofäcker, S y Claus, R. 1995. Consequences of selection on muscle composition. A comparative study on gracilis muscle in wild and domestic pigs. *Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol.*, 24: 77-80.
- Whalen, R.G.; Sell, S.M.; Butler-Browne, G.S.; Schwartz, K.; Bouveret, P. y Pinset-Harstrom. 1981. Three myosin heavy-chain isozymes appear sequentially in rat muscle development. *Nature, London, United Kingdom*, 295: 805-809.



- Wheeler, T.L.; Davis, G.W.; Clark, J.R.; Ramsey, C.B. y Rourke, T.J. 1989. Composition and palatability of early and late maturing beef breed types. *Journal of Animal Science*, 67(1): 142-151.
- Wheeler, T.L. y Koohmaraie, M. 1994. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine Longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 72: 1232-1238.
- Whipple, G.; Koohmaraie, M.; Dikeman, M.E. y Crouse, J.D. 1990. Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. *Journal of Animal Science*, 68: 4193-4199.
- Wulf, D.M. y Wise, J.W. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space. *Journal of Animal Science*, 77: 2418-2427.
- Wyszecki, G. y Stiles, W.S. 1982. *Color science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. Wiley- Interscience Publication, New York, USA, 950 pp.
- Yamaguchi, A.; Horio, Y.; Sakuma, K. y Katsuta, S. 1993. The effect of nutrition on the size and proportion of muscle fibre types during growth. *J. Anat.* 182: 29-36.
- Yambayamba, E. y Price, M.A. 1991. Fiber type proportions and diameters in the longissimus muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. *Can. Journal of Animal Science*, 71: 1031-1035.
- Young, O.A. y Braggins, T.J. 1993. Tenderness of ovine Semimembranosus: is collagen concentration or solubility the critical factor?. *Meat Science*, 35: 213-222.

