

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE DIFERENTES PROPORCIONES DE
PASTURA Y GRANO EN LA DIETA DE
CORDERAS CRUZAS, SOBRE LA CALIDAD DE LA
CARNE, PARTICULARMENTE REFERIDA AL
VALOR NUTRITIVO DE LA MISMA**

por

Carolina SILVEIRA ROJAS

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2009**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Ph.D. Fabio Montossi

Ing.Agr.Ph.D. Daniel Fernández Abella

Ing.Agr. Ricardo Rodríguez Palma

Fecha:

Autor:

Carolina Silveira Rojas

AGRADECIMIENTOS

Al INIA, en particular a la Estación Experimental del Norte, por permitirme llevar a cabo el presente trabajo, aportando el material experimental y la infraestructura necesaria para su correcta ejecución.

Al personal técnico y de campo de la Unidad Experimental “Glencoe”, especialmente al Br. Alfredo Gonzáles, por su permanente colaboración durante la etapa de campo.

Al personal técnico y personal de apoyo de INIA Tacuarembó, en especial a los Ings. Agrs. Santiago Luzardo, Ignacio De Barbieri, Martín Nolla y Alejandro Dighiero, que de una u otra forma, colaboraron para que este trabajo fuera posible.

A los Ings. Agrs. Daniel Fernández Abella y Ricardo Rodríguez, docentes de Facultad de Agronomía, por sus aportes en la corrección del presente trabajo.

A mi familia, por su permanente e incondicional aguante y apoyo en este proceso.

A todas aquellas personas que forman parte de mi vida y han estado para acompañarme y alentarme a seguir adelante.

También quisiera destacar y agradecer la colaboración y confianza brindada por mi director de tesis, el Ing. Agr. Ph.D. Fabio Montossi.

A MI FAMILIA

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	X
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y POTENCIAL DE PRODUCCIÓN	5
2.1.1. <u>Consideraciones generales</u>	5
2.1.2. <u>Factores que afectan los requerimientos nutricionales</u>	6
2.1.3. <u>Requerimientos de energía metabolizable</u>	7
2.1.4. <u>Requerimientos de proteína cruda</u>	8
2.1.5. <u>Requerimientos de minerales</u>	8
2.1.6. <u>Requerimiento de vitaminas</u>	9
2.1.7. <u>Potencial de producción</u>	10
2.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS UTILIZADAS	12
2.2.1. <u>Especies</u>	12
2.2.1.1. <i>Trifolium repens</i> cv. Zapican	12
2.2.1.2. <i>Lotus corniculatus</i> cv. San Gabriel	14
2.2.1.3. <i>Lolium multiflorum</i> L. cv. LE 284	15
2.2.2. <u>Productividad estival de las especies forrajeras utilizadas</u>	16
2.3. PRODUCCIÓN Y MANEJO EN SISTEMAS DE CONFINAMIENTO ..	18
2.3.1. <u>Consideraciones generales</u>	18
2.3.2. <u>Componentes de la dieta</u>	19
2.3.2.1. Componente grano: principal aporte de energía en la dieta	19
2.3.2.2. Componente voluminoso: aporte de fibra	20
2.3.2.3. Balance de minerales (carbonato de calcio)	20
2.3.2.4. Disponibilidad y calidad del agua	21
2.3.3. <u>Infraestructura de los sistemas de producción en confinamiento</u>	21
2.3.3.1. Ubicación espacial	21
2.3.3.2. Espacio disponible por animal	22
2.3.4. <u>Manejo productivo: suministro de alimentos y agua</u>	23
2.3.4.1. Acostumbramiento al consumo de grano	23
2.3.4.2. Suministro del componente grano de la dieta	23
2.3.4.3. Suministro del componente voluminoso de la dieta	24
2.3.4.4. Suministro de agua	25
2.3.5. <u>Manejo sanitario: importancia en los sistemas de confinamiento</u>	25
2.3.5.1. Acidosis	26

2.3.5.2.	Clostridiosis	27
2.3.5.3.	Queratoconjuntivitis	28
2.3.5.4.	Competencia en comederos	28
2.3.5.5.	Otras enfermedades	29
2.3.6.	<u>Otros factores que afectan la productividad y performance animal en sistemas de confinamiento</u>	30
2.4.	EFFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PASTURA EN LA UTILIZACIÓN, COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO	32
2.4.1.	<u>Introducción</u>	32
2.4.2.	<u>Consumo</u>	32
2.4.2.1.	Influencia de factores inherentes al animal	33
2.4.2.2.	Influencia de la disponibilidad de la pastura sobre el consumo	33
2.4.2.3.	Influencia del valor nutritivo sobre el consumo	35
2.4.2.4.	Influencia de la composición de la pastura sobre el consumo.....	36
2.4.3.	<u>Utilización de pasturas</u>	36
2.4.3.1.	Efecto de la disponibilidad del forraje sobre la utilización del mismo	36
2.4.4.	<u>Comportamiento ingestivo y componentes del consumo</u>	38
2.4.5.	<u>Conducta animal</u>	40
2.4.5.1.	Tiempo dedicado al pastoreo y rumia	40
2.4.5.2.	Efecto de las características del forraje sobre el hábito de pastoreo..... de los animales	41
2.4.6.	<u>Factores que afectan la selectividad animal</u>	42
2.4.6.1.	Factores del animal	42
2.4.6.2.	Factores de la pastura	43
2.5.	ÁCIDOS GRASOS	44
2.5.1.	<u>Caracterización</u>	44
2.5.1.1.	Definición	44
2.5.1.2.	Nomenclatura	46
2.5.1.3.	Descripción de los ácidos grasos	49
2.5.2.	<u>Función e importancia de los lípidos y algunos ácidos grasos</u>	55
2.5.2.1.	Suministro de energía	55
2.5.2.2.	Ácidos grasos esenciales (AGE)	56
2.5.2.3.	Transporte de vitaminas.....	56
2.5.2.4.	Esteroles	56
2.5.2.5.	Otras funciones de los lípidos.....	57
2.5.3.	<u>Fuente de ácidos grasos en los rumiantes</u>	57
2.5.3.1.	Forrajes verdes.....	58
2.5.3.2.	Forrajes conservados	60
2.5.3.3.	Cereales y oleaginosos.....	60
2.5.3.4.	Lípidos bacterianos	61
2.5.3.5.	Lípidos protegidos.....	62

2.5.4.	<u>Metabolismo de los ácidos grasos</u>	63
2.5.4.1.	Digestión y absorción de los ácidos grasos.....	63
2.5.4.2.	Transporte y almacenamiento de ácidos grasos en el organismo	71
2.5.4.3.	Deposición en tejidos.....	72
2.5.5.	<u>Tipos de ácidos grasos y sitio de deposición en el animal</u>	73
2.5.6.	<u>Factores que afectan la concentración y el perfil de ácidos grasos</u>	76
2.5.6.1.	Introducción	76
2.5.6.2.	Dieta.....	68
2.5.6.3.	Otros factores	89
2.5.6.4.	Proporción de fosfolípidos y triglicéridos	93
2.5.7.	<u>Influencia de los ácidos grasos en la salud humana</u>	94
2.5.7.1.	Valor nutritivo de los alimentos y su influencia en la salud humana	95
2.5.7.2.	Importancia y descripción de los colesteroles.....	99
2.5.8.	<u>Efecto de los ácidos grasos sobre características de la carne</u>	102
2.5.8.1.	Vida útil.....	102
2.5.8.2.	Sabor	102
2.5.8.3.	Firmeza de la grasa	103
2.5.8.4.	Color de la grasa	103
2.6.	EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD, PERFORMANCE ANIMAL Y SOBRE LA PASTURA	104
2.6.1.	<u>Introducción</u>	104
2.6.2.	<u>Factores que afectan la estrategia de suplementación</u>	104
2.6.2.1.	Interacción pastura-animal-suplemento.	106
2.6.3.	<u>Respuesta animal</u>	107
2.6.3.1.	Efecto de la suplementación sobre el consumo de pastura y su utilización	108
2.6.3.2.	Efecto de la suplementación sobre productividad y performance animal.....	110
2.6.3.3.	Efecto sobre la producción de lana.....	111
2.7.	EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO ANIMAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL	112
2.7.1.	<u>Introducción</u>	112
2.7.2.	<u>Descripción y evaluación de canales</u>	112
2.7.2.1.	Rendimiento en segunda balanza, producción de carne, peso de canal caliente y peso de canal fría.....	113
2.7.2.2.	Clasificación y tipificación de canales	113
2.7.2.3.	Grado de engrasamiento	113
2.7.2.4.	Composición regional de la canal	114
2.7.2.5.	Estimación del área de ojo del bife	114
2.7.2.6.	Composición tisular de la canal	115
2.7.3.	<u>Factores que afectan el crecimiento y su influencia sobre la canal</u>	116
2.7.3.1.	Efecto del peso vivo	118

2.7.3.2.	Efecto del sexo	119
2.7.3.3.	Efecto de la raza paterna.....	119
2.7.3.4.	Efecto de la alimentación sobre el crecimiento animal y características de la canal.....	120
2.8.	EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE COMPONENTES NO CANAL	125
2.8.1.	<u>Introducción</u>	125
2.8.2.	<u>Efecto de la dieta</u>	126
2.9.	CALIDAD COMESTIBLE DE LA CARNE.....	129
2.9.1.	<u>Introducción</u>	129
2.9.2.	<u>Apariencia de la carne (atributos visuales)</u>	129
2.9.2.1.	Color de la carne y de la grasa.....	129
2.9.2.2.	Textura.....	130
2.9.3.	<u>Palatabilidad</u>	130
2.9.3.1.	Terneza.....	130
2.9.3.2.	Olor y sabor	130
2.9.3.3.	Jugosidad	131
2.9.4.	<u>Conversión del músculo en carne</u>	131
2.9.4.1.	Instauración del <i>rigor mortis</i>	132
2.9.5.	<u>Factores que afectan las características de la calidad de la carne</u>	133
2.9.5.1.	Color de la carne y de la grasa.....	133
2.9.5.2.	Factores que afectan la terneza.....	134
2.9.5.3.	Olor y sabor	138
2.9.5.4.	Jugosidad - capacidad de retención de agua (CRA) y jugosidad	138
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	140
3.1.	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	140
3.2.	CLIMA: TEMPERATURA, PRECIPITACIONES Y EVAPORACIÓN	141
3.3.	DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO	145
3.3.1.	<u>Animales utilizados</u>	145
3.3.1.1.	Descripción	145
3.3.1.2.	Manejo sanitario.....	146
3.3.2.	<u>Experimento</u>	146
3.3.2.1.	Ubicación del ensayo.....	146
3.3.2.2.	Pastura utilizada	147
3.3.2.3.	Tratamientos: descripción, alimentación, instalaciones y manejo ..	147
3.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y MODELO ESTADÍSTICO	154
3.5.	DETERMINACIONES	155
3.5.1.	<u>En pastura, ración y fardo</u>	155
3.5.1.1.	Disponibilidad y altura del forraje.....	155
3.5.1.2.	Composición botánica.....	156
3.5.1.3.	Valor nutritivo.....	157
3.5.2.	<u>En animales</u>	158

3.5.2.1.	Determinación de peso vivo lleno (PV) y vacío (PVV).....	158
3.5.2.2.	Determinación de condición corporal (CC).....	158
3.5.2.3.	Determinación de la dentición.....	158
3.5.2.4.	Crecimiento y calidad de lana.....	159
3.5.2.5.	Peso de vellón.....	160
3.5.2.6.	Conducta animal	160
3.5.2.7.	Consumo de ración.....	161
3.5.2.8.	Consumo de agua	161
3.5.2.9.	Consumo de forraje	162
3.5.2.10.	Manejo sanitario.....	162
3.5.2.11.	Características de la canal <i>in vivo</i>	162
3.5.3.	<u>Relativas a la faena</u>	163
3.5.3.1.	Mediciones de la canal y sus componentes.....	164
3.5.3.2.	Medición de los componentes "no canal"	166
3.5.3.3.	Calidad de la carne	168
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	171
4.1.	<u>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PASTURA</u>	171
4.1.1.	<u>Disponibilidad del forraje ofrecido</u>	171
4.1.2.	<u>Altura del forraje ofrecido</u> ¡Error! Marcador no definido.	
4.1.3.	<u>Composición botánica del forraje ofrecido</u>	174
4.1.4.	<u>Valor nutritivo del forraje ofrecido</u>	176
4.1.5.	<u>Disponibilidad del forraje remanente</u>	177
4.1.6.	<u>Altura del forraje remanente</u>	178
4.1.7.	<u>Composición botánica del forraje remanente</u>	180
4.1.8.	<u>Comparación entre forraje disponible y forraje remanente</u>	182
4.1.9.	<u>Valor nutritivo del forraje ofrecido y remanente</u>	184
4.1.10.	<u>Valor nutritivo de la ración y del fardo suministrado</u>	186
4.2.	<u>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANIMALES</u>	188
4.2.1.	<u>Actividades comportamentales</u>	188
4.2.2.	<u>Consumo, performance animal y eficiencia de conversión del alimento</u>	193
4.2.2.1.	Consumo de materia seca y agua.....	193
4.2.2.2.	Evolución y ganancia de peso.....	201
4.2.2.3.	Eficiencia de conversión	207
4.2.2.4.	Condición corporal	209
4.2.3.	<u>Crecimiento y calidad de lana</u>	210
4.2.4.	<u>Dentición y carga parasitaria</u>	213
4.2.5.	<u>Calidad de la canal</u>	214
4.2.5.1.	Características estimadas <i>in vivo</i>	215
4.2.5.2.	Características estimadas <i>pos mortem</i>	217
4.2.6.	<u>Componentes no canal</u>	226
4.2.7.	<u>Calidad de la carne</u>	230

4.2.7.1.	Temperatura y pH	231
4.2.7.2.	Terneza.....	233
4.2.7.3.	Color	235
4.2.7.4.	Ácidos grasos	237
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	247
6.	<u>RESUMEN</u>	249
7.	<u>SUMMARY</u>	251
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	253
9.	<u>ANEXOS</u>	271

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Comparación del gasto diario de energía entre ovinos a pastoreo vs.un sistema de confinamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
2. Requerimientos de energía metabolizable (MJ de EM/día) de corderas de 6 a 12 meses de edad, según peso vivo y ganancia de peso (GMD).;	¡Error! Marcador no definido.
3. Requerimientos de proteína cruda (%) de corderos con raciones balanceadas, según concentración de energía de la dieta (MCal/kg MS) y peso vivo del animal (kg).	¡Error! Marcador no definido.
4. Requerimientos de los minerales más importantes como porcentaje del total de la dieta para corderos de 35 kg de peso vivo...;	¡Error! Marcador no definido.
5. Requerimiento de vitaminas A, D y E de corderos con 35 kg de peso vivo.;	¡Error! Marcador no definido.
6. Valor nutritivo de <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Lolium multiflorum</i> y <i>Trifolium repens</i> en condiciones de pastoreo para dos estaciones del año (primavera vs.verano).....	¡Error! Marcador no definido.
7. Efecto de diferentes dietas bajo sistemas de engorde a corral sobre la performance animal.....	¡Error! Marcador no definido.
8. Nombre común, punto de fusión y nomenclatura de los ácidos grasos saturados.....	¡Error! Marcador no definido.
9. Principales ácidos grasos insaturados.	¡Error! Marcador no definido.
10. Contenido total de ácidos grasos (AG; mg/100g MS) y composición (%) para diferentes alimentos.....	¡Error! Marcador no definido.
11. Composición en ácidos grasos (AG) de los alimentos más frecuentemente utilizados.	¡Error! Marcador no definido.
12. Efecto del nivel de concentrado en la dieta sobre la hidrogenación (%) de los ácidos linoleico y linolénico.....	¡Error! Marcador no definido.
13. Cambios en la composición de ácidos grasos según músculo del cual se tomaron las muestras.....	¡Error! Marcador no definido.
14. Influencia del régimen de alimentación en la composición de ácidos grasos (% de los ácidos grasos totales) en el músculo <i>Longissimus lumborum</i> de corderos.	¡Error! Marcador no definido.
15. Contenido de ácidos grasos (mg/100g) en el músculo del lomo en filetes provenientes del muestreo de cuatro supermercados del Reino Unido.;	¡Error! Marcador no definido.
16. Proporción de los diferentes grupos de ácidos grasos según género.;	¡Error! Marcador no definido.
17. Efecto del tipo de procesamiento del grano de maíz en el pH del rumen, en la proporción de ácido acético y propiónico y en la utilización del alimento en los corderos.	¡Error! Marcador no definido.
18. Respuesta esperada en peso vivo y consumo de energía de bovinos y ovinos suplementados con energía, proteína o nitrógeno no proteico (urea), pastoreando forrajes de diferentes niveles de disponibilidad, contenido de fibra y proteína.	¡Error! Marcador no definido.

19. Coeficientes de correlación simple entre variables estimadas *in vivo* y variables estimadas sobre la canal.....**¡Error! Marcador no definido.**
20. Composición física y química de la canal y cortes primarios de ovinos.**¡Error! Marcador no definido.**
21. Proporción (g/kg) de agua, grasa, proteína cruda y ceniza y contenido de energía bruta (MegaJoules/kg) de la canal de corderos cruza con diferentes pesos vivos vacíos.**¡Error! Marcador no definido.**
22. Efecto de la raza del padre sobre las características de la canal.**¡Error! Marcador no definido.**
23. Efecto de la suplementación de corderos (si o no) en experimentos con diferentes niveles de suplementación y diferentes suplementos sobre el peso vivo a faena y los pesos de canal caliente y fría obtenidos.**¡Error! Marcador no definido.**
24. Efecto de la suplementación de corderos (si o no) en experimentos con diferentes niveles de suplementación y diferentes suplementos sobre la composición regional de la canal.**¡Error! Marcador no definido.**
25. Efecto de la dieta y del sexo sobre las características de la canal y viseras, medidos en corderos faenados al final de la fase de crecimiento.**¡Error! Marcador no definido.**
26. Medidas de color de la carne (24 horas de maduración) de corderos Morada Nova sometidos a dietas con diferentes niveles de concentrado.**¡Error! Marcador no definido.**
27. Valores de pH de carne de corderos de la raza Morada Nova sometidos a dietas con diferentes niveles de concentrado.**¡Error! Marcador no definido.**
28. Registros pluviométricos (milímetros) anuales y promedios mensuales de la UEG.**¡Error! Marcador no definido.**
29. Registros pluviométricos (milímetros) anuales y promedios mensuales de la UEM.**¡Error! Marcador no definido.**
30. Precipitaciones mensuales promedio y total acumulado (milímetros), durante el período experimental para tres series históricas.**¡Error! Marcador no definido.**
31. Evaporación mensual y total acumulada (milímetros), para el período experimental.**¡Error! Marcador no definido.**
32. Registros de temperaturas (°C) mínima y máxima promedio, valores mínimos y máximos extremos para la serie histórica y para el período experimental.**¡Error! Marcador no definido.**
33. Promedio de temperaturas (°C) máximas y mínimas para tres series históricas y para el período en el que transcurrió el ensayo.**¡Error! Marcador no definido.**
34. Peso vivo, desvío estándar (DE) y condición corporal al inicio del experimento para cada tratamiento y promedio de todos los animales.**¡Error! Marcador no definido.**
35. Área total, fecha de ingreso, fecha de salida y días de ocupación en cada parcela**¡Error! Marcador no definido.**
36. Proporciones de ración como porcentaje del ofrecido en el confinamiento (% ración) y como porcentaje del peso vivo (ración % PV), número de animales totales por tratamiento y por tipo de cruza.**¡Error! Marcador no definido.**
37. Ración ofrecida por animal y por día (g/a/d) para cada tratamiento (T) según rango de peso vivo (PV) y día de ingreso (día ing.) de cada tratamiento a cada rango de PV (3 de noviembre = día cero).**¡Error! Marcador no definido.**
38. Cronograma de las determinaciones de conducta animal.**¡Error! Marcador no definido.**

39. Disponibilidad del forraje ofrecido (kg MS/ha) por ciclo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
40. Disponibilidad de forraje verde (Verde) y hoja verde (Foliolo) de leguminosa disponible (kg MS/ha) por ciclo de pastoreo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
41. Altura del forraje ofrecido (cm) medida dentro del rectángulo por ciclo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
42. Altura del forraje ofrecido (cm) medida en la parcela por ciclo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
43. Composición botánica del forraje ofrecido total (%) según tratamiento para todo el período experimental.....; **Error! Marcador no definido.**
44. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total según tratamiento para el total del período experimental.; **Error! Marcador no definido.**
45. Disponibilidad del forraje remanente (kg MS/ha) por ciclo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
46. Disponibilidad de forraje (verde) y hoja verde (foliolo) de leguminosa remanente (kg MS/ha) por ciclo de pastoreo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
47. Altura del forraje remanente (cm) por ciclo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
48. Altura del forraje remanente (cm) medida en la parcela por ciclo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
49. Composición botánica del forraje remanente total (%) según tratamiento para todo el período experimental.....; **Error! Marcador no definido.**
50. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje remanente total según tratamiento para el total del período experimental.; **Error! Marcador no definido.**
51. Componentes del valor nutritivo (%) de la ración ofrecida según ciclo.; **Error! Marcador no definido.**
52. Componentes del valor nutritivo (%) del fardo ofrecido según ciclo.; **Error! Marcador no definido.**
53. Actividades comportamentales de los animales (minutos) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:30 – 19:30 horas), según tratamiento para el Ciclo 2.; **Error! Marcador no definido.**
54. Actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:45 – 20:30 horas), según tratamiento para el Ciclo 3.....; **Error! Marcador no definido.**
55. Actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (6:00 – 20:00 horas), según tratamiento para el Ciclo 4.....; **Error! Marcador no definido.**
56. Consumo aparente (g MS/animal/día) de materia seca total (forraje y/o suplemento y/o fardo) según tratamiento.....; **Error! Marcador no definido.**
57. Consumo aparente de MS desaparecida como porcentaje (%) del peso vivo según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
58. Consumo diario aparente de proteína cruda (g/animal/día) según tratamiento, por ciclo y para el promedio del ciclo 2 al ciclo 4.; **Error! Marcador no definido.**
59. Consumo diario aparente de materia seca digestible (g/animal/día) por ciclo y para el promedio del ciclo 2 al ciclo 4 según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**

60. Utilización (%) de la materia seca total ofrecida (forraje y/o suplemento y/o fardo) por ciclo de pastoreo y para el promedio del T2 al T4, según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
61. Utilización (%) del forraje verde y hoja verde disponible por ciclo de pastoreo y total según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
62. Consumo diario aparente de materia seca del forraje (g/MS/animal/día) según tratamiento, por ciclo y promedio del ciclo 2 al ciclo 4.; **Error! Marcador no definido.**
63. Consumo diario de ración (g/MS/animal/día) según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
64. Utilización (% desaparecido) de la materia seca del forraje disponible según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
65. Consumo de suplemento como porcentaje del total de suplemento ofrecido según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
66. Consumo diario de agua (L./animal/día) promedio (no se incluye el agua proveniente del alimento) para todo el período experimental según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
67. Peso vivo lleno promedio (kg/cordero) al inicio del experimento y al final de cada ciclo según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
68. Ganancia de peso vivo lleno promedio (g/cord/d) para cada ciclo de pastoreo y para todo el período experimental según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
69. Peso vivo vacío promedio (kg/cordero) al inicio del experimento y al final de cada ciclo de pastoreo y final del experimento según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
70. Ganancia de peso vivo vacío promedio (g/anim/día) inicial y final para cada ciclo de pastoreo y el total del período experimental según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
71. Porcentaje de vaciado en tres fechas de pesada diferentes y promedio total del período experimental según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
72. Eficiencia de conversión de la materia seca en peso vivo (kg MS consumido/kg de PV) según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
73. Eficiencia de conversión del concentrado (kg concentrado consumido /kg de PVLL adicional) para el T5.....; **Error! Marcador no definido.**
74. Condición corporal promedio (unidades) inicial y final para cada ciclo de pastoreo, ajustado por condición corporal inicial según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
75. Producción de lana vellón sucia y limpia (kg/animal) y crecimiento de lana ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$) sucia y limpia.; **Error! Marcador no definido.**
76. Características de calidad de la lana según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
77. Área del ojo de bife (cm^2) y punto C (mm) según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
78. Variables determinadas en la canal *post mortem* según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
79. Peso de pierna con cuadril sin garrón y sin hueso (kg).; **Error! Marcador no definido.**
80. Distribución (%) de piernas por rangos de peso según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
81. Peso del *Frenched Rack* (gramos) según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**
82. Peso (gramos) de la paleta izquierda entera y de las fracciones obtenidas en el despiece de la misma según tratamiento.; **Error! Marcador no definido.**

83. Peso (gramos) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos según tratamiento, ajustado por peso de paleta. **¡Error! Marcador no definido.**
84. Peso (% del peso total de la paleta) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
85. Peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes) según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
86. Peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
87. Peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
88. Peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas, según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
89. Peso de otras fracciones obtenidas de las vísceras según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
90. Evolución de temperatura (°C) del músculo *Longissimus lumborum* según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
91. Evolución de pH del músculo *Longissimus lumborum* según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
92. Evolución de la fuerza de desgarramiento del músculo *Longissimus lumborum* según períodos de maduración, para cada tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
93. Parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* y grasa de cobertura de corderos según tratamiento, con 2 días de maduración. **¡Error! Marcador no definido.**
94. Parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* de corderos según tratamiento, con 5 días de maduración. **¡Error! Marcador no definido.**
95. Parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* de corderos según tratamiento, con 10 días de maduración. **¡Error! Marcador no definido.**
96. Contenido de grasa intramuscular (% en peso), SFA (%), MUFA (%), PUFA (%) y contenido de humedad (%), del músculo *longissimus lumborum*, según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
97. Perfil de ácidos grasos (% de la grasa total) en el músculo *longissimus lumborum*, según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
98. Relaciones entre grupos de ácidos grasos, contenido de CLA y de ácidos grasos con isomería *trans* en el músculo *longissimus lumborum*, según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura No.

1. Impacto de la concentración de energía de la dieta (Mcal/kg MS) sobre la tasa de crecimiento (GMD; g/ día) de corderos. **¡Error! Marcador no definido.**
2. Respuesta en performance animal (GMD) de acuerdo al nivel de proteína cruda (% en base seca) con una dieta basada en 80% de concentrado. **¡Error! Marcador no definido.**
3. Rendimiento anual (tt/ha) y tasa de crecimiento (TC; kg MS/ha/día) del cv., Zapicán (Z), cv. Regal (R), los 5 mejores (a) y los 5 peores (b) cultivares de *Trifolium repens* evaluados. **¡Error! Marcador no definido.**

4. Producción estacional y anual (tt MS/ha) de forraje de *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.; **Error! Marcador no definido.**
5. Distribución estacional y anual de tasas de crecimiento (TC; kg MS/ha/día) para *Lotus Corniculatus* cv. San Gabriel durante cuarto año de crecimiento.; **Error! Marcador no definido.**
6. Tasa de crecimiento (TC; kg MS/ha/día) y producción estacional (PE; tt MS/ha) de *Lolium multiflorum* cv. LE 284.; **Error! Marcador no definido.**
7. Producción estacional total (tt MS/ha) del cuarto año de una mezcla formada por trébol blanco, lotus y raigrás anual.; **Error! Marcador no definido.**
8. Consumo de Forraje individual (kgMS/animal/día) en función de la disponibilidad de forraje (kgMS/há.).; **Error! Marcador no definido.**
9. Relación entre disponibilidad diaria de forraje, consumo de forraje por animal y eficiencia de utilización del forraje.; **Error! Marcador no definido.**
10. Influencia de la altura de la pastura (cm) sobre la eficiencia de utilización de la misma (% del disponible).; **Error! Marcador no definido.**
11. Influencia de la altura de la pastura en el comportamiento ingestivo y el consumo de ovejas bajo pastoreo continuo.; **Error! Marcador no definido.**
12. Punto de fusión (°C) de los ácidos grasos saturados en función del largo de la cadena hidrocarbonada (número de carbonos).; **Error! Marcador no definido.**
13. Configuración espacial de los ácidos grasos según disposición de los grupos sustituyentes.; **Error! Marcador no definido.**
14. Clasificación de los ácidos grasos según posición de los dobles enlaces.; **Error! Marcador no definido.**
15. Clasificación según posición del primer doble enlace en relación al carbono metílico.; **Error! Marcador no definido.**
16. Lipólisis y biohidrogenación de los ácidos grasos alimentarios por las bacterias del rumen.; **Error! Marcador no definido.**
17. Anatomía del tracto gastrointestinal de los Rumiantes.; **Error! Marcador no definido.**
18. Efecto del nivel de almidón de la dieta sobre el grado de lipólisis a nivel del rumen.; **Error! Marcador no definido.**
19. Influencia del pH sobre la liberación *in vitro* de ácido linoleico, medido en 80 mg de aceite de soja durante 6 h.; **Error! Marcador no definido.**
20. Conversión de ácido linoleico (C18:2n6) y de ácido linolénico (C18:3n3) en sus ácidos grasos derivados de cadena larga.; **Error! Marcador no definido.**
21. Efecto del agregado de concentrado a la dieta base sobre los distintos grupos de ácidos grasos, CLA y relación n3:n6.; **Error! Marcador no definido.**
22. Efecto de la edad de los corderos sobre la proporción de ácido linoleico (C18:2), palmítico (C16:0) y total de ácidos grasos saturados (SFA) como % del total de ácidos grasos.; **Error! Marcador no definido.**

23. Representación esquemática del efecto de la suplementación en el consumo de forraje. **¡Error! Marcador no definido.**
24. Evolución del peso corporal, la tasa de crecimiento y la eficiencia de conversión del alimento en peso vivo en corderos Merino. **¡Error! Marcador no definido.**
25. Cambio en las proporciones de los diferentes tejidos corporales (hueso, músculo y grasa) en función del estado de madurez de carneros Merino. **¡Error! Marcador no definido.**
26. Proporción de los diferentes tejidos que componen las canales según raza. **¡Error! Marcador no definido.**
27. Evolución de la temperatura y del pH en el músculo *Longissimus lumborum* de corderos. **¡Error! Marcador no definido.**
28. Efecto de la temperatura durante el período de maduración sobre la terneza. **¡Error! Marcador no definido.**
29. Evolución de la fuerza de corte en el músculo *Longissimus lumborum* de corderos. **¡Error! Marcador no definido.**
30. Asociación entre la fuerza de corte y el pH final de los músculos de ovinos (*Longissimus lumborum* y *lumborum*). **¡Error! Marcador no definido.**
31. Precipitación mensual y evaporación mensual (milímetros) para el período experimental. **¡Error! Marcador no definido.**
32. Vista general de los corrales (a) y de los animales dentro de estos (b). **¡Error! Marcador no definido.**
33. Visión general de las estructuras de: a) provisión de sombra (sombrites) y de agua (bebederos) y b) esquema de construcción de los comederos. **¡Error! Marcador no definido.**
34. Fotografía de la realización de la ultrasonografía (a) e imagen obtenida (b). **¡Error! Marcador no definido.**
35. Corte de la paleta proveniente del frigorífico y estandarizada para el procedimiento de despiece, visión externa (izquierda) e interna (derecha). **¡Error! Marcador no definido.**
36. Imagen de las diferentes fracciones obtenidas mediante el procedimiento de despiece. **¡Error! Marcador no definido.**
37. Imagen fotográfica de las diferentes partes del tracto digestivo (vísceras verdes). **¡Error! Marcador no definido.**
38. Imagen fotográfica de los órganos agrupados como víscera “rojas”. **¡Error! Marcador no definido.**
39. Relación entre la altura del forraje ofrecido medida dentro del rectángulo y la disponibilidad de materia seca, para el total del período experimental. **¡Error! Marcador no definido.**
40. Contribución relativa (%) de los diferentes componentes de la pastura ofrecida (en base seca), por ciclo de pastoreo. **¡Error! Marcador no definido.**
41. Relación entre la altura del forraje remanente medida dentro del rectángulo y la disponibilidad de materia seca, para el total del período experimental. **¡Error! Marcador no definido.**
42. Contribución relativa de los diferentes componentes de la pastura remanente (en base seca), por ciclo de pastoreo. **¡Error! Marcador no definido.**
43. Comparación de la composición botánica promedio del forraje ofrecido y de remanente para todo el período. **¡Error! Marcador no definido.**

44. Evolución de los componentes del valor nutritivo promedio, como la diferencia porcentual entre el forraje remanente y el ofrecido para cada tratamiento y para el total del período experimental..... **¡Error! Marcador no definido.**
45. Conducta animal según tratamiento para cada ciclo de pastoreo y promedio del período experimental..... **¡Error! Marcador no definido.**
46. Representación gráfica de la relación (promedio de todo el experimento) entre el consumo de MS total y de MS de cada uno de los componentes de la dieta (g/animal/día) según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
47. Ganancia de peso vivo lleno (g/animal/día) promedio para todo el período experimental..... **¡Error! Marcador no definido.**
48. Evolución de peso vivo lleno, ajustado por peso vivo lleno inicial, a través del período experimental según tratamiento **¡Error! Marcador no definido.**
49. Evolución de peso vivo vacío, ajustado por peso vivo vacío inicial, a través del período experimental según tratamiento **¡Error! Marcador no definido.**
50. Evolución de la dentición durante el experimento para todos los animales. **¡Error! Marcador no definido.**
51. Evolución de la carga parasitaria (HPG) según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
52. Relación entre el AOB (cm²) medida con cuadrícula y el AOB (cm²) medida por ultrasonografía, para la mitad de los animales evaluados. **¡Error! Marcador no definido.**
53. Grado de terminación de las canales según clasificación de INAC (a) y sistema de tipificación de canales de corderos del Frigorífico San Jacinto (b), según tratamiento. **¡Error! Marcador no definido.**
54. Distribución (% por categoría) de canales de los animales del T1 al T5 según sistema de Tipificación de Canales de Corderos de Australia (a) peso canal caliente (kg) y (b) por cobertura de grasa (mm) y según sistema de Tipificación de Canales de Corderos de Nueva Zelanda (c). **¡Error! Marcador no definido.**
55. Evolución de la temperatura a partir del momento de faena (horas). **¡Error! Marcador no definido.**
56. Evolución del pH a partir del momento de faena (horas). **¡Error! Marcador no definido.**
57. Evolución de la fuerza de desgarramiento medida en el músculo *Longissimus lumborum*, para todos los animales..... **¡Error! Marcador no definido.**
58. Proporción de ácido Oleico, Linoleico y sus isómeros (*cis* y *trans*), en el músculo *longissimus lumborum* según tratamiento. . **¡Error! Marcador no definido.**
59. Valor nutritivo de la carne obtenido para cada tratamiento en relación al valor recomendado. **¡Error! Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

El rubro ovino ha desempeñado históricamente un rol trascendente en el desarrollo económico y social del país. No obstante, luego de alcanzado el máximo histórico de 26 millones de cabezas en 1991, el stock ovino decreció. Esta reducción, entre otros, se explica fundamentalmente por los bajos precios internacionales de la lana y por la ventaja comparativa de otros rubros que compiten con el ovino (Montossi et al., 1997). El stock ovino siguió descendiendo para situarse en 9.39 millones de cabezas en el 2004, siendo un 63% inferior al de 1991 (Muñoz, 2004). A partir del 2004 el stock ovino comenzó a ascender, alcanzando en el 2006 aproximadamente 11.2 millones de cabezas (INAC, 2007).

En la búsqueda de nuevas opciones, complementarias a la producción de lana, la producción de carne ovina de calidad, surge con un gran potencial, como una alternativa para diversificar y estimular la producción y la rentabilidad de los productores ovinos y de toda la Cadena Cárnica de nuestro país. En este sentido, cabe destacar el crecimiento constante que ha tenido desde 1996 el Operativo de Cordero Pesado, ocupando en la actualidad un sitio de liderazgo en las exportaciones de carne ovina uruguaya (Montossi et al., 2002a).

La producción ovina en el Uruguay constituye la principal fuente de ingreso familiar (57%) de los pequeños y medianos productores ganaderos, donde existen 25.000 productores dedicados a la producción de carne ovina y lana. Uruguay ha exportado históricamente entre 60 y 90 millones de kilos de lana (la mayoría procesada - más del 85%- en forma de tops) y 15 a 20 mil toneladas de carne ovina, realizando una importante contribución al Producto Bruto Agropecuario Nacional, del orden del 13.3% (lana) y 22% (carne ovina y bovina) (Montossi et al., 2004a).

Para el ejercicio 2004/05, la categoría corderos constituyó un 44.5% (391.1 miles de cabezas), siendo esta cifra un 20% superior a la del ejercicio 2003/04 del total de la faena (Salgado, 2005). Las exportaciones de ovinos en pie para el ejercicio 2003/04 se ubicaron en 340 mil cabezas. Un indicador de la importancia relativa de la exportación, es la relación entre el volumen de carne exportado y el consumido a nivel interno; esta relación se sitúa para el año 2004 en un cociente de 6.3 a 1, siendo superior al valor logrado en el año 2003. Esta situación de mercado para la carne ovina, lleva a que la exportación se convierta prácticamente en el principal factor determinante en lo que a la formación del precio de la misma se refiere (Muñoz, 2004).

La OECD (2004) proyecta un descenso del total de las exportaciones de carne ovina de los países que la conforman. A su vez Muñoz (2004), sugiere que la oferta de carne ovina en el mundo continuara descendiendo, pautando para el año 2005 un mercado externo en donde los precios de la carne ovina crecieron a valores récord. Estas

estimaciones coinciden con las proyecciones de la OECD (2004), la cual prevé una tendencia creciente del precio de la carne ovina a nivel mundial hasta el año 2013.

Desde el año 1985 y hasta el año 2004, el consumo de carne ovina mundial por habitante y por año se incremento en un 42.8% (FAO, citado por Salgado, 2005). Sin embargo, la OECD (2004) proyecta un descenso del consumo de carne ovina por habitante, llegando en el año 2007 a un nivel de 1.7 kg por persona/ año, el cual se mantiene hasta el año 2013.

En este contexto, la tendencia mundial del mercado de carnes rojas estará orientada a realizar un mayor énfasis en satisfacer los requerimientos de los consumidores en términos de la calidad del producto. Como consecuencia de lo mencionado se ha registrado una fuerte tendencia al diseño de estrategias para diferenciar y agregar valor al producto a todos niveles de la cadena cárnica, de forma tal de satisfacer las expectativas del consumidor (Montossi y Pigurina, 2003).

Las características de la producción pecuaria del Uruguay, de país natural, de baja contaminación ambiental, con sistemas de producción pastoriles extensivos, sin uso de hormonas y de buena condición sanitaria (libre de aftosa, encefalopatía espongiiforme vacuna, tuberculosis, scrapie ovina, etc), constituyen claras ventajas a explotar ante sectores de consumidores que privilegian la salud y seguridad alimentaria. Estas condiciones representan para el país una importante oportunidad para todo el complejo agroindustrial de la carne, que enfrenta un panorama general de demanda externa creciente por productos de calidad (Montossi et al., 2004a).

En los países desarrollados, es creciente la preocupación sobre las enfermedades asociadas a la obesidad resultante de una alimentación inadecuada, sedentarismo, otros, las cuales son cada vez más frecuentes en la población. La obesidad, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer, son temas de gran preocupación por parte de los consumidores a nivel mundial. Uruguay, no es ajeno a estas, donde las enfermedades cardiovasculares son responsables del 40% de la mortalidad de la población (Gil y Huertas, 2001).

Las dietas recomendadas para mantener una buena salud, deben incluir bajo contenido de grasas saturadas. A su vez, existe un creciente interés de consumir carnes con un mayor contenido de ácidos grasos insaturados. El consumo de ácidos grasos saturados esta asociado al incremento de la concentración de colesterol (lipoproteínas de baja densidad) en la sangre y esto incrementa el riesgo de contraer enfermedades coronarias (Keyo, citado por Realini et al., 2004).

La grasa de los rumiantes tiene mayor contenido de ácidos grasos saturados y una menor relación ácidos poliinsaturados:saturados (P:S) que los no rumiantes, debido a la

hidrogenación que sufren en el rumen los ácidos grasos insaturados de la dieta (French y Staton, citados por Realini et al., 2004). Por otro lado, la relación omega 6: omega 3 (n6:n3) es más adecuada en la carne de los rumiantes (Enser et al., 1996).

Algunos ácidos grasos se destacan por sus efectos, ya sean beneficiosos (monoinsaturados y poliinsaturados) o potencialmente dañinos para la salud humana (saturados) (Sanhueza et al., 2002).

El consumo de ácidos grasos “*trans*” ha sido fuertemente cuestionado por los comités de expertos en nutrición, ya que la evidencia científica indica que estos isómeros son perjudiciales para la salud. Sin embargo, algunos de estos isómeros pueden tener efectos beneficiosos en la nutrición y salud humana. Este es el caso del ácido linoleico conjugado (CLA) con isomería “*trans*” (CLA potencialmente beneficioso), el cual es un potente anticarcinógeno y a su vez disminuye la actividad lipogénica (Santos-Silva et al., 2002).

La alteración de los tipos de lípidos depositados en los tejidos animales ha sido motivo de numerosas investigaciones, en gran parte por el efecto que tienen dichos lípidos cuando son consumidos por los humanos, y su efecto sobre la composición lipídica la sangre y el sistema cardiovascular (Madsen et al., Hartog et al., citados por Nürnberg et al., 1998).

La proporción relativa de nutrientes y la composición en ácidos grasos del tejido adiposo y muscular puede estar afectada por diferentes factores tales como: dieta, especie animal, tipo de músculo, grado de engrasamiento, edad y su relación con el peso corporal, sexo, raza, condiciones ambientales durante el período experimental, sitio de deposición y uso de hormonas (Enser, Bouchard et al., Flint y Vernon, Rule et al., citados por Nürnberg et al., 1998).

Los factores nutricionales tienen una menor influencia relativa en la composición de los ácidos grasos del tejido adiposo y muscular, cuando se comparan rumiantes con monogástricos, debido al bajo contenido lipídico de sus dietas y a la hidrogenación que sufren los lípidos dietéticos en el rumen (Wood y Enser, Nürnberg et al., citados por Bas y Morand-Fehr, 2000).

Desde el punto de vista nutricional, la grasa proveniente de corderos criados sobre pasturas parece ser más adecuada para la salud humana, debido a su alta proporción relativa de n-3, PUFA y CLA y su baja relación n-6:n-3. Esta composición de la carne ovina puede ser utilizada como una ventaja para promover la producción de carne de corderos bajo sistemas pastoriles (Santos-Silva, 2002). Por su parte, Gil y Huertas (2001) concluyen que la carne proveniente de animales en pastoreo es un elemento fundamental para la constitución de una dieta saludable.

Por otra parte, Banchemo et al. (2000) proponen la necesidad de la evaluación productiva y económica del engorde a corral de corderos como una alternativa para incrementar la productividad de los sistemas ovinos intensivos orientados a la producción de carne ovina de calidad. A su vez, los mencionados investigadores, plantean como una prioridad la generación de conocimientos que contribuyan en la búsqueda de alternativas para la mejora de la productividad y manejo de corderos destetados en diciembre/enero, potenciando así su performance durante el verano. Durante este periodo del año, las pasturas naturales y mejoradas perennes presentan un bajo valor nutritivo y una reducción en su producción, debido principalmente al estrés hídrico que normalmente ocurre en esta estación del año.

Las características anteriormente detalladas sobre los sistemas productivos de Uruguay, con un grado de intensificación variable y las preferencias de los consumidores, han determinado la necesidad de generar información tecnológica sobre el engorde de corderos pesados durante el periodo estival, evaluando interactivamente el efecto de diferentes fuetes de alimentación sobre la producción y calidad del producto final, considerando las potenciales influencias sobre la actitud comportamental de los consumidores.

El objetivo general de este trabajo fue definir alternativas de alimentación estival para la producción de carne ovina de calidad, teniendo en consideración las características agroecológicas de la región de Basalto, con el fin de establecer estrategias para la desestacionalización de la oferta de carne ovina. Con este fin, se plantea la comparación de distintos sistemas de producción, sobre la producción y calidad de la carne ovina, donde se consideran, un sistema de producción completamente pastoril, sistemas pastoriles con un uso creciente de concentrados energéticos, incorporando finalmente la evaluación de un sistema de engorde a corral.

Adicionalmente, este trabajo de tesis considera la evaluación del efecto de distintos sistemas de alimentación, que involucran proporciones variables de pastura y grano en la dieta, sobre la performance animal, la calidad de la canal y la carne, y su potencial influencia en la salud humana.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y POTENCIAL DE PRODUCCIÓN

2.1.1. Consideraciones generales

De los factores ambientales que afectan el crecimiento, sin duda los nutricionales ocupan un papel fundamental. El crecimiento está en función de los niveles de alimentación del animal y la eficiencia con que este convierte dicho alimento en peso vivo (Arbiza y Lucas, 1996).

Los animales presentan requerimientos para la realización de las actividades de alimentación, rumia y movimiento, que constituyen los requerimientos de mantenimiento (Osuji, citado por Caton y Dhuyvetter, 1997). Por otra parte, existen requerimientos que van a depender de la tasa de crecimiento deseada y son aquellos referidos a la ganancia de peso (Banchemo et al., 2000).

Según Osuji, citado por Caton y Dhuyvetter (1997), en ovinos en pastoreo, los requerimientos de energía pueden ser 30% superiores que los animales estabulados (Cuadro 1). La mayor parte de esta diferencia esta asociada al trabajo corporal, específicamente al costo de cosecha del alimento y movimiento.

Cuadro 1. Comparación del gasto diario de energía entre ovinos a pastoreo vs.un sistema de confinamiento.

Actividad	Costo energético (Kcal./d)	
	Confinamiento	Pastoreo
Alimentación	31	203
Rumia	12	12
Mantenerse parados	6	36
Movimiento	29.5	180
Costo total de energía del trabajo muscular	78.5	430.5
Tasa metabólica en Reposo	1200	1200
Gasto diario total de Energía	1278.5	1630.5

Fuente: adaptado de Osuji, citado por Caton y Dhuyvetter (1997).

Easton, citado por Banchemo et al. (2000), plantean que una ración, requiere de tres ingredientes principales: energía, proteína y fibra. Dichos ingredientes son proporcionados por ejemplo por cereales, lupinos y henos de buena calidad; la fibra es necesaria para mantener la actividad ruminal y permitir la correcta digestión del grano y también se debe tener en cuenta el contenido de vitaminas y minerales en la dieta (Seymour, 2000).

El aporte de fibra es de especial importancia cuando se formula la ración para un sistema de confinamiento, debido a que los animales dependen por completo del operador para su alimentación, mientras que en sistemas pastoriles los animales frecuentemente realizan un pastoreo selectivo para cubrir sus requerimientos nutricionales (Seymour, 2000) (Cuadro 1).

En un sistema de confinamiento el área disponible para los animales es generalmente pequeña ya que sus movimientos son restringidos para limitar la pérdida de energía, y por lo tanto minimizar el gasto de la misma (Easton 1994, Seymour 2000, Milton 2001a).

En animales rumiantes que han alcanzado la madurez, la mayor parte de la energía es utilizada para mantenimiento y consumida principalmente por los tejidos viscerales (Caton y Dhuyvetter, 1997).

2.1.2. Factores que afectan los requerimientos nutricionales

El consumo de alimento está influenciado por el tipo y forma de la dieta y por el peso de los corderos. Generalmente, corderos jóvenes y livianos consumen más alimento (como porcentaje del peso vivo) que los más viejos o más pesados (Seymour, 2000).

Según NRC, citado por Ganzábal (1997a), los corderos en crecimiento con 30 kg de peso vivo consumiendo un alimento con un 16% de proteína cruda y 80% de digestibilidad de la materia orgánica, requieren diariamente de 1.3 kg de materia seca (4.3% del peso vivo).

Bell et al. (2003), estimaron para corderos con pesos entre 30 y 50 kg de peso vivo y ganancias entre 200 y 320 gramos por día, consumos de 1.0 a 1.8 kg (3.3-3.6 % del peso vivo) y obtuvieron eficiencias de conversión del grano de 5:1 a 10:1 (kg de materia seca consumido por kg de peso vivo ganado).

Por otra parte Seymour (2000), estimó para corderos cruza (Merino con una raza carnicera), de 35 a 45 kg de peso vivo, con tasas de ganancias diarias entre 250 y 350 gramos, consumos en el entorno de 1.4 a 1.8 kg de materia seca por día.

Bell et al. (2003), sugieren que las raciones utilizadas para engordar corderos en la fase final previo a la faena, deben poseer alto contenido de energía, baja proporción de voluminoso y un adecuado balance de proteína/energía, pudiendo consumir los corderos entre 4 y 5% del peso vivo (en materia seca).

El sexo es otro factor importante, el cual interacciona con el plano nutricional, los machos con respecto a las hembras requieren de una dieta con una mayor proporción de

proteína cruda respecto a la concentración de energía. Esto determina diferencias entre sexos en la composición de las canales, a un mismo consumo energético (Brito, 2002a).

2.1.3. Requerimientos de energía metabolizable

La concentración de energía de la ración es un factor crítico que influencia la tasa de crecimiento de los corderos, y por lo tanto la eficiencia del sistema de producción (Bell et al., 2003).

Los requerimientos de energía metabolizable están influenciados por el peso vivo del cordero, por la tasa de crecimiento deseada y por el consumo potencial de alimento. Generalmente, el rango recomendado se sitúa entre 10.5 y 12.5 MJ/ kgMS (Banchero et al., 2000). Por otro lado, Seymour (2000), Milton et al. (2001b), plantean como nivel óptimo de energía en toda la dieta valores de 10.5 a 12.0 MJ/ kg MS.

Milton et al. (2001b), proponen para estimar el requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento, sumar 1.8 megajoules al 10% del peso vivo. Por ejemplo, una oveja de 50 kg de peso vivo requiere 5 + 1.8 o sea 6.8 megajoules de energía metabolizable por día para mantenimiento.

Los requerimientos para ganancia de peso de los animales varían dependiendo de la composición de la ganancia de peso (grasa y proteína) y de la calidad de la pastura (Geenty y Rattray, 1987). Los requerimientos para corderas de 6 a 12 meses de edad, dependiendo del peso corporal y la ganancia esperada se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Requerimientos de energía metabolizable (MJ de EM/día) de corderas de 6 a 12 meses de edad, según peso vivo y ganancia de peso (GMD).

GMD (g/día)	Peso Vivo (kg)		
	30	35	40
0	10	11	12
50	13	14	16
100	16	18	19
150	19	21	23
200	22	25	27

Fuente: adaptado de Geenty y Rattray (1987).

2.1.4. Requerimientos de proteína cruda

La proteína es un nutriente esencial para el crecimiento animal, cumpliendo un rol importante en el proceso de reparación de tejidos y ayudando a mantener una salud óptima de los animales. Una ración deficiente en proteína puede resultar en un descenso del consumo de alimento, y por lo tanto en una reducción de la tasa de crecimiento, generando de este modo una baja tasa de conversión (Milton et al., 2001b).

El nivel de proteína cruda en la dieta requerido por los corderos depende del peso vivo de los mismos (Cuadro 3), y está determinado por el potencial para el crecimiento muscular, variando en un rango de 14 a 16% de la materia seca del total de la dieta (Milton 2001a, Milton et al. 2001b), 12-14% (Stanton y Le Valley, 2003) y 11% (NRC, citado por Ganzábal, 1997a). En el caso de animales jóvenes (corderos pequeños) con altos consumos de energía, los requerimientos de proteína cruda aumentan hasta alcanzar un 18% de la materia seca de la dieta (Bell et al., 2003).

Cuadro 3. Requerimientos de proteína cruda (%) de corderos con raciones balanceadas, según concentración de energía de la dieta (MCal/kg MS) y peso vivo del animal (kg).

Energía de la dieta (MCal/kg MS)	Peso vivo de los corderos (kg)			
	20	30	40	50
3.11	18.2	17.5	16.8	15.5
2.87	16.5	15.8	13.9	12.6
2.63	14.5	13.5	11.0	10.0
2.39	12.8	11.8	9.2	8.6

Nota: Asumiendo un 80% de degradabilidad de la proteína a nivel del rumen.

Fuente: adaptado de GrazFeed, citado por Bell et al. (2003).

Una opción para incrementar el contenido de proteína de alimentos ricos en energía, cuando no hay disponibles suplementos proteicos alternativos, es la utilización de urea. De todos modos, no es recomendable su uso generalizado, por el riesgo de toxicidad si ésta no es bien mezclada, por lo cual no debe suministrarse en más del 1% de la dieta (Easton, 1994).

2.1.5. Requerimientos de minerales

Los macro y micronutrientes o macro y microminerales deben estar presentes en cantidades adecuadas para permitir altas tasas de crecimiento, así como para evitar deficiencias que puedan limitar la performance animal (Cuadro 4). Desde el punto de vista nutritivo, los macrominerales más importantes son Calcio, Fósforo, sales de Sodio y Cloro y Magnesio y los microminerales más importantes son: Cobre, Hierro, Iodo, Manganeso, Selenio y Zinc (Milton et al., 2001b).

Cuadro 4. Requerimientos de los minerales más importantes como porcentaje del total de la dieta para corderos de 35 kg de peso vivo.

Mineral	% de la MS del total de la dieta
Sodio	0.04 - 0.10
Calcio	0.21 – 0.52
Fósforo	0.16 – 0.37
Magnesio	0.04 – 0.06
Potasio	0.50

Fuente: adaptado de Stanton y Le Valley (2003).

Son tres los minerales que se han reconocido comúnmente como deficientes en las dietas; calcio, sodio y selenio. El calcio es el más importante, presentando los granos de cereales bajos niveles del mismo y siendo por lo tanto necesario adicionarlo a la dieta. Agregando un 1,5% del total de la dieta (base seca) se corrige la deficiencia y a su vez disminuye el riesgo de acidosis.

Los granos de cereales también son deficientes en sodio, el cual es necesario corregir en el caso de que el agua no lo contenga en cantidad suficiente. Si es así se recomienda agregar un 1.5% de sal (NaCl). Esto corrige la deficiencia, incrementa el consumo de agua, disminuyendo el riesgo de cálculos urinarios (Bell et al., 2003).

También pueden aparecer en corderos deficiencias de selenio, las cuales se corrigen mediante el suministro de selenio inyectable. Los animales con mayor tasa de crecimiento requieren mayor cantidad relativa de calcio y fósforo en la dieta que los de lenta tasa de crecimiento (Bell et al., 2003).

2.1.6. Requerimiento de vitaminas

Las vitaminas A, D y E son nutrientes importantes en la fase de engorde (Cuadro 5) de los corderos. Hay estudios que indican que por vía inyectable se obtienen mejores resultados que suministrando diariamente las vitaminas como suplemento en la dieta de los corderos. No es necesario suministrar vitaminas del grupo B, solubles en agua, a no ser que los corderos estén enfermos y su sistema digestivo no funcione correctamente (Stanton y Le Valley, 2003).

Las vitaminas A y E son almacenadas en el cuerpo, pero pueden encontrarse en bajas cantidades si los corderos no tienen acceso a alimento verde (pastura, fardo, etc.) por más de dos meses. En estos casos sería beneficioso suplementar a los corderos con dichas vitaminas (Banchemo et al. 2000, Seymour 2000, Milton et al. 2001b, Bell et al. 2003).

Aquellos corderos más livianos pueden necesitar ser inyectados con vitamina B12 al ingresar a un sistema de confinamiento. Cuando éstos permanecen en sistemas de

producción bajo encierro es posible que sea necesario suplementarlos con vitamina D y B1, las cuales a su vez pueden ser un problema en dietas que no fomenten un buen funcionamiento del rumen (Milton, 2001a).

Cuadro 5. Requerimiento de vitaminas A, D y E de corderos con 35 kg de peso vivo.

Vitamina	Por animal/ día
A	1000 UI
D	300 UI
E	50 mg

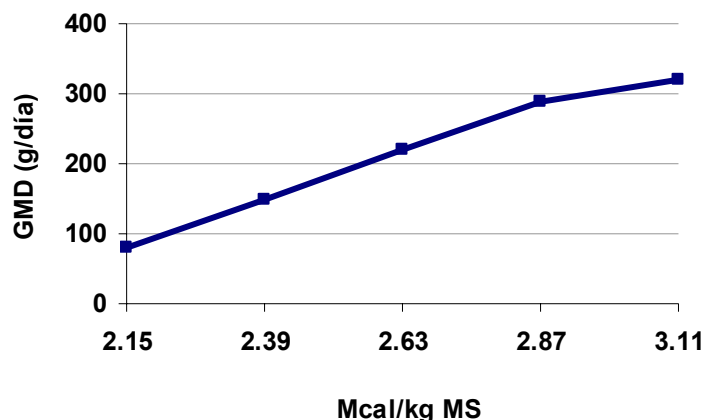
Nota: UI: Unidades internacionales.

Fuente: adaptado de Stanton y Le Valley (2003).

2.1.7. Potencial de producción

Bajo sistemas de producción en confinamiento la energía necesaria para el mantenimiento y crecimiento es frecuentemente suministrada por el componente grano de la dieta. Un incremento en el contenido de energía de la dieta genera un incremento en la tasa de crecimiento de los animales (Figura 1) (Seymour, 2000).

Figura 1. Impacto de la concentración de energía de la dieta (Mcal/kg MS) sobre la tasa de crecimiento (GMD; g/ día) de corderos.



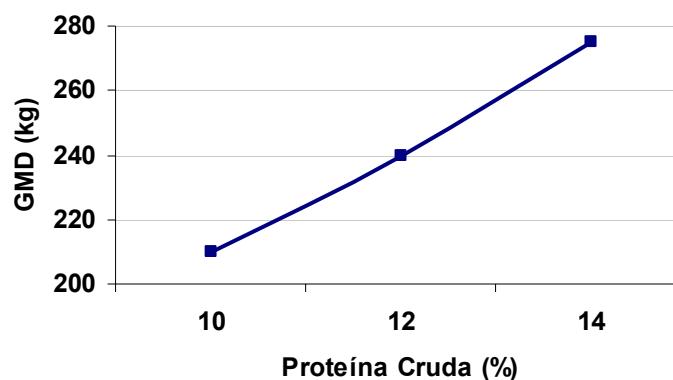
Fuente: adaptado de GrazFeed, citado por Bell et al. (2003).

Nota: 1 Mcal = 0,239 MJoules

Stanton y LeValley (2003), encontraron incrementos significativos en la ganancia media diaria de peso vivo de corderos a medida que se incrementaba el porcentaje de proteína cruda en la dieta (Figura 2). A su vez, hallaron mejoras significativas en la eficiencia de conversión del alimento cuando el nivel de proteína cruda aumentaba de 10

a 12 % y un incremento relativamente de menor significancia cuando aumentaba de 12 a 14%.

Figura 2. Respuesta en performance animal (GMD) de acuerdo al nivel de proteína cruda (% en base seca) con una dieta basada en 80% de concentrado.



Fuente: adaptado por Stanton y LeValley (2003).

La eficiencia de conversión de forraje en producto animal se incrementa progresivamente cuando el consumo del animal aumenta. La eficiencia de utilización del forraje, por otro lado, incrementa a medida que aumenta el consumo de forraje por unidad de área. Según Hodgson (1990), los rangos normales para el valor de eficiencia de conversión de la energía consumida en producto animal (medida como energía en el producto animal/ energía en el forraje consumido) se sitúa entre valores de 2 a 5 %.

2.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS UTILIZADAS

2.2.1. Especies

2.2.1.1. **Trifolium repens cv. Zapican**

El trébol blanco es una leguminosa perenne de ciclo invernal. Debido a su alta producción de forraje de excelente calidad, su persistencia con manejos intensivos y la habilidad para competir con gramíneas perennes, además de cederles nitrógeno, hacen que esta especie contribuyó a generar las mejores pasturas del mundo (Carámbula, 1977).

El principal rol del trébol blanco en las pasturas mezcla es construir y mantener la fertilidad del suelo. Esto es logrado por la fijación atmosférica de nitrógeno a través de una simbiosis con la bacteria *Rhizobium*, reduciéndose la dependencia de la fertilización con nitrógeno manteniendo un sistema eficiente y de bajo costo (Brock y Hay, 1995).

Según García (1996c), el trébol blanco es una de las leguminosas forrajeras de clima templado más importantes. Presenta un hábito de crecimiento postrado con gran cantidad de estolones con raíces en sus nudos (Carámbula, 1977), por lo cual está muy bien adaptada al pastoreo (García, 1996c). A su vez esta especie exhibe considerable plasticidad fenotípica frente a la acción de factores externos (García, 1996c).

Es la leguminosa más utilizada en aquellas zonas donde las temperaturas del verano son moderadas y donde la falta de humedad del suelo no es limitante. Si bien no crece en suelos pobres, muy ácidos o arenosos produce buenos rendimientos en la mayoría de los suelos siempre que tengan suficiente humedad y cantidades adecuadas de fósforo (Carámbula, 1977).

Se utiliza básicamente bajo pastoreo en mezcla con gramíneas. Prácticamente no se siembra en cultivos puros, dadas las grandes posibilidades de generar meteorismo en bovinos. Sin embargo, dichos cultivos puros podrán ser utilizados por ovinos, cerdos o aves (Carámbula, 1977).

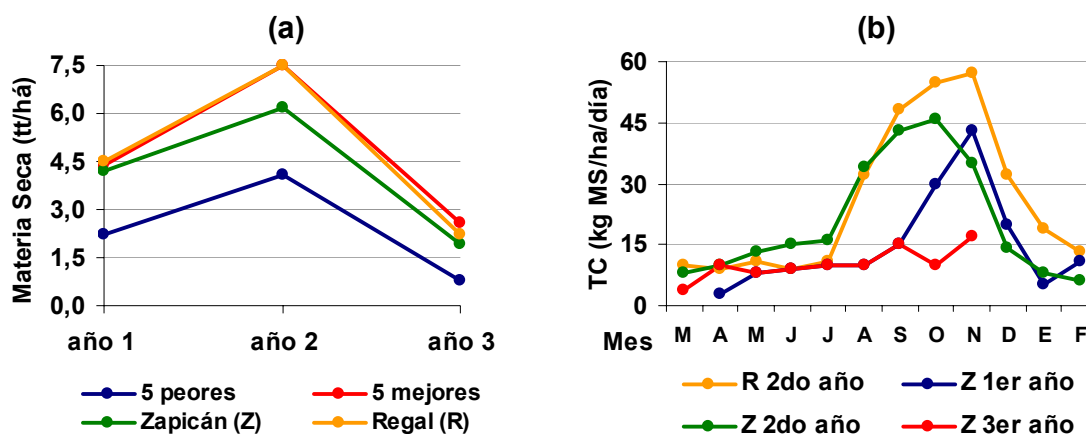
El trébol se puede clasificar teniendo en cuenta el tamaño de sus hojas. El cultivar Estanzuela Zapicán se encuentra en el grupo de cultivares de hoja intermedia (Carámbula, 1977), de buen crecimiento invernal, de floración abundante y temprana y con una persistencia productiva promedio de tres años (García, 1996c).

García (1996a), realizó un estudio en el cual evaluó el comportamiento productivo de diversos cultivares de trébol blanco. Comparó el rendimiento de los cinco peores y cinco mejores cultivares contra el cv. Zapicán, encontrando que este último presentaba

un comportamiento productivo más cercano a los cinco mejores que al de los cinco peores (Figura 3a).

En dicho estudio también se comparó el cv. Zapicán con el cv. Regal, ya que este es uno de los más destacados y del que se tiene mayor información en La Estanzuela (desde 1977). García (1997) encontró que, en el segundo año, el cv. Zapicán presenta tasas de crecimiento ligeramente mayores durante el otoño-invierno, mientras que existe una marcada diferencia a favor de Regal en primavera-verano (Figura 3b).

Figura 3. Rendimiento anual (tt/ha) y tasa de crecimiento (TC; kg MS/ha/día) del cv., Zapicán (Z), cv. Regal (R), los 5 mejores (a) y los 5 peores (b) cultivares de *Trifolium repens* evaluados.



Fuente: (a) adaptado de García (1996c) y (b) datos de cv. Regal, adaptados de García (1996c) y datos de cv. Zapicán, adaptados de Díaz et al. (1996).

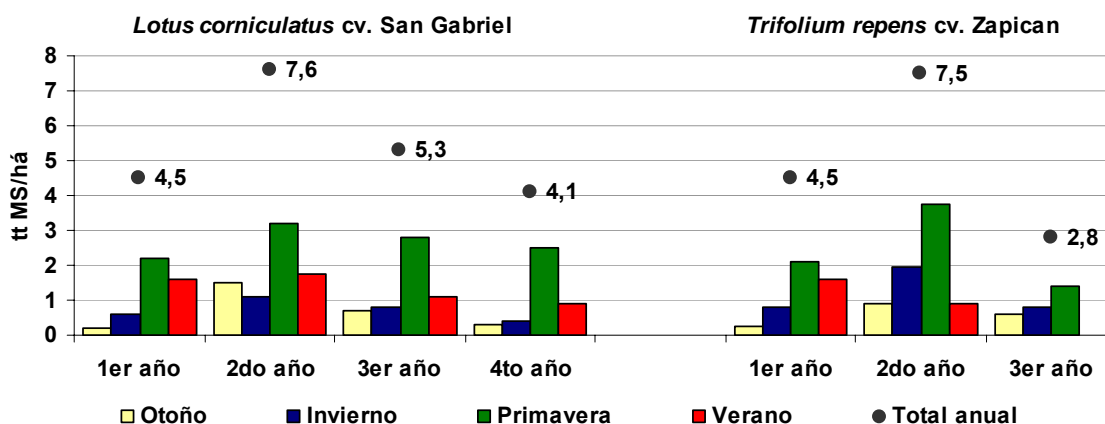
Nota: R 2^{do} año, segundo año de producción para el cv. Regal; Z 2^{do} año, Z 3^{er} año y Z 4^{to} año, segundo, tercer y cuarto año, respectivamente, de producción para el cv. Zapicán.

Díaz et al. (1996), evaluaron el comportamiento productivo de *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*. En dicha evaluación notaron que en *Trifolium repens* se obtenía una escasa producción de forraje de tercer año, el *Trifolium pratense* mostraba ausencia de crecimiento en el tercer año, mientras que el *Lotus corniculatus* y la *Medicago sativa* tuvieron bajos rendimientos al cuarto año. Estos resultados ejemplifican los problemas de persistencia que afectan a las leguminosas forrajeras en el Uruguay (Díaz et al., 1996).

En el mismo estudio, Díaz et al. (1996) compararon la producción estacional y anual (Figura 4) de *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. Analizando la distribución de la producción de materia seca, notaron que en ambas especies la mitad del forraje se produjo en la primavera. El *Lotus corniculatus* distribuye en partes iguales la producción entre otoño, invierno y primavera. Sin embargo, para el

caso de *Trifolium repens* la producción otoño-invierno supera ampliamente a la de verano (Díaz et al., 1996).

Figura 4. Producción estacional y anual (tt MS/ha) de forraje de *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.



Nota: ● = Producción total anual (tt/há) y Barras = producción estacional (tt/há).
Fuente: Díaz et al. (1996).

2.2.1.2. *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel

El *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel es una leguminosa perenne estival recomendada en suelos donde la alfalfa no prospera. Su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras. Esta especie normalmente se utiliza en pasturas de larga duración, en mezclas con gramíneas (Carámbula, 1977).

El *Lotus corniculatus* no es muy exigente en cuanto a requerimientos de suelo. Es una especie sumamente plástica, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos (Carámbula, 1977), manteniendo buenas producciones de forraje (Formoso y Allegri, citados por Formoso, 1993).

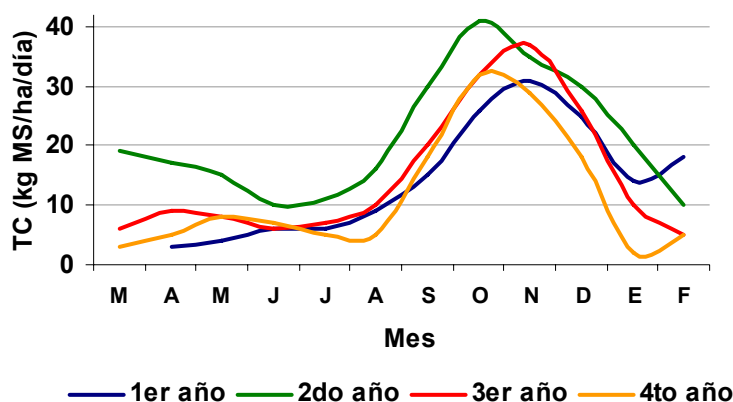
Con relación al trébol blanco y rojo, el *Lotus* posee menores requerimientos de fósforo para obtener altas producciones de forraje (Puig y Ferrando, citados por Formoso, 1993), aunque responde muy bien a la fertilización fosfatada y al encalado (Carámbula, 1977).

Esta especie se adapta esencialmente a pastoreos relativamente frecuentes pero no severos, de lo contrario, la población de plantas puede disminuir sensiblemente (Centeno, Van Keuren y Davis, citados por Carámbula, 1977).

Díaz et al. (1996) hallaron para *Lotus corniculatus* que las tasas de crecimiento del segundo año superaron a las del primer año durante el otoño pero las mayores diferencias se pudieron apreciar de agosto en adelante.

Para *Lotus corniculatus*, en el segundo año se presentan las mayores tasas de crecimiento, aunque las diferencias entre edades de la pastura son menos evidentes que en otras especies (Figura 5). Por otra parte comparando entre estaciones se aprecia que la ventaja a favor del segundo año fue particularmente importante en el otoño (Díaz et al., 1996)

Figura 5. Distribución estacional y anual de tasas de crecimiento (TC; kg MS/ha/día) para *Lotus Corniculatus* cv. San Gabriel durante cuarto año de crecimineto.



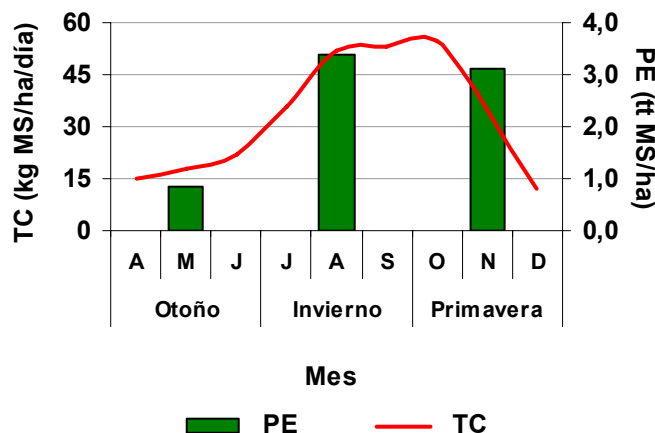
Fuente: adaptado Díaz et al. (1996).

2.2.1.3. *Lolium multiflorum* L. cv. LE 284

Es una gramínea anual invernal, con abundante producción de forraje, muy buen rebrote, gran resistencia al pastoreo y a los excesos de humedad. Soporta altas dotaciones y sus condiciones alimenticias y de apetecibilidad son excelentes. Se resiembrará muy fácilmente y es poco afectado por royas y pulgón verde de los cereales (Carámbula, 1977).

García (2003), comparó el comportamiento productivo de 4 cvs. de *Lolium multiflorum* (cvs. LE 284, Cetus, Titan y LE 1945a) y *Avena sativa* cv. Polaris. Este notó que la avena tiene mayores tasas de crecimiento durante abril y mayo pero a partir de junio todos los cvs. de raigrás presentan ventajas sustanciales sobre la avena hasta el final del ciclo. En la Figura 6, se presenta la producción estacional y la tasa de crecimiento de *Lolium multiflorum* cv. LE 284.

Figura 6. Tasa de crecimiento (TC; kg MS/ha/día) y producción estacional (PE; tt MS/ha) de *Lolium multiflorum* cv. LE 284.



Fuente: adaptado de García (2003).

Por otra parte, las variedades de raigrás no difieren mayormente entre sí hasta el mes de agosto donde se produce el pico de producción de LE 284 y a partir de ese momento los otros cvs. presentan mayores tasas de crecimiento. Estas se vinculan con las diferencias en el ciclo de las variedades: cv. LE 284 de floración temprana alcanza su máximo en agosto, cv. Cetus, floración intermedia en setiembre y cv. Titan y cv. LE 1945a, ambos de floración tardía el potencial ocurre en octubre (García, 2003).

2.2.2. Productividad estival de las especies forrajeras utilizadas

La digestibilidad es uno de los principales componentes del valor nutritivo del forraje y el conocimiento de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) posibilita mediante las ecuaciones disponibles (Geenty y Rattray, 1987) el cálculo del contenido de energía metabolizable del forraje para vincularlo con las tablas de requerimientos animales.

El potencial del *Lotus corniculatus* para producir en verano es de importancia, ya que en esa época las condiciones ambientales afectan severamente los rendimientos del resto de las leguminosas, con la excepción de la alfalfa (Carámbula, 1977).

Si bien el *Lotus corniculatus* tiene una producción predominantemente otoñal y primaveral (Figura 4), los diferentes cultivares pueden presentar un comportamiento diferencial. El cultivar San Gabriel muestra buenos rendimientos invernales y temprano en la primavera en comparación con otros (Carámbula, 1977).

La calidad de las pasturas durante el período estival disminuye en forma muy acentuada (Ganzábal, 1997a) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valor nutritivo de *Lotus corniculatus*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens* en condiciones de pastoreo para dos estaciones del año (primavera vs.verano).

		MS	PC	FDN	FDA	DMS	DMO	Ceniza	EM	P
<i>Trifolium repens</i>	Primavera	16.56	23.75	35.22	32.30	86.38	59.66	9.92	2.43	-
	Verano	-	15.95	-	33.01	86.33	58.38	8.23	2.39	-
<i>Lotus corniculatus</i>	Primavera	-	20.11	45.14	31.74	64.17	59.85	8.23	2.40	0.24
	Verano	-	16.36	45.24	33.87	62.51	57.51	7.92	2.36	0.17
<i>Lolium multiflorum</i>	Primavera	19.30	16.78	46.69	29.24	66.12	75.87	13.03	2.91	0.26
	Verano	40.50	13.01	57.90	36.20	60.70	62.50	13.09	2.36	0.14

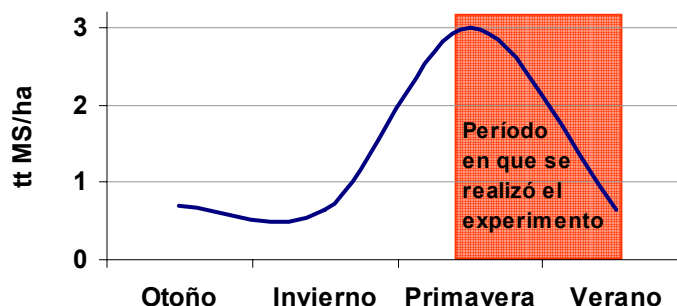
Nota: verano (diciembre, enero y febrero) y primavera (setiembre, octubre y noviembre). MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN y FDA: fibra de detergente neutro y ácido respectivamente; DMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; DMS: Digestibilidad de la materia seca calculada como $DMS=88.9-(FDA \times 0.779)$ (Holland y Kezar, citados por Montossi et al. (2000); P: fósforo; en porcentaje y EM: energía metabolizable como Mcal/ kg de MS.

Fuente: adaptado de Mieres (2004).

La tasa de crecimiento del trébol blanco disminuye desde su máximo en octubre, 46 kg MS/ha/día para la variedad Zapicán, hacia el verano llegando a 13 kg MS/ha/día en febrero (Figura 4).

En la Figura 7, se presenta la producción estacional del cuarto año de una pastura mezcla, formada por trébol blanco, lotus y raigrás anual, misma mezcla que la utilizada en el experimento.

Figura 7. Producción estacional total (tt MS/ha) del cuarto año de una mezcla formada por trébol blanco, lotus y raigrás anual.



Fuente: adaptado de Leborgne, citado por García (1996b).

Con respecto al valor nutritivo de las gramíneas, según García (2003), las tendencias generales observadas confirman lo encontrado por diversos estudios con gramíneas templadas: la DMO es alta en invierno y baja en verano, y el contenido de proteína cruda también sigue la misma tendencia.

Dentro de esta tendencia general hay variaciones entre especies y cultivares. En las gramíneas anuales, los máximos valores de DMO se observaron en invierno y son seguidos por descensos a partir de setiembre con importantes diferencias entre cultivares. El cv. LE 284, de floración temprana, es el que presenta el descenso más temprano y pronunciado mientras los cultivares García (2003)

En cuanto al contenido de proteína cruda de las gramíneas anuales, si bien es clara la tendencia a decrecer durante la primavera, García (2003), no observaron diferencias consistentes entre cultivares.

2.3. PRODUCCIÓN Y MANEJO EN SISTEMAS DE CONFINAMIENTO

2.3.1. Consideraciones generales

Una prioridad de la investigación es buscar alternativas para que los corderos destetados en diciembre no vean afectada su ganancia diaria durante el verano, momento en el cual las pasturas presentan un pobre valor nutritivo e inclusive se dificulta su utilización racional (evitar pastoreos intensos) debido al estrés hídrico que normalmente ocurre en esta estación (Banchero et al., 2000).

La producción en sistemas de confinamiento, se puede definir como producción de animales alimentados en un área determinada con dietas en las cuales todos los requerimientos de nutrientes están cubiertos. El área disponible para los animales es generalmente pequeña ya que sus movimientos son restringidos para minimizar el gasto de energía (Seymour 2000, Milton 2001a) y en esta área debe suministrarse sombra y agua (Easton, 1994).

Es una técnica utilizada con el fin de maximizar la producción de corderos y terminarlos para mercados específicos, especialmente cuando las condiciones de las pasturas no son convenientes para optimizar el crecimiento (Seymour, 2000).

A continuación se describen pautas y recomendaciones para el manejo de los sistemas de confinamiento que también son válidas para sistemas que incluyen la suplementación sobre pasturas.

2.3.2. Componentes de la dieta

Los principales nutrientes que debe aportar la ración en un sistema de confinamiento son: proteína cruda, energía metabolizable, vitaminas (A, B1, B12, D y E) y macro y micronutrientes (Easton 1994, Milton 2001a).

Estos nutrientes deben ser aportados por la dieta, por lo cual todas las raciones utilizadas en los sistemas de confinamiento deben estar compuestas por: una fuente de energía (generalmente grano de cereales), un alimento que sirva como fuente de fibra (voluminoso, heno de buena calidad), carbonato de calcio y sal (Easton 1994, Bell et al. 2003). Las proporciones de estos componentes pueden variar, de 15 al 40% de voluminoso y de 60 al 85% de concentrado, dependiendo de la palatabilidad y valor nutritivo de los diferentes alimentos (Butler y Milton, citados por Bell et al., 2003) y de los objetivos de producción¹.

La sal no es necesaria en la mayoría de los casos, ya que esta presente en el agua que se suministra. Pueden ser necesarios aditivos adicionales (suplemento proteico, urea, vitaminas, etc.) dependiendo de la calidad de los componentes principales de la ración (Bell et al., 2003). El heno de buena calidad es necesario para mantener la actividad del rumen y colabora en la digestión del grano (Easton, 1994).

2.3.2.1. Componente grano: principal aporte de energía en la dieta

El grano de cereales es el componente que generalmente aporta el grueso de la energía en la ración de un sistema de confinamiento (Seymour, 2000).

En una dieta rica en grano la inclusión de un suplemento pre-mezcla rico en vitaminas y minerales debe ser utilizado para mantener la salud y ayudar en la prevención de deficiencias de los mismos (Easton, 1994).

Los granos de cereales tienen un alto contenido de almidón y deben ser introducidos lentamente para evitar la acidosis. No es necesario moler el grano pues incrementa la probabilidad de aparición de acidosis por lo cual no es recomendable (Seymour, 2000).

Para formar la dieta pueden utilizarse diferentes granos de cereales. De los más disponibles, el trigo es el que posee mayor riesgo de causar trastornos digestivos; la cebada, posee similar contenido de energía que el trigo pero más fibra por lo que es menos riesgoso; mientras que las avenas tienen bajo riesgo y variable contenido de energía. El sorgo y el maíz son granos con alto contenido de energía pero muy variables en el contenido de proteína; la alimentación con maíz genera el riesgo de amarillamiento

¹ Montossi, F. 2005. Com. personal

en la grasa de canales y con sorgo existen altos riesgos de cálculos urinarios (Bell et al., 2003).

Las avenas, son el alimento más seguro, por su alto contenido de fibra y un menor pero normal nivel de energía metabolizable que la cebada o el trigo. Los granos de cereales varían en su contenido de energía metabolizable y proteína cruda en función del año, tipo de suelo, estaciones y variedades (Seymour, 2000).

También se utilizan granos de leguminosas, los cuales poseen alto contenido de energía y también de proteína, pero generalmente son más costosos (Bell et al., 2003).

2.3.2.2. Componente voluminoso: aporte de fibra

Las características voluminosas del forraje están dadas por la fibra. El valor nutritivo de los forrajes está asociado negativamente con la misma, pues representa la parte menos digestible de la planta. La fibra puede usarse para calcular el contenido energético, la digestibilidad y el consumo potencial de los forrajes (García, 1996b).

Los rumiantes necesitan alimentos fibrosos para asegurar un eficiente funcionamiento del sistema digestivo. Este componente usualmente varía entre el 10 y el 30% de la dieta, dependiendo de la calidad (concentración de energía metabolizable). Los alimentos a base de leguminosas de buena calidad pueden hacer una contribución sustancial a la proteína dietaria (Bell et al., 2003).

El nivel mínimo de alimento fibroso en el total de la dieta, luego del acostumbramiento del animal a un sistema con dietas con alta proporción de granos, es de 15%. Los silos de buena calidad y los henos de leguminosas pueden contener altos niveles de energía y/o proteína y permitir que el componente voluminoso conforme el 30% o más, del total de la dieta. Es importante conocer la calidad de los fardos de alfalfa que normalmente se utilizan en los sistemas de confinamiento, ya que ésta varía mucho (Seymour, 2000).

El componente voluminoso, es el que posee menor concentración de energía y menor nivel de proteína cruda, por lo cual altos suministros limitan el consumo total de alimento y por lo tanto afecta la tasa de crecimiento y eficiencia de conversión. Cuando se usa material voluminoso de pobre calidad como la paja de cereales, es conveniente que ésta sea molida y mezclada con el componente grano. Si se dan por separado es más importante aún la calidad del material fibroso (Seymour, 2000).

2.3.2.3. Balance de minerales (carbonato de calcio)

La mayoría de las dietas en base a grano poseen una inadecuada proporción de calcio respecto al fósforo. Por lo tanto, se requiere la adición de un suplemento con

calcio. La deficiencia de calcio causa reducción del consumo voluntario y bajas tasas de crecimiento, por ese motivo, generalmente se recomienda agregar carbonato de calcio a la dieta (Seymour, 2000).

La relación calcio: fósforo debe mantenerse en el entorno de 2 ó 2.5 a 1 con el objetivo de prevenir cálculos urinarios (Stanton y LeValley, 2003).

2.3.2.4. Disponibilidad y calidad del agua

Los animales deben disponer de agua de buena calidad, y si es posible, también debe proveérseles de sombra y protección contra los imprevistos del clima (Milton, 2001a).

Factores como: espacio inadecuado, altos niveles de sal, contaminación del agua con algas, comida, polvo o heces pueden resultar en una reducción del consumo de agua y una consecuente reducción del consumo de alimento, afectando negativamente la performance de los corderos (Milton, 2001a).

El nivel máximo recomendado de sal en el agua es 5000 ppm; niveles superiores a este pueden reducir el consumo y afectar la tasa de crecimiento. Hay que tener en cuenta que la salinidad puede incrementarse con la evaporación (Seymour 2000, Milton 2001a).

Según Easton (1994), Seymour (2000), Milton (2001a), Bell et al. (2003) los requerimientos diarios promedio de agua para los corderos en sistemas de confinamiento es de aproximadamente 4 litros. Este valor promedio puede variar dependiendo de la época del año, la cantidad de sombra disponible y la ración ofrecida (Easton, 1994), como así también de las temperaturas prevalentes, peso corporal de los corderos, contenido de humedad de la ración y nivel de sal (tanto en la ración como en el agua) (Bell et al., 2003). Cuando los animales permanecen en climas calientes por tiempo prolongado se han registrado consumos de hasta 9 litros (Easton, 1994).

Muchos factores afectan el consumo de agua: temperatura del ambiente, lluvias, nieve y rocío; actividad, edad, fase de producción, cantidad de lana, ritmo respiratorio del animal, así como frecuencia del suministro de agua, consumo de alimentos, plan de nutrición, composición de la ración y pastura. En general, el consumo de agua es el doble que el del alimento (base seca), pero cualquiera de los factores indicados puede alterar esta proporción. El consumo de agua puede llegar a ser 12 veces más alto en verano que en invierno (NRC, 1985).

2.3.3. Infraestructura de los sistemas de producción en confinamiento

2.3.3.1. Ubicación espacial

Las instalaciones de los sistemas de confinamiento generalmente producen polvo y olor. A su vez, las aguas residuales polucionan las vías fluviales, por lo cual, deben ser tenidas en cuenta consideraciones respecto a la ubicación de los mismos respecto a las fuentes de agua, carreteras públicas y residencias (Milton, 2001a).

El sistema de confinamiento requiere un sitio con una buena superficie y una adecuada pendiente que logre un buen escurrimiento (Easton 1994, Seymour 2000, Bell et al. 2003). Se debe ubicar en un lugar cubierto del sol y del viento, libre de polvo, y lejos de factores estresantes (rutas, perros, etc.) (Easton, 1994).

La vegetación natural es buena para proveer sombra y reparo del viento y la lluvia. Lo recomendado es que las instalaciones estén localizadas cerca del sitio de almacenaje del alimento, agua, bretes (corrales) y sea fácil de limpiar (Seymour 2000, Bell et al. 2003). También se debe tener en cuenta la disponibilidad de sombra adecuada y protección para prevenir los daños causados por el viento (Bell et al., 2003).

Durante los períodos de clima húmedo, los corderos pueden permanecer cubiertos de barro y empantanados si el drenaje y el escurrimiento es pobre. Sitios pobremente drenados predisponen a los corderos a abscesos podales o a enfermedades como coccidiosis o salmonelosis (Bell et al., 2003).

2.3.3.2. Espacio disponible por animal

El área destinada para cada animal puede variar con el tipo de sistema de confinamiento.

Al ingresar los corderos por primera vez a un sistema de confinamiento, si el área es muy grande, el proceso de acostumbamiento a la nueva alimentación es lento, este tiempo puede disminuir si el área es menor (Milton, 2001a).

Milton (2001a) recomienda para manejar lotes de 500 corderos una superficie de 0,5 a 2,0 m² por cordero, mientras que Seymour (2000) considera adecuado una superficie de 2 a 5 m² por cordero.

Por otra parte, Giraudo et al. (2004) teniendo en cuenta la necesidad de disponer de una superficie cubierta para proteger a los corderos y a los alimentos cuando llueve, recomienda la asignación de 0.6 m² de superficie por cordero.

Bell et al. (2003) recomiendan como mínimo 5 m² por animal, y sostiene que la experiencia sugiere aumentar esta área a 10-20 m² para reducir el estrés social y el número de animales que no se acostumbran a consumir la ración o por ser “comedores tímidos”.

2.3.4. Manejo productivo: suministro de alimentos y agua

2.3.4.1. Acostumbramiento al consumo de grano

Cuando los animales están bajo una dieta basada en alimentos ricos en fibra (pastoreo) y van a ser introducidos a una dieta rica en grano de cereales, debe realizarse un cambio gradual durante un período de 10 a 14 días, manteniendo una proporción adecuada de alimento fibroso en la ración (Milton, 2001a).

Se debe introducir el grano en la dieta en forma gradual (especialmente trigo y cebada) para prevenir desórdenes digestivos (envenenamiento con grano) (Easton, 1994).

Es necesario alimentar a los corderos con bajos niveles de grano de cereal durante un tiempo prudencial, para permitirle a la microflora ruminal aclimatarse a una dieta con alto contenido de almidón y reducir la incidencia de la dominancia en los comederos (Seymour, 2000).

La opción que plantea Seymour (2000) es comenzar la alimentación con 100 gramos por cabeza por día de la mezcla de grano e incrementar 50 gramos cada segundo día hasta llegar al total de la ración, a menos que aparezcan signos de trastorno (por ejemplo diarrea). Si esto ocurre, se reduce al nivel previo y se comienza nuevamente.

En esta etapa se debe asegurar el suministro de heno de adecuada calidad y que esté siempre disponible. Durante el período de acostumbramiento lo mejor es suministrar el alimento en comederos largos que permitan a todos los corderos acceder a la ración. (Seymour, 2000).

Por otra parte, Easton (1994) plantea que para introducir corderos en un sistema de confinamiento, se debe comenzar ofreciendo 50 gramos por cordero por día y ofrecer fardo *ad libitum*, y luego ir aumentando 50 gramos por día.

Hay animales que por características individuales o por voracidad son propensos a presentar una acidosis clínica o subclínica en la etapa de acostumbramiento y les cuesta reponerse. Es adecuado separarlos del resto del lote, y suministrarles sólo heno y si alcanza el tiempo, volver a realizar el acostumbramiento (Giraud et al., 2004). De todas formas, según Bell et al. (2003), aproximadamente un 5-10% de los corderos no se adaptan al sistema de confinamiento (Bell et al., 2003).

2.3.4.2. Suministro del componente grano de la dieta

El suplemento se puede suministrar esparcido sobre el suelo o dentro de comederos, aprovechándose 15% más de alimento en esta última situación que alimentando en el suelo (Easton, 1994).

Para asegurarse de que todos los corderos puedan comer al mismo tiempo deben asignarse como mínimo 15 cm. de espacio de comedero por cordero (Easton 1994, Bell et al. 2003, Giraudo et al. 2004).

Los comederos pueden tener acceso por uno o ambos lados. Es importante que los comederos estén contruidos de tal modo que los animales no se puedan parar sobre él y ensuciar el alimento (Easton 1994, Bell et al. 2003). Con este objetivo se recomienda un ancho de 30 cm. y una profundidad de 20-25 cm. (Bell et al., 2003).

Los componentes grano y alimento fibroso (fardo o paja) pueden suministrarse juntos en un comedero o mezclados mediante un autoalimentador o “mixer” (Bell et al., 2003). En estos comederos tipo “mixer” es recomendado disponer de un mínimo de 25 cm. de espacio por cordero (Milton, 2001a). El grano de maíz puede suministrarse entero, quebrado o molido. Giraudo et al. (2004), sugieren que no es necesario moler los granos de maíz, avena o cebada para alimentar corderos.

El alimento debe estar disponible todo el tiempo para permitir alcanzar altas tasas de ganancia de peso, lo que es también importante para la mejora de la eficiencia global del sistema. Además, esto también ayuda a disminuir los riesgos de problemas digestivos. Cuando se utilizan comederos (en lugar de mixer) se debe suministrar (o reponer) alimento dos veces al día (Bell et al., 2003).

Easton (1994), considera que es necesario una rutina de alimentación y limpieza diaria de comederos para obtener el máximo beneficio del sistema de confinamiento basado en la alimentación con granos. En este sentido, es conveniente retirar el alimento no consumido por los animales previo a adicionar la ración fresca. Se deben limpiar los comederos y descartar la ración del día anterior. Los comederos sucios reducen el consumo debido a que los ovinos tienen una elevada tendencia a rechazar el alimento si no es fresco (Easton 1994, Giraudo et al. 2004).

2.3.4.3. Suministro del componente voluminoso de la dieta

La mejor manera de suministrar el fardo es picado y mezclado con la ración, si es que se tienen los medios para realizarlo. De este modo, se reduce la incidencia de la selección de los diferentes componentes de la ración y el riesgo de acidosis. Pero esto, requiere tiempo adicional e incrementa los costos (Bell et al., 2003).

Sí se emplean henos en baja proporción, por ejemplo, 300 a 400 gramos diarios por cordero, no es necesario picarlo ya que va a ser consumido en su totalidad. En caso de suministrarlo a voluntad, hay que hacer un picado grueso con tamaño de partículas de 2 a 3 cm. (Giraud et al., 2004).

De cualquier modo, el suministro de heno en soportes y sin procesar igual es exitoso en los sistemas confinamiento. Si el heno se suministra en forma separada, éste siempre debe ser de buena calidad (Bell et al., 2003).

2.3.4.4. Suministro de agua

El espacio recomendado para suministro de agua por Seymour (2000), Milton (2001a), es de 75 cm cada 100 corderos, asegurando que el flujo de agua sea suficiente como para mantener el suministro en los bebederos en todo momento. Los bebederos no tienen por que ser largos si el flujo de agua a estos es bueno (Bell et al., 2003).

El agua ofrecida a los corderos debe ser limpia, fresca y nueva (Easton 1994, Seymour 2000). Para alcanzar este objetivo se requiere de la limpieza diaria de los bebederos (Easton 1994, Seymour 2000, Bell et al. 2003).

También hay que tener en cuenta que los bebederos deben ser suficientemente altos como para que los corderos no alcancen a defecar en éstos, evitando la contaminación por heces. De este modo, se evita el desarrollo de coccidios, pequeños parásitos que pueden traer muchos inconvenientes y que aparecen debido a la falta de higiene (Seymour, 2000).

Los bebederos deben estar colocados en lugar opuesto a los fardos y los comederos, y a unos 40 cm del suelo. Para minimizar la contaminación se debe utilizar una base de arena que facilite el drenaje (Bell et al., 2003).

A su vez, es esencial que el agua sea ofrecida en forma abundante, para permitir una eficiente digestión del grano. Se debe tener en cuenta que es conveniente que los bebederos estén ubicados lejos de los comederos, para evitar la contaminación del agua con el alimento (Easton, 1994).

Es importante tener en cuenta todos estos factores, ya que la reducción del consumo de agua limita el consumo de alimento y la tasa de crecimiento (Seymour, 2000).

2.3.5. Manejo sanitario: importancia en los sistemas de confinamiento

El ambiente de confinamiento puede generar estrés en los corderos, lo cual los predispone a diversas enfermedades si no se realiza un manejo cuidadoso (Seymour, 2000).

Los corderos deben ser inspeccionados periódicamente y cualquier animal enfermo o con alguna dificultad, debe ser retirado del confinamiento (Seymour, 2000).

La mayoría de los problemas sanitarios de los sistemas de confinamiento están asociados a la alimentación, y en segundo lugar las enfermedades relacionadas al hacinamiento y al estrés que éste causa (Seymour, 2000).

La enfermedad más común en estos sistemas es la acidosis, la cual está asociada a las dietas basadas en granos de cereales (Seymour, 2000).

La higiene de los sistemas de confinamiento puede prevenir graves enfermedades. Se debe diseñar los comederos y los bebederos de manera de prevenir la contaminación fecal, siendo necesario a su vez realizar una limpieza diaria de los mismos. Además se debe quitar cualquier animal muerto, enfermo o con comportamiento extraño tan pronto como se detecte, previniendo así la propagación de cualquier enfermedad infecciosa (Seymour, 2000).

En los sistemas de confinamiento a corral debe realizarse una cuidadosa incorporación de los granos en la dieta, con aumentos graduales, asegurando la palatabilidad del grano y el material fibroso suministrado (Seymour, 2000).

2.3.5.1. Acidosis

Cuando los corderos son alimentados con dietas ricas en grano existe riesgo de aparición de acidosis. Ésta genera pérdidas de animales, de productividad, tiempo y grano. En el caso de los animales que no mueren puede presentarse una lenta recuperación en algunos de ellos. Por lo cual, acidosis menores pueden resultar en serias pérdidas potenciales (Milton, 2001a).

La acidosis comúnmente ocurre cuando los corderos inician el consumo de dietas basadas en grano de cereales. Cuando son introducidos por primera vez al grano, ocurre un brusco consumo de excesivas cantidades de grano y se realiza una rápida fermentación del almidón en el rumen produciendo ácido láctico (Easton, 1994). La acidosis es debida a la rápida fermentación del almidón en el rumen generándose una sobreproducción de ácido láctico (Seymour, 2000).

La acidosis puede ocurrir cuando los animales son introducidos en un dieta rica en almidón si no tienen un acostumbramiento adecuado. Es más común cuando comienza la alimentación, pero puede ocurrir ante cualquier cambio de alimentación o interrupción de la continuidad de la dieta (Seymour, 2000).

Los corderos afectados muestran los siguientes síntomas: falta de apetito, depresión, debilidad, diarrea blanda o acuosa con un olor dulce-agrio, respiración agitada y los ojos giran hacia atrás. Al intentar desplazarse, pueden permanecer quietos parados sin lograr moverse o caminar tambaleándose y chocar con objetos o incluso caer al suelo. En los casos más graves, la muerte ocurre al cabo de unos tres días.

Dentro de los granos de cereales, el trigo es el más peligroso y la avena las menos problemática (Easton, 1994). El riesgo de acidosis puede disminuirse asegurándose de que los corderos están adaptados a la dieta rica en grano y que dispongan y consuman cantidad suficiente de fibra (forrajes voluminosos), con el fin de estimular la rumia (Milton, 2001a). Un manejo cuidadoso, en el cual se realice una introducción gradual con aumentos progresivos del componente grano de cereal en la ración es de vital importancia (Easton 1994, Seymour 2000).

Existen diversas opciones de manejo para prevenir o reducir la incidencia de acidosis:

1) Suministrar el grano de cereal entero en lugar de quebrado o molido, ya que ofrecido de esta forma es menos propenso a causar acidosis. La molienda o procesamiento de los granos de cereales provee un pequeño beneficio nutricional y generalmente incrementa el riesgo de acidosis (Milton et al., 2001b).

2) La inclusión de aditivos. Esta constituye una opción que algunos productores utilizan, con el fin de disminuir el riesgo de acidosis. Estos productos y compuestos incluyen carbonato de calcio, bentonita y bicarbonato de sodio (Milton, 2001a).

Una vez que aparecen los síntomas debe iniciarse algún tratamiento, el cual puede ser costoso y no tener éxito. Una opción es suministrar una toma oral con agua y 15 gramos de bicarbonato de sodio, óxido de magnesio o bentonita de sodio diluida. Debe restringirse el agua por 12-24 horas y los corderos afectados deberán tener acceso a heno de buena calidad, aunque el apetito puede no retornar hasta las 12-48 horas (Easton, 1994).

La bentonita de sodio reduce el riesgo de acidosis por grano y mejora la conversión de alimento durante el acostumbramiento al grano al neutralizase el ácido láctico. Ésta puede ser utilizada a una tasa de 2% en el alimento en los primeros 20 días, y luego se puede reducir al 1% para el resto del período de engorde (Easton, 1994).

2.3.5.2. Clostridiosis

La enterotoxemia o riñón pulposo, es una enfermedad causada por la proliferación de una bacteria que normalmente habita en el intestino de los corderos (Seymour, 2000). Dicha bacteria es un clostridio, conocido como *Clostridium perfringens*, tipo D., que

produce toxinas dañinas para la salud de los corderos (Easton, 1994). Esta enfermedad se ve favorecida con dietas ricas en almidón (Seymour, 2000).

Para prevenir la aparición de esta enfermedad se recomienda, que los animales sean vacunados contra clostrídios al menos 10 días previos a la introducción de los animales a la nueva dieta (Easton 1994, Seymour 2000, Milton 2001a).

En los peores casos, se encuentra a los animales muertos, con el cuello arqueado hacia atrás, el cuerpo se hincha y se descompone rápidamente, después de 4 horas de muertos. La piel desnuda aparece azul-púrpura y la lana se arranca fácilmente (Easton 1994, Seymour 2000).

Es esencial que los corderos sean vacunados previo al ingreso a los sistemas de confinamiento con una vacuna que preferentemente contenga selenio (Seymour, 2000). Seymour (2000) recomienda dos vacunaciones, una a las 4 y otra a las 6 semanas previo al ingreso a los sistemas de confinamiento. Por su parte Easton (1994) sostiene que este es el único método efectivo para prevenir esta enfermedad. También se puede controlar reduciendo el consumo de grano

2.3.5.3. Queratoconjuntivitis

Cuando esta enfermedad se hace presente, los animales reducen su consumo y tienen bajas tasas de ganancia (Seymour, 2000).

La misma es causada por una infección bacteriana específica y se agrava con la presencia del polvo proveniente de la ración. El globo ocular se torna blanco a rosado, y si afecta a los dos ojos, los animales pueden quedar ciegos. Los animales afectados pierden peso y pueden morir de sed si no encuentran el agua.

2.3.5.4. Competencia en comederos

La competencia de los animales en los comederos se da por la dominancia de unos sobre otros, lo que crea “comedores tímidos”. Es esperable que entre 3 a 8 % (Seymour, 2000), o un 5 % (Easton, 1994) de los animales sean potencialmente tímidos.

Animales “tímidos” y aquellos que no ganen peso deben ser retirados del confinamiento, y se deben alimentar por separado (Easton 1994, Seymour 2000). Es conveniente tomar estas medidas en las primeras 2 a 3 semanas, ya que nunca se alimentarán bien y serán más susceptibles a enfermedades (Seymour, 2000).

Para evitar la dominancia de unos animales sobre otros hay que utilizar comederos largos asignando un mínimo de 25 cm de frente por animal (Seymour, 2000).

2.3.5.5. Otras enfermedades

Los cálculos urinarios son la mayor fuente de pérdidas en los sistemas de engorde en confinamiento. Estas son prevenidas balanceando la relación Ca:P en la dieta a una tasa mayor a 1,8 a 1 (Bell et al., 2003).

La coccidiosis es una enfermedad causada por un protozoo. Este se encuentra normalmente en el intestino de los corderos sanos, pero a bajos niveles y los corderos desarrollan inmunidad sin mostrar la enfermedad. Los animales adultos generalmente poseen inmunidad pero puede aparecer dicha enfermedad en condiciones de hacinamiento, especialmente en clima frío. Puede ser diagnosticada *post mortem*, o ser tratada, pero lo mejor es prevenir su aparición y diseminación evitando la contaminación fecal de comederos, bebederos y superficie del confinamiento (Seymour, 2000).

La aparición de coccidiosis se ve favorecida por las condiciones de hacinamiento, falta de higiene y contaminación fecal de la dieta, siendo más susceptibles los animales estresados (Milton, 2001a). El estrés causado debido a la falta de nutrición o a la infestación con parásitos incrementa la susceptibilidad. Los animales infectados desarrollan diarrea oscura, acuosa y a veces con sangre. Es importante si se sospecha que algunos animales tiene la enfermedad, separarlos del resto y confirmar el diagnóstico. Como medidas de prevención hay que evitar que se estresen los animales y evitar condiciones húmedas y de hacinamiento (Easton, 1994).

Para disminuir la carga de huevos de parásitos se debe dosificar a todos los corderos previo al ingreso a los sistemas de engorde en confinamiento con un antiparasitario efectivo de amplio espectro (Bell et al., 2003).

La *Polio encefalomalacia*, es la resultante de un desbalance ruminal generado por una deficiencia de vitamina B1. Los animales afectados permanecen de pie o sentados solos, están ciegos, arquean sus cuellos hacia atrás y miran fijamente en sentido ascendente. Normalmente, sólo unos pocos individuos son afectados. Pueden ser tratados si se diagnostican tempranamente con una inyección de vitamina B1 (Seymour, 2000).

La *salmonelosis*, es una enfermedad bacterial que causa diarreas severas (a veces conteniendo sangre) y provocando incluso la muerte del animal. Es común cuando los animales están estresados y restringidos a un área pequeña (Seymour, 2000).

La *deficiencia de vitamina A* puede ocurrir cuando los corderos permanecen por tiempo prolongado en un sistema de engorde en confinamiento sin acceso a alimento

verde o heno de alfalfa. Los síntomas que muestran son: ceguera nocturna, derrames en los ojos y crecimiento lento. Se puede prevenir suministrando heno de alfalfa, alimento verde, o alternativamente dando una inyección de vitamina A cada tres meses (Easton, 1994). Si los animales están sin alimento verde por más de dos meses, se deben inyectar vitaminas (A, D y E) ya que éstas no pueden ser suministradas en una premezcla (Seymour, 2000).

Es recomendable inyectar vitamina B12 si los corderos están con baja condición al entrar al sistema de confinamiento; a su vez ésta puede corregir potenciales deficiencias de cobalto (Seymour, 2000).

Los corderos que son alimentados con dietas ricas en grano durante largos períodos son propensos a la formación de *cálculos urinarios*. Para prevenirlos se recomienda el agregado de calcio, con el objetivo de corregir el balance calcio – fósforo de la dieta. El carbonato de calcio es probablemente la mejor fuente de calcio (Milton, 2001a).

La *neumonía*, es una infección bacteriana agravada por el polvo y el estrés por frío. Este desorden puede ser tratado con antibióticos (Milton, 2001a).

Otras enfermedades que se pueden presentar en sistemas de confinamiento a corral son: toxicidad con amonio (cuando los corderos tienen acceso a urea sin restricciones y abruptamente; envenenamiento por sales (ocurre cuando el agua fresca no es suficiente); enfermedad del músculo blanco (por deficiencia de selenio o de vitamina E) y ectima contagioso (vacunar previo al ingreso al sistema).

2.3.6. Otros factores que afectan la productividad y performance animal en sistemas de confinamiento

Se pueden obtener mejoras significativas en la tasa de conversión y de crecimiento mediante la inclusión de sal y carbonato de calcio en la dieta, ya que los granos contienen poco calcio y la sal puede incrementar el consumo de agua y de alimento (Easton, 1994).

Easton (1994), obtuvo las máximas ganancias de peso en animales que se les suministró el alimento mediante autoalimentadores, comparado con el suministro de alimento dos veces por día. La alimentación diaria mantiene la actividad ruminal, y la energía para crecimiento y ganancia de peso de los animales esta siempre disponible.

Stanton y Le Valley (2003), obtuvieron mejores eficiencias de conversión cuando a los corderos en sistemas de engorde a corral se les suministraba el alimento mediante comederos del tipo autoalimentadores que cuando se realizaba manualmente.

Suiter y McDonald, citados por Suiter (2001), no obtuvieron diferencias de performance entre corderos alimentados bajo sistema de confinamiento y aquellos criados sobre pastura. Dichos autores sugieren que es debido a las pérdidas de peso que sufren los animales (tímidos) debido a la competencia de estos en los comederos. Los mismos autores observaron que suministrando dietas de 10.6 y 13.0% de proteína cruda, las performance obtenida empeoraba a medida que se intensificaba el sistema, por ejemplo de pastura suplementada a engorde a corral (a cielo abierto o bajo techo). Los resultados obtenidos por Suiter (2001), sugieren que es necesario mejorar la calidad de la ración, adicionando un 40% de grano de lupino (resulta en una dieta con 18% proteína cruda), para superar los efectos perjudiciales de introducir los ovinos en un sistema intensivo de confinamiento.

Banchemo et al. (2000), no encontraron grandes diferencias en las ganancias obtenidas en los animales, comparando diferentes fuentes de proteína sobre dietas en base de grano entero de cebada (Cuadro 7). A su vez, en dicho ensayo obtuvieron bajas eficiencias de conversión, con una tendencia a ser mejor el comportamiento para la dieta que contenía como fuente de proteína harina de soja.

Cuadro 7. Efecto de diferentes dietas bajo sistemas de engorde a corral sobre la performance animal.

	C + Harina de soja	C + Expeller de girasol	C + Heno de alfalfa o TR	Cebada (C)
Peso de Faena	31.2 ab	31 ab	31.6 a	28.2 b
Condición Corporal a la Faena	3.8 a	3.9 a	3.6 a	3.6 a
GMD (g/ día)	88 ab	86 ab	91 a	63 b
Peso de Vellón (kg)	2.1 ab	2.2 a	1.9 ab	1.8 b
Eficiencia de conversión¹	8.9	10.3	9.6	9.9
Consumo suplemento (g/a/d)	782	884	877	624

Nota: Eficiencia de conversión: kg de suplemento para ganar un kg de peso vivo extra sobre el tratamiento control. C= Cebada, TR = *Trifolium pratense*

Fuente: Banchemo et al. (2000).

Banchemo et al. (2000), encontraron que el afrechillo de trigo con la adición de urea en un sistema de engorde a corral, no mejoraba la performance de corderos livianos durante el periodo estival, en comparación con la utilización de pasturas dominadas por *Lotus corniculatus*.

2.4. EFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PASTURA EN LA UTILIZACIÓN, COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO

2.4.1. Introducción

Según Hodgson (1990) los sistemas de pastoreo se pueden representar como una serie simple de tres pasos, los cuales interaccionan el uno con el otro, primero el crecimiento del forraje, luego el consumo de éste por los animales (eficiencia de utilización) y por último la conversión de dicho forraje en productos animales (eficiencia de conversión).

La cantidad de forraje, su valor nutritivo y la estructura de la vegetación a la que el animal tiene acceso, inciden decisivamente en su consumo, comportamiento y productividad en pastoreo (Arnols, Fortín, Fryxell, Hodgson, Legendre, Stobbs, citados por Montossi et al., 2000)

El producto animal obtenido depende de la cantidad y calidad del forraje producido, así como de la forma o eficiencia de la utilización del mismo, lo que a su vez se encuentra influido por el porcentaje de utilización del mismo y su digestibilidad (Raymond, citado por Cabrera y Echevarria, 1992).

2.4.2. Consumo

El consumo de forraje por ovinos en pastoreo está determinado por factores inherentes al animal (edad, tamaño, peso y estado fisiológico) y factores externos (condiciones climáticas, disponibilidad y calidad del forraje) (Arnold et al., 1977).

Dentro o entre grupos de animales, aquellos que poseen una mejor performance tienden a ser los mismos que poseen un elevado nivel de consumo, aunque no es fácil discernir si el elevado consumo es la causa o una consecuencia de la mayor performance (Hodgson, 1990).

Hodgson, citado por De Barbieri et al. (2000), establece que el factor más importante en determinar la performance animal es el consumo diario de forraje, lo que concuerda con lo sugerido por Poppi et al. y por varios autores, citados por Montossi (1995).

Ulyatt y Minson, citados por Montossi (1995), mostraron que por lo menos el 50% de la diferencias en el consumo voluntario puede estar atribuidas a diferencias en el valor nutritivo.

2.4.2.1. Influencia de factores inherentes al animal

Conrad et al., Montgomery y Baumgardt, citados por Jung y Saúl (1989), desarrollaron el concepto de que el llenado del rumen es una limitante física sobre el consumo para dietas de relativa baja digestibilidad. Concuerda con Allison, citado por Jung y Saúl (1989), el cual afirma que en rumiantes a pastoreo, el consumo está limitado por el llenado del rumen debido al alto contenido de fibra de los forrajes.

El consumo de forraje de una pastura puede incrementar en proporción a los requerimientos de los animales, excepto en casos que el consumo es limitado por la deficiencia en un nutriente específico (Hodgson, 1990).

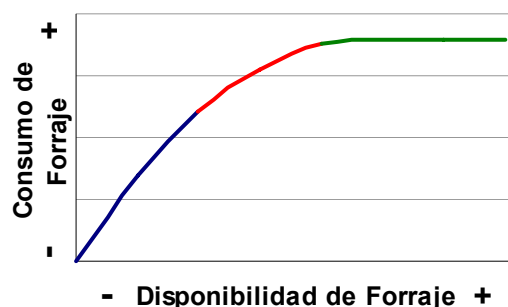
2.4.2.2. Influencia de la disponibilidad de la pastura sobre el consumo

Los resultados obtenidos en trabajos experimentales desarrollados sobre pasturas sembradas determinan que el consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable se incrementa a medida que aumenta el nivel de oferta del forraje (Ganzábal, 1997a).

A su vez, a medida que aumenta el nivel de oferta de forraje se incrementa el índice de selección del mismo, determinando que simultáneamente con el volumen, aumenten los niveles relativos de proteína cruda y digestibilidad de la dieta seleccionada por los ovinos (Ganzábal, 1997a).

El nivel de disponibilidad en que se obtiene el máximo nivel de consumo, podría estar afectado por la calidad de la pastura, proporción de material verde en el forraje disponible, altura del mismo y del muestreo, especie y categoría animal y método de pastoreo (Allison, Greenhalgh et al., citados por Akiki et al., 1992). La respuesta en consumo al incremento de disponibilidad de forraje se observa en la Figura 8.

Figura 8. Consumo de Forraje individual (kgMS/animal/día) en función de la disponibilidad de forraje (kgMS/há.).



Nota: — Zona de incrementos constantes, — Zona de incrementos decrecientes, — Zona de máximo consumo voluntario.

Fuente: adaptado de Poppi, citado por Akiki et al. (1992).

En la zona de incrementos lineales son los factores “no nutricionales” los que determinan el consumo de forraje, principalmente a través de la estructura de la pastura y de los componentes del comportamiento ingestivo (tiempo de pastoreo, el tamaño de bocado y la tasa de bocado) (Montossi, 1995). Esta zona es sensible a cambios en disponibilidad (Poppi, citado por Akiki et al., 1992).

En la zona de incrementos decrecientes de la curva actúan gradualmente la selectividad de pastoreo, la calidad de lo consumido y por lo tanto los mecanismos físicos y químicos de regulación del consumo (Poppi, citado por Akiki et al., 1992).

En la zona de máximo consumo voluntario, la disponibilidad no es limitante y se hacen máximas las posibilidades de seleccionar forraje, obteniendo una alta calidad de dieta. Los factores “nutricionales” tales como digestibilidad, velocidad de pasaje y concentración de productos metabólicos, son los que activan los mecanismos químicos y físicos que controlan el consumo (Allison, citado por Akiki et al., 1992).

El consumo de materia orgánica de forraje aumenta de forma decreciente con el incremento en la asignación de forraje y se aproxima al máximo consumo potencial cuando la asignación de forraje es de 3 a 4 veces el máximo consumo (Hodgson, citado por De Barbieri et al., 2000). Sin embargo, disminuciones del 50% en la asignación en el extremo superior de la curva producen pequeños efectos sobre el consumo (reducción del 10%), pero reducciones mayores al 50% en la asignación harán disminuir marcadamente el consumo. Esto significa que ajustando el manejo del pastoreo se podría mejorar la eficiencia de utilización de las pasturas (Iglesias y Ramos, 2003).

La mínima disponibilidad a la que se obtiene un máximo consumo, es denominada “asignación óptima”, a pesar de que niveles inferiores de disponibilidad, probablemente

conduzcan a mayores producciones por unidad de superficie (Mott, Poppi et al., citados por Akiki et al., 1992).

Gibb et al., citados por Akiki et al. (1992), trabajaron con corderos sobre pasturas sembradas, hallaron que el consumo se veía limitado si los animales no tenían acceso a un 300% más del forraje que lo efectivamente iban a consumir.

La importancia práctica de conocer la relación entre consumo y disponibilidad, radica en que el consumo y la performance animal pueden ser manejados controlando las cantidades de forraje ofrecido (Poppi et al., citados por Akiki et al., 1992).

La performance animal se puede relacionar con la disponibilidad de forraje de la misma manera que esta última lo hace con el consumo. Según Hodgson y Maxwell (1981), el consumo está determinado por la tasa a la cual los animales pastorean. Ésta es un factor que determina el consumo hasta ciertos límites, según Hodgson y Maxwell (1981), este límite es la cantidad de forraje, mientras que según Tayler, citado por Vaz Martins y Bianchi (1982) es la altura del mismo. Estos límites quedan definidos por el nivel por debajo de los cual se torna más dificultosa la aprehensión del forraje. Jamieson, citado por Hughes (1983), añade que, el incremento en el tamaño de bocado es el principal factor en aumentar la ingesta de forraje ante aumentos en la altura del mismo.

A su vez, se determinó que el consumo está en función de la tasa a la cual los animales pastorean hasta cierta cantidad (Hodgson y Maxwell, 1981) o nivel de altura (Tayler, citado por Vaz Martins y Bianchi, 1982) donde por debajo del cual la aprehensión se torna más dificultosa. Jamieson, citado por Hughes (1983), añade que, el incremento en el tamaño de bocado es el principal factor en incrementar la ingesta de forraje ante aumentos en la altura del mismo (Arocena y Dighiero, 1999).

2.4.2.3. Influencia del valor nutritivo sobre el consumo

El consumo de forraje se incrementa a una tasa más o menos constante dentro del rango de valores de digestibilidad que poseen los forrajes comúnmente. Por lo tanto, un incremento en la digestibilidad del forraje ofrecido confiere una doble ventaja a los animales a pastoreo: a) resulta en un incremento en la concentración de nutrientes de la dieta y, al mismo tiempo, b) un incremento en la cantidad consumida (Hodgson, 1990).

Una mejora en la digestibilidad del forraje puede resultar en un incremento del consumo, sólo si no está acompañado por cambios adversos en la altura y densidad del forraje (Hodgson, 1990).

Baumgardt, citado por Ganzábal (1997a), afirma que cuando el animal tiene acceso a una oferta no limitante de pasturas el consumo aumenta al incrementar el valor nutritivo del forraje seleccionado. En estas condiciones, actúan dos mecanismos principales de regulación de consumo; físicos (capacidad del rumen) y químicos (metabolitos en sangre) (Ganzábal, 1997a).

2.4.2.4. Influencia de la composición de la pastura sobre el consumo

La estructura y la composición botánica de la pastura puede ejercer un efecto directo sobre el consumo de forraje de animales a pastoreo, además de la influencia de la composición química y el contenido de nutrientes del mismo (Hodgson, 1990).

Cuando las pasturas contienen más de un 70% de material muerto, la dificultad para cosechar los componentes verdes de la misma es uno de los principales factores que influyen en el menor consumo alcanzado (Poppi et al., citados por Montossi et al., 2000).

2.4.3. Utilización de pasturas

La eficiencia de utilización cuantifica la proporción de forraje acumulado disponible que es consumido (Berretta y do Nascimento, Holmes, citados por Camesasca et al., 2002) o destruido (Berretta y do Nascimento, citados por Camesasca et al., 2002) por los animales.

Campbell, citado por Camesasca et al. (2002), define el forraje utilizado, como la proporción removida por el pastoreo en relación con lo que había inicialmente, más el crecimiento del forraje durante ese período.

Esta puede tomar valores inferiores al 50% hasta superiores al 90% (Berretta y do Nascimento, citados por Camesasca et al., 2002). Según Hodgson (1990), los rangos normales para el valor de utilización (medida como energía en el forraje consumido/energía en el forraje ofrecido) se sitúa en los valores de entre 40 a 80 %.

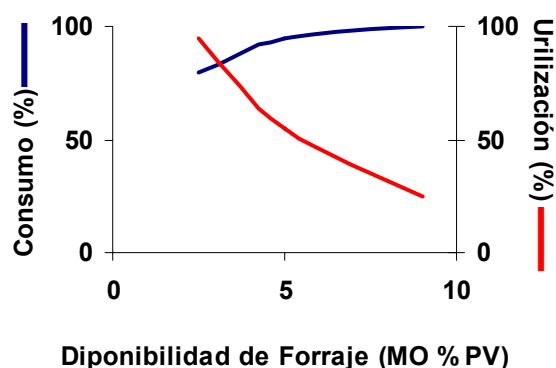
2.4.3.1. Efecto de la disponibilidad del forraje sobre la utilización del mismo

Según Birrell (1989), Hodgson, citado por Gordon y Lascano (1993), la masa y altura del forraje han sido utilizadas para describir las relaciones entre la disponibilidad del forraje y consumo (Arocena y Dighiero, 1999).

El consumo de forraje sólo alcanza su máximo potencial cuando la disponibilidad diaria de forraje es equivalente al menos al doble de la cantidad consumida. La eficiencia de utilización del forraje cae progresivamente con el incremento en la

disponibilidad del mismo, de esta manera, se da un relación inversa entre consumo de forraje por animal y eficiencia de utilización del mismo (Figura 9) (Hodgson, 1990).

Figura 9. Relación entre disponibilidad diaria de forraje, consumo de forraje por animal y eficiencia de utilización del forraje.



Nota: Consumo de forraje como porcentaje del máximo; Utilización: consumo como % de la disponibilidad de forraje. Fuente: adaptado de Hodgson (1990).

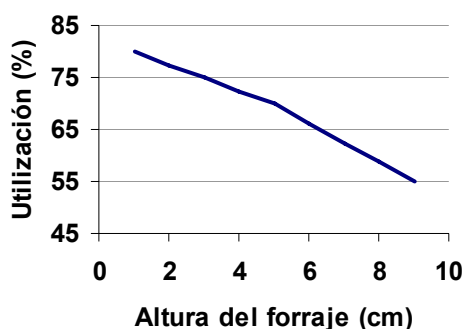
Hodgson, citado por Camesasca et al. (2002), trabajando sobre praderas de raigrás perenne y trébol blanco, encontró un mayor grado de asociación entre altura y disponibilidad post-pastoreo que en pre-pastoreo.

L'Huillier y Thomson, citados por Camesasca et al. (2002) trabajando sobre una pastura mezcla de trébol blanco y raigrás perenne, encontraron que la altura medida con regla era un buen estimador de la disponibilidad, obteniendo una correlación de 0,81%.

Camesasca et al. (2002), trabajando sobre una pastura de trébol blanco, lotus y raigrás anual, encontraron que la disponibilidad del forraje ofrecido se encontraba explicado por 40 y 50% por la altura del mismo, para sistemas de pastoreo rotativo y continuo, respectivamente.

Según Tayler, citado por Vaz Martins y Bianchi (1982), a medida que aumenta el porcentaje de utilización la altura y cantidad de forraje rechazado disminuyen (Figura 10).

Figura 10. Influencia de la altura de la pastura (cm) sobre la eficiencia de utilización de la misma (% del disponible).



Nota: Utilización como porcentaje del crecimiento del forraje
Fuente: adaptado de Hodgson (1990).

2.4.4. Comportamiento ingestivo y componentes del consumo

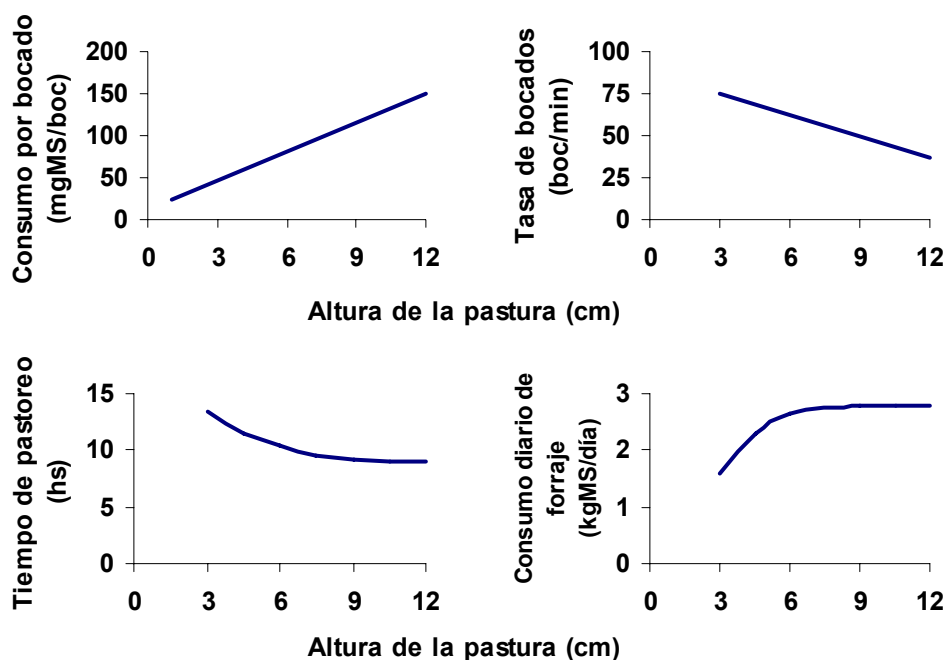
Para pasturas en estado vegetativo, la altura del tapiz sería la característica que racionaliza mejor la respuesta en producción de forraje mas allá del sitio de pastoreo, año o estación (Grant et al., citados por Hodgson, 1985), siendo a su vez la variable a la cual el comportamiento ingestivo de los animales que pastorean pasturas templadas es más sensible (Hodgson, 1985). En estas condiciones, Hodgson (1985), Gordon y Lascano (1993) sostienen que, al ser una variable de fácil medición, la altura del tapiz ha sido ampliamente utilizada para definir estrategias de manejo del pastoreo y de alimentación del ganado (Arocena y Dighiero, 1999).

La cantidad de forraje consumido diariamente es producto del tiempo dedicado al pastoreo y la tasa de consumo de forraje durante el pastoreo; esta última es producto de la tasa de bocado (No. bocados x unidad de tiempo) y la cantidad de forraje que contiene cada bocado individualmente (peso del bocado). Según Hodgson (1990) estos son los tres principales componentes del comportamiento ingestivo.

En pasturas templadas los tres principales componentes del comportamiento ingestivo y sus productos están influenciados por la altura y la masa del forraje (Allden y Whittaker, Hodgson, Poppi et al., citados por Montossi, 1995).

El consumo puede estar afectado por cualquiera de estos parámetros. El peso del bocado es muy sensible a variaciones en las condiciones de la pastura, particularmente a variaciones en la altura del forraje (Figura 9) (Hodgson, 1990).

Figura 11. Influencia de la altura de la pastura en el comportamiento ingestivo y el consumo de ovejas bajo pastoreo continuo.



Fuente: Penning, citado por Hodgson (1990).

En la práctica, cuando el consumo por bocado disminuye (peso de bocado) el animal puede compensar dicha reducción aumentando la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo, para de este modo no resentir tanto la tasa de consumo, pero este rara vez previene la caída en el consumo diario (Figura 9) (Hodgson, 1990).

Por otra parte, muchos autores (Burlison et al., Hodgson, Black, Illius et al., Mitchell et al., citados por Camessasca et al., 2002) mencionan que el consumo de forraje en rumiantes a pastoreo tiende a reflejar con fidelidad el peso del material cosechado por bocado, porque un bajo peso de bocado no puede ser adecuadamente compensado por el incremento en el número de bocados y el tiempo de pastoreo (Hodgson, citado por Montossi, 1995).

El peso del bocado es el componente más sensible a variaciones en las características de la pastura (Montossi, 1995). Éste se incrementa linealmente con la altura de la pastura o con la disponibilidad de forraje (Aldden y Whittaker, Black y Kenny, Burlison et al., Forbes, Hodgson y Jamieson, Hodgson y Milne, Laca et al., Penning et al., citados por Montossi, 1995).

Diferencias entre animales en la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo pueden contribuir a las diferencias en consumo. La tasa de bocado varía a lo largo del día, siendo normalmente mayor en la mañana y en la noche, declinando durante el transcurso del período de pastoreo (Hodgson, citado por Correa et al., 2000).

Tasas de bocado de 30 a 50 bocados por minuto se presentan como usuales para ovino y vacunos en regiones templadas (Vallentine, citado por Montossi, 1995). Generalmente, hay una relación inversa entre este componente y altura o masa del forraje (Burlison, Chacon y Stobbs, Hodgson y Jaimieson, Milne et al., Mitchell et al., Penning et al., Phillips y Leaver, citados por Montossi, 1995).

Con altas disponibilidades de forraje, el consumo esta determinado por un mayor tamaño de bocado, menor tiempo de pastoreo y tasa de bocado (Mott, Poppi et al., citados por Akiki et al., 1992).

A medida que se incrementa la concentración de nutrientes en la dieta, el peso del bocado, la tasa de bocado y la tasa de consumo tienden a caer progresivamente con el incremento en la intensidad de selección, de esta manera el pastoreo selectivo no necesariamente resulta automáticamente en un elevado nivel de consumo de nutrientes (Hodgson, 1990).

En general, la tasa de consumo de pasturas aumenta con la digestibilidad del forraje, la masa de forraje y la altura de la superficie del tapiz hasta que se estabiliza (Gordon et al., citados por Correa et al., 2000).

2.4.5. Conducta animal

Los animales en pastoreo exhiben un ciclo de pastoreo diario el cual es marcadamente consistente y se repite cada día con cambios mínimos (Vallentine, citado por Montossi, 1995). El ganado normalmente divide su actividad diaria en períodos alternados de pastoreo, rumia y descanso.

2.4.5.1. Tiempo dedicado al pastoreo y rumia

El pastoreo es repartido en varios períodos de actividad bien definidos durante el día y la noche. La mayor parte del mismo ocurre durante las horas de luz del día en climas templados. A lo largo del día se registran entre 3 y 5 periodos de pastoreo pero los más largos e intensos comienzan cercano al amanecer y nuevamente al final de la tarde, finalizando cerca del anochecer, aunque cortos períodos de pastoreo nocturno son comunes (Hodgson, Arnold, citados por Montossi, 1995).

Usualmente hay un período de rumia luego de cada periodo de pastoreo, pero gran parte de la rumia ocurre durante la noche (Hodgson, citado por Montossi, 1995).

Penning et al., citados por Montossi (1995), sugieren en sus experimentos que el tiempo dedicado al pastoreo y a la rumia son permutables; de este modo cuando el tiempo de pastoreo aumenta disminuye el tiempo dedicado a la rumia.

El tiempo de pastoreo raramente excede 12-13 horas por día, ya que una dedicación mayor interferiría con la rumia y otros requerimientos comportamentales (Poppi et al., citados por Montossi, 1995).

Hodgson (1990) sugiere que un tiempo de pastoreo que exceda 8-9 horas por día es indicador de condiciones limitantes de pastoreo. En ovinos sobre pasturas sembradas de zonas templadas, el tiempo de pastoreo se puede ubicar en un rango aproximado de 6.5 a 13.5 horas por día (Hodgson, 1990).

Gordon y Lascano, citados por Arocena y Dighiero (1999), sugiere que existe cierto grado de control fotoperiódico sobre la actividad de pastoreo, observando que entre el 70 y el 99% de ésta ocurre durante las horas del día.

Arnold, citado por Arocena y Dighiero (1999), sugieren que el pastoreo comienza y termina antes por la mañana en los días calurosos, encontrando a su vez que en las noches de más de 25 °C los animales pueden realizar un 70% del mismo durante este periodo, cuando normalmente el pastoreo nocturno es escaso o nulo.

En el período estival, en especial en los días de mayor calor, se produce un cambio en el hábito de pastoreo de los ovinos. Puede observarse que concentran los períodos de consumo hacia la madrugada y hacia la puesta del sol y aún durante la noche, y se mantienen al reparo de la sombra durante una buena parte del día. Esto disminuye el tiempo efectivo de pastoreo a niveles por debajo de los necesarios para obtener altos niveles de producción (Ganzábal, 1997a).

2.4.5.2. Efecto de las características del forraje sobre el hábito de pastoreo de los animales

El tiempo de pastoreo depende de las condiciones de la pastura y los animales. En general, varía en relación inversa con la altura de la pastura y el forraje disponible (Alden y Whittaker, Burlison, Phillips y Leaver, Penning et al., citados por Montossi, 1995).

Cuando la disponibilidad de forraje disminuye, el tiempo de pastoreo se incrementa, debido a que el trabajo asociado con la actividad de pastoreo aumenta (Caton y Dhuyvetter, 1997).

Los animales contrarrestan las bajas disponibilidades de forraje incrementando el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado para compensar la disminución en el tamaño del mismo, pero sin lograr alcanzar el consumo potencial (Poppi, citado por Akiki et al., 1992).

Otro factor a tener en cuenta es la suplementación, Krysl y Hess, citados por Caton y Dhuyvetter (1997), evaluaron la influencia de la suplementación en el tiempo de pastoreo y de su trabajo concluyeron que a medida que se incrementa el nivel de suplementación con grano (almidón) decrece la cantidad de tiempo dedicado al pastoreo.

2.4.6. Factores que afectan la selectividad animal

La selectividad del forraje resulta de complejas interacciones entre tres tipos de variables que operan en el tiempo: los animales que pastorean, las plantas que son consumidas y el ambiente de ambos (Montossi et al., 2000).

Robbins, citado por Montossi et al. (2000), definen selectividad como “un proceso dinámico, multifactorial, que integra los requerimientos animales y sus capacidades metabólicas con un vasto conjunto de plantas con diferentes configuraciones químicas y espaciales que determinan distintos valores absolutos y relativos de los diferentes componentes de la dieta”.

2.4.6.1. Factores del animal

Hay un grupo de factores que está ligado a los sentidos de los animales. Todos los sentidos de los rumiantes (vista, tacto en los labios y en la boca, gusto, olfato y oído) parecen estar relacionados a la selección de la dieta (Arnold y Hill, Arnold, Vallentine, citados por Montossi 1995, Montossi et al. 2000).

Otro factor a tener en cuenta es la experiencia previa del animal. La experiencia previa de los animales en etapas tempranas de su vida y la presencia materna, han sido mencionados como importantes factores que afectan el desarrollo de las preferencias alimenticias de los animales en pastoreo (Burrit y Provenza, Hodgson, Lascano et al., Lynch et al., Nolte et al., Provenza y Balph, Provenza y Burrit, Ramos y Tennessen, citados por Montossi 1995, Montossi et al. 2000).

Estudios experimentales han demostrado que la selección de la dieta en rumiantes puede estar relacionada con el tamaño corporal y variables relacionadas al mismo (Arnold, Black, Demment y Greenwood, Demment y Van Soest, Gordon y Illius, Gordon y Lascano, Hodgson, Illius y Gordon, Milne, Van Dyne et al., citados por Montossi 1995, Montossi et al. 2000).

2.4.6.2. Factores de la pastura

El pastoreo selectivo probablemente esté relacionado a parches de vegetación más que a plantas individuales o a componentes de las plantas (Hodgson et al., citados por Montossi et al., 2000).

La selectividad animal tiene influencia marcada sobre la digestibilidad de la dieta consumida en comparación con la pastura ofrecida y afecta directamente al consumo a través de la influencia sobre el tamaño de bocado (Poppi et al., citados por Montossi et al., 2000).

Ha sido demostrado que los animales en pastoreo prefieren hojas verdes a tallos verdes y éstos a material muerto, por lo tanto el material verde es un importante factor en determinar el horizonte de pastoreo (Montossi et al., 2000).

La discriminación por parte de los animales, entre hojas y tallos, o entre tejido muerto y vivo, implica que la digestibilidad de la dieta seleccionada probablemente sea mayor que la del forraje como un todo (Hodgson, 1990).

La dieta consumida por los animales en pastoreo, contiene generalmente mayor proporción de hojas y tejidos vivos y menor proporción de tallos y tejidos muertos, que la que se encuentra en el forraje disponible (Arnold, Chacon y Stobbs, Clark et al., Hodgson, L'Huillier et al., Vallentine, Van Dyne, citados por Montossi et al., 2000).

Illius et al., citados por Montossi et al. (2000), encontraron que la selección de sitios o parches de pastoreo estuvo influida por la altura y el contenido de trébol blanco en la pastura, siendo ambos factores aditivos. Los ovinos eligieron preferentemente los sitios de pastoreo altos con contenidos intermedios de trébol blanco (40-50%), siendo rechazados los sitios con bajos o altos niveles de esta especie.

2.5. ÁCIDOS GRASOS

En este capítulo se realiza una caracterización de los ácidos grasos más importantes, en la cual se describen sus principales funciones. A su vez se describen las fuentes más usuales de ácidos grasos para los rumiantes y el metabolismo hasta su deposición en los tejidos animales. Por último se efectuó una reseña sobre la influencia de los ácidos grasos en la salud humana.

2.5.1. Caracterización

2.5.1.1. Definición

Los ácidos grasos pertenecen al grupo de macromoléculas llamada lípidos. Los lípidos son un grupo de sustancias insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como lo son éter, cloroformo y benceno (Maynard et al., 1984). Este grupo abarca triglicéridos (comúnmente llamados grasas y aceites), fosfolípidos (lecitina) y esteroides (colesterol) (Garrido, 2004).

Los ácidos grasos están formados por un grupo carboxílico simple (COOH) unido al final de una cadena hidrocarbonada (Sonntag 1979, Lehninger et al. 1995). En algunos ácidos grasos esta cadena está completamente saturada (no tiene dobles enlaces) y sin ramificar; y en otros contiene uno o varios dobles enlaces y ramificaciones (Lehninger et al., 1995).

Los distintos tipos de lípidos se denominan con diversos nombres comunes. Los llamados aceites son líquidos a temperatura ambiente (20 °C). Las grasas son aquellos compuestos que se forman a partir de glicerol y tres moléculas de ácidos grasos y son sólidas a temperatura ambiente. Los sebos son los lípidos que contienen una menor cantidad de ácidos grasos insaturados 40% y son sólidos a temperatura ambiente (punto de fusión mayor a 42° C). Los compuestos llamados mantecas están formadas por pocos ácidos grasos insaturados pero muchos de cadena corta, por eso poseen bajo punto de fusión (Maynard et al., 1984). Las ceras biológicas son ésteres de ácidos grasos de cadena larga saturados e insaturados (de 14 a 36 átomos de carbono) con alcoholes de cadena larga (de 16 a 30 átomos de carbono) y no son fáciles de digerir por los animales (Lehninger et al., 1995).

Los ácidos grasos son constituyentes de la mayoría de los lípidos (Maynard et al., 1984). Estos conforman entre 94 y 96% del peso total en las moléculas de triglicéridos, lo que lleva a que los ácidos grasos posean gran influencia sobre las propiedades físicas y químicas de los triglicéridos, incluyendo el carácter hidrofóbico (Sonntag, 1979). Los ésteres de glicerol son la forma principal de almacenaje de lípidos en plantas y en la mayoría de los animales. Las grasas animales están formadas en un 98% por triglicéridos (Sonntag, 1979).

Los ácidos grasos de cadena corta, fórmico (C1), acético (C2), propiónico (C3) y butírico (C4), no poseen todas las características propias de los ácidos grasos, ya que son sustancias hidrofílicas, completamente miscibles en agua (Sonntag, 1979).

La estructura básica de los triglicéridos consiste de una unidad de glicerol (azúcar de tres carbonos) y tres unidades de ácidos grasos. Los glicolípidos son una segunda clase de lípidos encontrados principalmente en los forrajes (gramíneas y leguminosas), tienen una estructura similar a los triglicéridos con la excepción de que uno de los tres ácidos grasos es remplazado por un azúcar (usualmente galactosa). Cuando uno de los ácidos grasos está remplazado por un fosfato ligado a otra estructura compleja, el lípido se llama fosfolípido (Maynard et al. 1984, Lehninger et al. 1995).

Los fosfolípidos son componentes de la pared celular, que se hallan en cantidades menores en los alimentos, pero se encuentran principalmente en las bacterias del rumen (Infocarne, 2002a).

Los colesteroles son insolubles en agua y químicamente inertes. Se encuentran libres o en combinación con ácidos grasos en las células, en la sangre y en la grasa de la lana (lanolina). Su síntesis se realiza en el hígado a partir de acetato y ésta es regulada por retroalimentación negativa (Maynard et al., 1984).

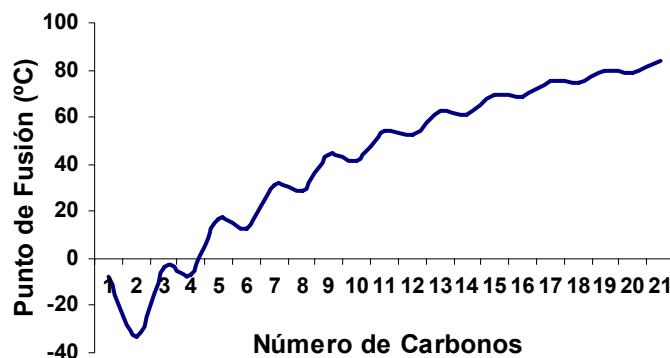
Las propiedades físicas, punto de fusión y solubilidad en agua, de los ácidos grasos y de los compuestos que los contienen están determinadas en gran parte por la longitud y grado de insaturación de la cadena hidrocarbonada (Lehninger et al., 1995).

A medida que aumenta el largo de la cadena hidrocarbonada de un ácido graso, se modifican las propiedades físicas del mismo; aumenta el punto de fusión y disminuye la solubilidad en agua. En cambio, con la adición de un doble enlace disminuye el punto de fusión (Figura 12). Estos dobles enlaces pueden existir en la forma *cis* o *trans* (Maynard et al., 1984). El punto de fusión depende principalmente del grado de saturación y en menor grado de la longitud de la cadena hidrocarbonada (Infocarne, 2002b).

A temperatura ambiente (25°C), los ácidos grasos saturados de 12 a 24 carbonos tienen una consistencia cerosa, mientras que los ácidos grasos insaturados de estas longitudes son líquidos oleosos (Lehninger et al., 1995).

Cada ácido graso de cadena impar posee un punto de fusión algo inferior al ácido graso de cadena par inmediatamente posterior a este (ejemplo: el de 13 carbonos menor al de 14).

Figura 12. Punto de fusión (°C) de los ácidos grasos saturados en función del largo de la cadena hidrocarbonada (número de carbonos).



Fuente: adaptado de Nawar (1996).

Los ácidos grasos se pueden caracterizar mediante dos determinaciones, el índice de yodo y el índice de saponificación (Sonntag, 1979).

El índice de yodo mide los gramos de yodo que absorben 100 g de grasa, en los dobles enlaces. Este constituye una medida del grado de insaturación. Cuanto mayor es el índice de yodo mayor es el grado de insaturación (Maynard et al., 1984).

El índice de saponificación mide los miligramos de álcali (KOH) o hidróxido de potasio que se requieren para saponificar un gramo de grasa, o sea para neutralizar los ácidos grasos libres y los resultantes de la hidrólisis completa de un gramo de muestra (Maynard et al., 1984).

2.5.1.2. Nomenclatura

Los ácidos grasos más comunes tienen nombres triviales. Existe un sistema de nomenclatura que provee de nombre sistemático a cada ácido graso según su estructura (Sonntag, 1979).

En los ácidos grasos cuando todos los átomos de carbono en la cadena contienen dos átomos de hidrógeno y por ello no hay dobles enlaces, son denominados saturados. Cuando los ácidos grasos contienen por lo menos un doble enlace son llamados insaturados. El grado de insaturación de un aceite depende del número promedio de dobles enlaces (Sonntag 1979, Nawar 1996). El término “ácidos grasos monoinsaturados” se aplica a aquellos que tienen sólo un doble enlace. El término

“ácidos grasos poliinsaturados” se aplica a aquellos que tienen dos o más dobles enlaces (Maynard et al., 1984).

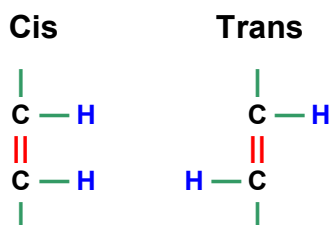
Para clasificar los ácidos grasos también se tiene en cuenta el largo de la cadena hidrocarbonada. Por lo cual el número de átomos de carbono es indicado con un prefijo en griego (12, 14, 16 y 18: dodec-, tetradec-, hexadec-, y octadec-, respectivamente). Los saturados se distinguen por el sufijo -anoico (Palmítico: ácido hexadecanoico).

Para los ácidos grasos insaturados el número de dobles enlaces es indicado modificando el sufijo; un doble enlace, sufijo enoico, dos dobles enlaces, sufijo dienoico y tres dobles enlaces sufijo trienoico. Por ejemplo, el ácido oleico, con un doble enlace, octadecenoico; linoleico, con dos dobles enlaces, ácido octadecadienoico; linolénico con tres, octadecatrienoico (Sonntag, 1979).

La posición de los dobles enlaces es señalada con un prefijo numérico que indica los átomos entre los cuales ocurre el doble enlace, o el primer átomo de carbono que interviene en el doble enlace contando desde el grupo carboxilo (Sonntag, 1979).

Los ácidos grasos, existen en dos formas, las cuales difieren en la disposición espacial de sus grupos sustituyentes (átomos de otras moléculas alrededor del átomo de carbono) con respecto al doble enlace que no posee capacidad de rotación, dichas formas se llaman *cis* y *trans* (Sonntag 1979, Sanhueza et al. 2002). En los enlaces *cis* se disponen iguales moléculas hacia el mismo lado y en los *trans* se disponen las moléculas hacia diferentes lados (Figura 13) (Sanhueza et al., 2002). Un enlace *trans* produce menor irregularidad en la cadena, generalmente son más solubles (y con mayor punto de fusión) y menos reactivos, que los *cis*. Los ácidos grasos *cis* pueden transformarse en su isómero *trans* en curso de procesos que involucran calor y cuando son expuestos a cierta catálisis (Sonntag, 1979).

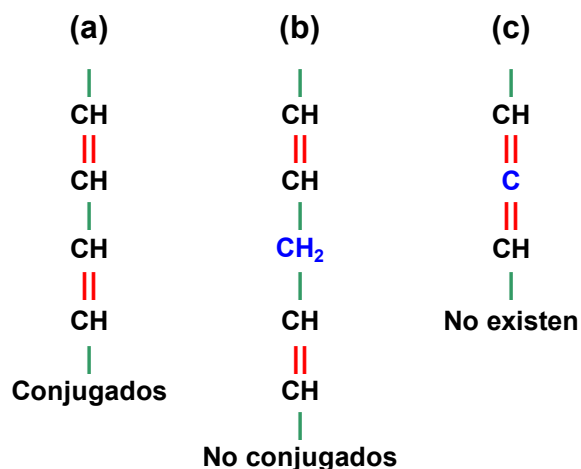
Figura 13. Configuración espacial de los ácidos grasos según disposición de los grupos sustituyentes.



Fuente: adaptado de Sonntag (1979).

Los dobles enlaces de los ácidos grasos poliinsaturados pueden ser conjugados o no. Se les llama conjugados cuando existe alternancia entre dobles enlaces y sencillos (Figura 14a), y no conjugados cuando están separados por un grupo metileno (Figura 14b). Los dobles enlaces de los ácidos grasos casi nunca son conjugados (Lehninger et al., 1995) y en la naturaleza casi todos se encuentran en la configuración cis (Maynard et al., 1984). Arreglos de un carbono con dos dobles enlaces (Figura 14c) no existen en los ácidos grasos de grasas y aceites (Sonntag, 1979).

Figura 14. Clasificación de los ácidos grasos según posición de los dobles enlaces.

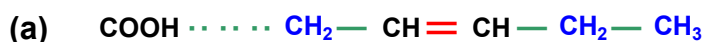


Fuente: adaptado de Sonntag (1979).

Los ácidos grasos también se pueden clasificar según la posición del primer doble enlace con relación al carbono metílico (CH₂), el cual se denomina carbono omega (ω o n) (Figura 15). El ácido linoleico posee su primer doble enlace en el sexto carbono por lo tanto pertenece a la familia o serie omega 6 (n_6 o ω_6), mientras que el ácido linolénico de la familia o serie omega 3 (n_3 ó ω_3) (Garrido, 2004).

Figura 15. Clasificación según posición del primer doble enlace en relación al carbono metílico.

Ácido Graso omega 3



Ácido Graso omega 6



Fuente: adaptado de Sonntag (1979).

Los ácidos grasos naturales, poseen número par de carbonos y cadenas rectas. Los lípidos microbianos, sin embargo, a menudo son ramificados y tienen cadenas con número impar de átomos de carbono, los cuales son sintetizados a partir de propiónico (Maynard et al., 1984).

Algunos ácidos grasos naturales contienen otros grupos funcionales, como lo son los grupos hidroxilo, cetona, epoxi y los triples enlaces (Sonntag, 1979).

2.5.1.3. Descripción de los ácidos grasos

En esta publicación se nombran y se presenta una descripción resumida de los ácidos grasos que se encuentran más frecuentemente en la naturaleza, tanto en los alimentos utilizados para la alimentación de los animales para los animales como en los productos (carne y leche) que se obtienen de los mismos (Maynard et al., 1984).

Ácidos grasos saturados

Son aquellos en que la cadena carbonada no posee dobles enlaces (Lehninger et al., 1995). En el Cuadro 8, se presentan los ácidos grasos saturados de cadenas carbonadas con 4 a 24 átomos de carbono, con sus respectivos nombres, puntos de fusión y nomenclatura.

Cuadro 8. Nombre común, punto de fusión y nomenclatura de los ácidos grasos saturados.

No. de carbonos	Nombre Común	Punto de fusión (°C)	Nomenclatura
4	Butirico	-7.9	Butanoico
5	Valerico	-33.5	Pentanoico
6	Caproico	-3.4	Hexanoico
7	Enanthic	-7.1	Heptanoico
8	Caprilico	16.7	Octanoico
9	Pelargonic	12.5	Nonanoico
10	Caprico	31.6	Decanoico
11	Undecylic	28.7	Undecanoico
12	Láurico	44.2	Dodecanoico
13	Tridecylic	41.1	Tridecanoico
14	Mirístico	54.4	Tetradecanoico
15	Pentadecylic	52.1	Pentadecanoico
16	Palmítico	62.9	Hexadecanoico
17	Margárico	61.3	Heptadecanoico
18	Esteárico	69.6	Octadecanoico
19	Nonadecylic	68.6	Nonadecanoico
20	Araquidónico	75.4	Eicosanoico
21	-	74.3	Heneicosanoico
22	Behenico	80.0	Docosanoico
23	-	79.1	Tricosanoico
24	Lignocérico	84.2	Tetracosanoico

Fuente: adaptado de Nawar (1996).

Los miembros de cadena más corta (menos de 10 carbonos) de este grupo son líquidos a temperatura ambiente, mientras que los mayores a 10 carbonos son sólidos, y su punto de fusión va incrementando a medida que incrementa el largo de cadena (Sonntag, 1979)

Los ácidos grasos volátiles, ácido fórmico (C1), acético (C2) y propiónico (C3), no aparecen como componentes de las grasas y aceites. Sin embargo, el ácido butírico (C4) es encontrado en la leche entre 2 y 4% del peso de la misma (Sonntag, 1979).

El ácido caproico y el caprílico se encuentran en la leche, el aceite de coco y el de palma. Este último también se encuentra en la semilla de algunas plantas herbáceas. El ácido caprico es componente característico de la grasa de la leche y del aceite de semilla de palmas (Sonntag, 1979).

El ácido láurico es uno de los tres más ampliamente distribuidos en la naturaleza, los otros dos son el palmítico y el esteárico (Sonntag, 1979).

El ácido mirístico, es el de menor aporte (menor al 5%) en la mezcla de ácidos grasos en la mayoría de las grasas y aceites de animales y vegetales. Este representa entre el 8-12% en la grasa de la leche y el 15-30% del aceite de coco (Sonntag, 1979).

El ácido palmítico, es el ácido graso saturado más ampliamente distribuido, este se encuentra en prácticamente todos los animales y vegetales, como mínimo en un 5% del total de ácidos grasos. Es el mayor componente de mantecas y cebos (25-30%), aceite de palma (30-50%) y manteca de cacao (25%) (Sonntag, 1979).

La mayoría de los vegetales contienen entre 1-5% de ácido esteárico, el cual también es un importante componente de las grasas animales (Sonntag, 1979). La relación ácido palmítico/ácido esteárico varía; C16 varía entre 3.5 y 11% y C18 entre 1 y 7.9% (Sonntag, 1979).

Los ácidos araquidónico, behénico y lignocérico, están ampliamente distribuidos pero en pequeñas cantidades. Se encuentran en el aceite de oliva, grano de soja, semilla de algodón, maíz, maní, colza, etc. (Sonntag, 1979).

El ácido araquidónico es precursor de las prostaglandinas. Estas son compuestos parecidos a las hormonas, que se encuentran distribuidas ampliamente en los órganos reproductores y otros tejidos de los animales. Se sintetizan biológicamente a partir de ácido araquidónico y presentan una amplia variedad de funciones metabólicas, disminuyen la presión sanguínea, estimulan la contracción del músculo liso, inhiben la liberación de ácidos grasos y poseen efectos específicos en cada especie (Byers y Shelling, 1993).

Los ácidos grasos de cadena impar como el ácido pentadecanoico, sólo aparecen en pequeñas cantidades en algunos aceites vegetales y en las grasas de algunas semillas. El ácido heptadecanoico, esta presente en mantecas aproximadamente en un 1% y grasas en un 0.5%. Su presencia es utilizada para detectar adulteración de aceites vegetales con grasas animales, ya que su presencia en aceites vegetales es minúscula (Sonntag, 1979)

Ácidos grasos insaturados

Son aquellos en que la cadena carbonada posee al menos un doble enlace (Maynard et al., 1984). Son más difíciles de aislar, purificar y caracterizar que los saturados y en la mayoría de los casos los dobles enlaces poseen configuración *cis* (Sonntag, 1979).

Los ácidos grasos que contienen 18 átomos de carbono y uno, dos o tres dobles enlaces son los insaturados más importantes presentes en el reino animal y vegetal (Cuadro 9) (Sonntag, 1979).

Cuadro 9. Principales ácidos grasos insaturados.

Fórmula	Nombre Sistemático	Nombre Común	Punto de fusión (°C)
$C_{16}H_{30}O_2$	9-Hexadecanoico	Palmitoleico	61**
$C_{18}H_{34}O_2$	9-Octadecanoico	Oleico	13-16*; 14-16**
$C_{18}H_{32}O_2$	<i>cis,cis</i> -9,12-octadecadienoico	Linoléico	-5*
$C_{18}H_{30}O_2$	linolénico (<i>cis,cis,cis</i> -9,12,15-octadecatrienoico)	Linolénico	-11*

Fuente: * Nawar (1996) ** Sonntag (1979).

Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)

Son aquellos que en la cadena carbonada poseen sólo un doble enlace, siendo su fórmula empírica " $C_nH_{2n-2}O_2$ ". Estos, normalmente están compuestos por diez o más átomos de carbono y los más ampliamente distribuidos son el palmitoleico (C16) y el oleico (C18) (Sonntag, 1979).

El palmitoleico (*cis*-9-hexadecanoico) es el principal de los ácidos grasos de 16 carbonos. Este aparece componiendo la mayoría de los lípidos, en todos los ordenes vegetales y animales (Sonntag, 1979).

El oleico (*cis*-9-octadecanoico), ácido graso de 18 carbonos, es el más ampliamente distribuido de todos los ácidos grasos. Este se puede encontrar en la grasa de prácticamente todos los animales y vegetales, y frecuentemente constituye más del 50% del total de los ácidos grasos. Son pocas las grasas que contienen menos del 10% de ácido oleico (Sonntag, 1979).

Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)

Son aquellos en que la cadena carbonada posee dos o más dobles enlaces. Los más comunes son los que poseen dos y tres dobles enlaces, la fórmula empírica de los diinsaturados es $C_nH_{2n-4}O_2$ y la de los triinsaturados es $C_nH_{2n-6}O_2$ (Sonntag, 1979). Dentro de este grupo se encuentran los ácidos grasos esenciales (Sonntag 1979, Maynard et al. 1984).

El ácido linoleico (C18:2, 9c-12c), pertenece al grupo de los ácidos grasos omega-6, es muy abundante en el reino vegetal y también en el animal. Es el ácido graso poliinsaturado más importante en abundancia y distribución. La gran mayoría de los aceites vegetales (con algunas excepciones como el aceite de oliva, el de palma, o el aceite de coco) aportan cantidades significativas de ácido linoleico (Sanhueza et al., 2002).

El ácido linolénico (C18:3), ocurre en notables cantidades en todos los aceites de semillas secas, especialmente en semilla de lino, de soja y también de cáñamo (Sonntag, 1979).

Los ácidos grasos poliinsaturados con cadenas menores a 18 átomos de carbonos, no existen o son componentes menores de las grasas animales y vegetales (Sonntag, 1979).

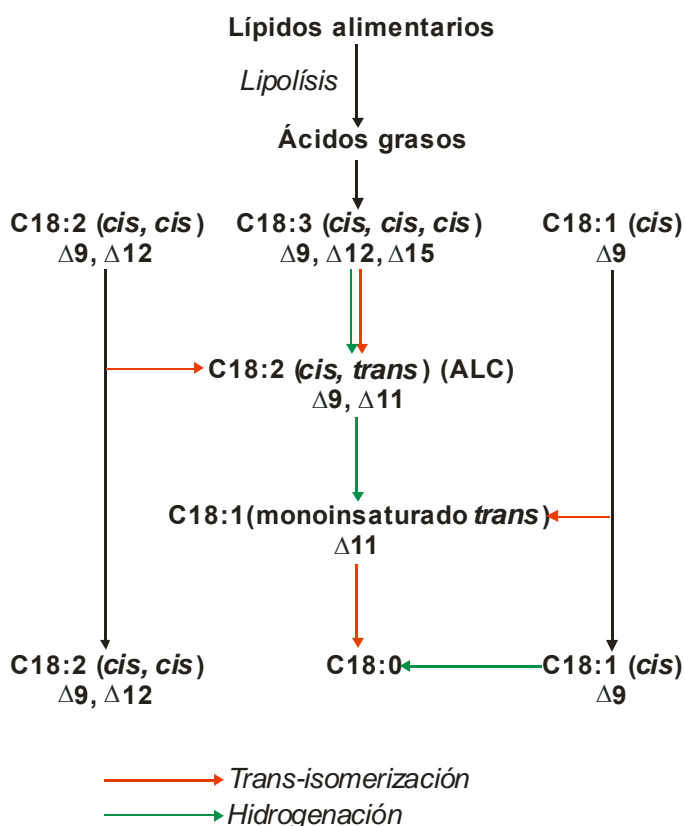
Otros ácidos grasos poliinsaturados también fisiológicamente importantes son, el ácido araquidónico (C20:4 n6), el eicosapentaenoico (EPA C20:5 n3) y el docosahexaenoico (DHA C22:6 n3), aunque estos no son esenciales pues pueden sintetizarse a partir de ácido linoleico y alfa-linolénico. El EPA y el DHA se encuentran en cantidades apreciables en la carne de pescado (representan aproximadamente un contenido de 1 g de ácidos grasos n3 por 100 g de alimento) (Garrido, 2004).

El ácido linoleico conjugado (ALC)

El ácido linoleico conjugado (ALC) presenta un tipo de isomería *trans*, y tiene variados efectos beneficiosos para la salud humana. La estructura del ALC más común que existe en la naturaleza, corresponde a la configuración del isómero *cis* 9, *trans* 11. El ALC se encuentra normalmente en tejidos y secreciones (leche) de rumiantes (Sanhueza et al., 2002).

El ALC es formado por isomerización del ácido linoleico (Figura 16), mediante la acción de la bacteria del rumen llamada *Butyrivibrio fibrisolvens*, donde por efecto del metabolismo celular un doble enlace cambia de posición, de este modo desaparecerá el carbono metilénico intermedio formando un ácido graso con estructura "conjugada" (Sanhueza et al., 2002).

Figura 16. Lipólisis y biohidrogenación de los ácidos grasos alimentarios por las bacterias del rumen.



Fuente: adaptado de Geay et al. (2002).

El interés sobre el ALC se debe a que muchos estudios en animales experimentales muestran que entre 0.25 a 1.5% de éste en el total de la dieta, puede inhibir la carcinogénesis, la formación de la placa arteroesclerótica y retrasar el riesgo de diabetes. Un pequeño trabajo realizado en humanos para determinar el rol del ALC, mostró que su ingestión generaba una alteración de las concentraciones de ALC en el plasma sanguíneo.

Sanhueza et al. (2002) identificaron que en toda muestra de aceite o de grasa, particularmente en aquellas de origen animal, siempre hay una pequeña cantidad de ALC. Si bien el ALC se encuentra en pequeñas proporciones en los aceites vegetales, su concentración es particularmente alta en la carne y en la leche de los rumiantes, donde puede alcanzar hasta un 0.65% de los lípidos totales.

El ácido *trans*-vacénico es un precursor del ALC y puede considerarse como otra fuente dietaria del mismo (Knight et al., 2003).

2.5.2. Función e importancia de los lípidos y algunos ácidos grasos

Las funciones de los lípidos se listan en general de la siguiente manera: suministro energía para el mantenimiento normal y las funciones productivas, fuente de ácidos grasos esenciales, portadores de vitaminas liposolubles (Byers y Schelling, 1993).

Los lípidos son elementos de reserva y protección. Sin embargo, en el curso del tiempo se han descubierto otras funciones, por ejemplo, su desempeño como componentes estructurales formando parte de las membranas biológicas (Garrido, 2004).

En muchos organismos los triglicéridos (grasas y aceites) son las formas principales de almacenamiento energético, mientras que los fosfolípidos y los esteroides constituyen la mitad de la masa de las membranas biológicas (Lehninger et al., 1995).

2.5.2.1. Suministro de energía

La hidrólisis de los triglicéridos proporciona glicerol y ácidos grasos libres que sirven como fuente de energía. La mayoría de las variaciones que se encuentran entre las fuentes de grasa con respecto a la cantidad de energía utilizable que contienen, se relaciona con su digestibilidad, excepto en situaciones anormales o especiales de mala absorción, la verdadera digestibilidad de las grasas es superior al 80%. Cuando el contenido total de lípidos es bajo (<10%), como frecuentemente ocurre cuando se alimenta a los animales con una dieta a base sólo de vegetales, una elevada proporción de ceras y esteroides que se encuentran en la dieta tienden a reducir la absorción del lípido, ya que estos componentes se absorben y se digieren de una manera muy deficiente (Byers y Schelling, 1993).

Los carbohidratos dietarios proporcionan toda la energía necesaria, con excepción de aquella que proviene de los ácidos grasos esenciales. Los animales que se alimentan con dietas libres de grasa con frecuencia desarrollan deficiencias de las vitaminas liposolubles (Byers y Schelling, 1993).

Existen células especializadas, denominadas adipositos o células grasas, las cuales almacenan grandes cantidades de triglicéridos en forma de gotículas de grasa, que ocupan casi totalmente la célula, sirviendo de este modo como depósito de combustible metabólico (Lehninger et al., 1995).

La grasa, se distingue de los carbohidratos y proteínas, por su mayor valor calórico (Garrido, 2004), los átomos de carbono están más reducidos, por lo que la reducción de los triglicéridos proporciona más del doble de energía, gramo por gramo, que los carbohidratos (Lehninger et al., 1995). La grasa en promedio suministra, al ser oxidada en el organismo, 9 kcal/g y esta es su característica principal y la que determina su papel en los procesos nutritivos (Garrido, 2004).

2.5.2.2. Ácidos grasos esenciales (AGE)

En general, siempre se habla de tres ácidos grasos esenciales, linoleico (C18:2 n6), linolénico (C18:3 n3), y araquidónico (C20:4 n6). Ninguno de éstos puede ser sintetizado por los mamíferos.

El linoleico y el linolénico son precursores de un elevado número de ácidos grasos insaturados. El ácido linoleico es precursor del araquidónico, el que a su vez se ha demostrado que es precursor de las prostaglandinas (Maynard et al., 1984).

Los tejidos animales no sintetizan ácido linoleico ni linolénico, o por lo menos no en cantidades suficientes como para prevenir los cambios patológicos, y por lo tanto es necesario suministrarlos en la dieta. El ácido araquidónico (C20:4) se sintetiza a partir del linoleico y por lo tanto no es necesario suministrarlo a través de la dieta (Byers y Schelling, 1993).

Los mecanismos exactos por medio de los cuales actúan los AGE para mantener las funciones corporales normales se desconocen. Actúan en dos áreas vitales, forman parte integral de la estructura apoproteica de la membrana celular y participan en la estructura de las prostaglandinas.

2.5.2.3. Transporte de vitaminas

Los lípidos cumplen un rol importante como portadores de ciertos nutrientes no grasos, más precisamente transportan las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y son necesarios para que estas sean absorbidas por el organismo (Garrido, 2004).

Las vitaminas liposolubles se encuentran dispersas en micelas similares a aquellas que se forman durante la absorción de los ácidos grasos. Las micelas son mixtas, o sea que contienen monoglicéridos y ácidos grasos libres que captan las vitaminas liposolubles en una manera más eficiente que las que no contienen estos compuestos (Byers y Schelling, 1993).

2.5.2.4. Esteroles

Los esteroles son compuestos anfipáticos que contienen un núcleo esteroide el cual está compuesto por cuatro anillos hidrocarbonados (Lehninger et al., 1995). Los esteroides derivan de una estructura cíclica, este grupo incluye a los esteroles, colesterol, ergosterol, ácidos biliares, hormonas adrenales y sexuales (Maynard et al., 1984). También intervienen en algunos procesos de la fisiología celular, como la síntesis de hormonas esteroideas y sales biliares (Garrido, 2004).

El colesterol es precursor de ciertos compuestos y es componente esencial de las moléculas portadoras de lípidos en la sangre, siendo además precursor de la vitamina D₃ en los animales. El ergosterol es de mayor importancia para la nutrición animal, ya que es precursor de la vitamina D₂ mediante irradiaciones. El colesterol se encuentra presente en todas las hojas de los vegetales y es de los pocos esteroides vegetales absorbidos por los animales (Maynard et al., 1984).

Los ácidos o sales biliares son derivados polares del colesterol. Siendo los principales componentes de la bilis, los cuales ayudan a emulsificar la grasa en el intestino delgado, para su posterior absorción (Maynard et al., 1984).

Las hormonas esteroideas son sintetizadas principalmente a partir del colesterol, andrógenos en los testículos, estrógenos en los ovarios, glucocorticoides y mineralocorticoides en la corteza adrenal. Por otro lado, los carotenoides son precursores de la vitamina A, xantofila, fracción fitol de la clorofila y aceites esenciales (Maynard et al., 1984).

2.5.2.5. Otras funciones de los lípidos

Los fosfolípidos son lípidos que contienen uno o más grupos fosfato y constituyen los lípidos estructurales de las membranas (Maynard et al., 1984).

Otros lípidos aún estando presentes en cantidades pequeñas poseen funciones importantes como cofactores enzimáticos, transportadores electrónicos, agentes emulsionantes, hormonas y mensajeros intracelulares (Maynard et al., 1984).

La grasa sirve de vehículo de muchos de los componentes de los alimentos que le confieren su sabor, olor y textura. La grasa contribuye, por tanto, a la palatabilidad (calidad de un alimento de ser grato al paladar) de la dieta y por tanto a su aceptación (Garrido, 2004).

2.5.3. Fuente de ácidos grasos en los rumiantes

Los rumiantes obtienen ácidos grasos de los alimentos que consumen y de los microorganismos del rumen. La fracción lipídica de los alimentos y de los cuerpos grasos ingeridos por los animales tiene una repercusión importante sobre la calidad dietética de los productos animales (Infocarne, 2002a).

La fracción lipídica de los forrajes y de los alimentos concentrados es menos conocida que la fracción carbohidratos, proteínas y minerales. El tenor lipídico de los alimentos se mide mediante la determinación de la fracción llamada extracto etéreo. Los forrajes tienen un tenor entre 2 y 12%, mientras el contenido de ácido linoléico es superior al 50% de los ácidos grasos totales (Morand-Fehr y Tran, 2001).

En las plantas forrajeras cuando pasan de un estado joven a uno más maduro, las proporciones de ácido palmítico, esteárico y oleico aumentan a medida que el linolénico disminuye (Morand-Fehr y Tran, 2001).

El ALC puede provenir del alimento, o del ácido *trans*-vaccénico mediante la acción de la enzima Δ^9 desaturasa (Barber et al., citados por Priolo et al., 2004). Los lípidos presentes en las raciones de los rumiantes, tienen una alta proporción de ácidos grasos insaturados, linoleico y linolénico (Infocarne, 2002a).

Los cereales y granos "proteicos" poseen un tenor de extracto etéreo de 1.2 a 2.2%. El maíz y los subproductos de su molienda, poseen una proporción muy elevada de ácido linoleico (más de 50% de los ácidos grasos totales) y la fracción de ácidos grasos saturados está dominada por el ácido palmítico. La composición en ácidos grasos de los granos oleaginosos es variable según la especie. Los aceites y harinas de pescado se caracterizan por contener una elevada proporción de PUFA con más de 18 átomos de carbono (Morand-Fehr y Tran, 2001).

2.5.3.1. Forrajes verdes

El tenor de extracto etéreo de los forrajes es significativamente mayor cuando éstos son jóvenes y poseen abundantes hojas y son ricos en lípidos del cloroplasto (Hawke, citado por Morand-Fehr y Tran, 2001). El tenor de extracto etéreo varía entre 4 y 12% de la materia seca. En los forrajes verdes el contenido de ácidos grasos es sensiblemente menos variable que el contenido en extracto etéreo (45 a 65%), debido al elevado contenido de pigmentos en los forrajes, los cuales representan un tercio del extracto etéreo, y a los lípidos complejos (glicolípidos y fosfolípidos) (Morand-Fehr y Tran, 2001).

Existe una amplia variación en la composición de ácidos grasos de los forrajes entre géneros y época del año, la cual subsecuentemente afecta la composición de ácidos grasos de la carne producida por los ovinos (Wachira, 2004).

La composición en ácidos grasos de los forrajes verdes se caracteriza por un porcentaje muy elevado de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), sobre todo de ácido linolénico que generalmente representa más del 50% de los ácidos grasos totales, y también de ácido linoléico, variando de 10 a 20%. Estos también se caracterizan por una relación omega6:omega3 (n6:n3) que frecuentemente se aproxima a 0.20. Los tenores en ácidos saturados (10 a 20%) y de ácidos monoinsaturados (1 a 17%) son variables (Morand-Fehr y Tran, 2001).

Según Palmiquist (1998), los lípidos de las pasturas son particularmente ricos en ácido linolénico (C18:3, precursor de la serie n3), concordando con Marmer et al., citados por Realini et al. (2004), quienes afirman que este es el mayor ácido graso en los lípidos de la pasturas, mientras que el ácido linoleico (C18:2, precursor de la serie n6) es el mayor componente en granos.

Cuadro 10. Contenido total de ácidos grasos (AG; mg/100g MS) y composición (%) para diferentes alimentos.

	Pastura ¹		Heno ³	Concentrado ⁴
	Baja carga ²	Alta carga ²		
AG mg/100g MS	329	339	71.5	22.1
Composición de Ácidos Grasos (% del total de ácidos grasos)				
C16:0	15.1	15.7	29.8	19.6
C18:0	3.1	4.0	5.9	4.9
C18:1 (n9)	4.6	6.0	8.3	27.5
C18:2 (n6)	11.8	11.8	14.8	35.9
C18:3 (n3)	59.9	59.2	27.3	3.6

Nota: ¹ Campo natural en pastoreo rotativo; ² Alta y baja corresponde a cargas de 28 y 16 ovejas/há respectivamente; ³ sin descripción; ⁴ grano de cebada (22%), grano de trigo (12%), pulpa seca de remolacha azucarera (15%) y harina de soja (15%), con 4.4 Mcal de EB; 18.2% de PC y 24.7% de FDN.

Fuente: Aurousseau et al. (2004).

Morand-Fehr y Tran (2001), en una revisión sobre el tema, llegaron a la conclusión que debido a la cantidad limitada de información y las diferencias importantes entre referencias, no es posible identificar y caracterizar las diferencias en la composición de ácidos grasos entre gramíneas y leguminosas o entre diferentes especies forrajeras.

Las plantas forrajeras en estado vegetativo, son más ricas en ácido linolénico y más pobres en ácidos saturados y ácido oleico, que en estados de madurez más avanzados. Las variaciones del porcentaje de ácido linolénico son menos importantes y son fluctuantes. En las gramíneas existen variaciones en la composición de ácidos grasos entre los tejidos vegetales, haciéndose más ricos en ácido linolénico y más pobres en ácidos saturados y oleico, desde de la base de la planta hacia las extremidades distales., mostraron que estas variaciones de composición se deben principalmente a la actividad fotosintética del tejido vegetal y en particular por el tenor de clorofila, y no tanto por la edad fisiológica (Gray et al., citados por Morand-Fehr y Tran, 2001).

La mayor parte de los lípidos de las hojas aparecen como componentes de las membranas celulares. Los lípidos predominantes en los tejidos vegetales son los fosfolípidos. Los glucolípidos constituyen hasta el 40-50% y las clorofilas el 20% de los lípidos de las membranas. Otros lípidos se encuentran presentes en los carotenoides, esteroides y glucósidos. Dentro de los ácidos grasos, el ácido alfa linolénico, oleico y

trans hexadecanoico, son los predominantes en los lípidos de las membranas vegetales (Byers y Schelling, 1993).

2.5.3.2. Forrajes conservados

Los forrajes conservados en particular los henos, poseen menor porcentaje (1.5 a 5 %) de extracto etéreo que el mismo forraje verde (Cuadro 11), a causa de la oxidación y la polimerización de los lípidos luego del corte del forraje verde. Por ejemplo, Nada y Delic, citados por Morand-Fehr y Tran (2001), observaron que en curso de un enfardado de 48 horas, los tenores de extracto etéreo y los de ácidos grasos libres bajaron netamente. En términos relativos bajo más el tenor de ácidos grasos (38 %) que el de extracto etéreo (24 %).

Morand-Fehr y Tran (2001), compararon la composición en ácidos grasos de forrajes secos y sus correspondientes forrajes verdes. Estos señalan que en los forrajes secos o conservados el porcentaje de ácidos grasos saturados, ácido oleico y linoleico fue generalmente mayor, en detrimento de la proporción ácido linolénico, así se explica que la relación n6:n3 sea más elevada que en el forraje seco e indica que los ácidos grasos y más los poliinsaturados serían preferentemente catabolizados debido al proceso de enfardado (Morand-Fehr y Tran, 2001).

2.5.3.3. Cereales y oleaginosos

Los alimentos de origen vegetal, tales como los cereales y los granos proteicos poseen un tenor de extracto etéreo generalmente de 1.2 a 2.2 %, a excepción del maíz y los subproductos de la molienda del mismo (4.2 a 4.4 %) y una composición en ácidos grasos caracterizada por un porcentaje de ácido linoleico elevado (50% o más) y un porcentaje de ácidos grasos saturados de 20% o menor, dominando por el ácido palmítico (Cuadro 11). Dicha composición es relativamente más importante si la ración en base a granos no está adicionada con materia grasa (Sauvant y Bas, 2001).

En las plantas que almacenan energía en las semillas en forma de carbohidratos, tales como el maíz, los lípidos presentes serán predominantemente de naturaleza estructural (fosfolípidos y glucolípidos). Sin embargo, en las plantas que almacenan energía en forma de lípidos, tales como la semilla de soja, lo hacen principalmente en forma de triglicéridos con unas pautas típicas en su perfil de ácidos grasos (Byers y Schelling, 1993).

Cuadro 11. Composición en ácidos grasos (AG) de los alimentos más frecuentemente utilizados.

Ácido Graso	% de AG Totales			
	Heno de alfalfa	Gramíneas	Semilla Soja	Grano de Maíz
Mirístico (14:0)	0.9	1.1	-	-
Palmítico (16:0)	33.9	15.9	12.4	14.3
Palmitoleico (16:1)	1.2	2.5	-	0.1
Esteárico (18:0)	3.8	2.0	3.7	1.9
Oleico (18:1)	3.0	3.4	25.4	39.0
Linoleico (18:2)	24.0	13.2	50.6	43.5
Linolénico (18:3)	31.0	61.3	7.9	1.1
AG (% del extracto etéreo)	40	57	90	65

Fuente: adaptado de Palmquist y Jenkins, citados por Byers y Schelling (1993).

2.5.3.4. Lípidos bacterianos

En raciones que no se adicionan materias grasas, el flujo de ácidos grasos al duodeno proviene en su mayoría de las bacterias (63.3%). Dos tercios de estos lípidos son ácidos grasos (Sauvant y Bas, 2001).

Los lípidos bacterianos contienen di y triglicéridos (aproximadamente el 5% de la materia seca); ácidos grasos libres, 2 a 15% (35 al 85% de los ácidos grasos totales), y también contienen cera y esteroides. Las tres cuartas partes de las bacterias que se adhieren a los alimentos son 2 a 3 veces más ricas en ácidos grasos que las bacterias libres (15-20 vs.6-10 % MS). Los protozoos poseen un contenido de ácidos grasos de 2-4 % de la materia seca (Sauvant y Bas, 2001).

Al menos 50 ácidos grasos se presentan en los lípidos bacterianos, dos tercios de éstos están representados por esteárico y palmítico. Los ácidos grasos insaturados representan 10 a 15%, mientras que los monoinsaturados de 18 carbonos representan el 10% de los ácidos grasos totales. Por su parte, los ácidos grasos de cadena impar representan 2-6% y los ramificados 4 a 12% (Sauvant y Bas, 2001).

En el Cuadro 11, se reflejan diferencias en la composición de los ácidos grasos dietarios. En las pasturas se encuentra alto contenido de precursores de la serie n3 (18:3 α -linolénico) y en los granos se encuentra un alto contenido de precursores de la serie n6 (18:2 linoleico) (Marmer et al., citados por Enser et al., 1998). Estas diferencias en la composición de los ácidos grasos son en parte responsables de las características del sabor de las carnes producidas en base a pasto o concentrados (Larick y Tuner, Melton et al., citados por Enser et al., 1998).

2.5.3.5. Lípidos protegidos

Adicionalmente, para la manipulación de la dieta con el objetivo de modificar la composición de los ácidos grasos de la grasa corporal de los rumiantes, se maneja el concepto de alimentación con lípidos protegidos (Maynard et al., 1984).

Diferentes procesos tecnológicos posibilitan la protección de los lípidos contra la hidrogenación en el rumen, dependiendo la eficiencia de dicha protección de la naturaleza del proceso (Doreau et al., 1994).

Uno de los procesos consiste en encapsular pequeñas gotas de lípidos en una fina capa de proteína, a la cual se le realiza un tratamiento con formaldehído (Maynard et al. 1984, Doreau et al. 1994). Los diferentes procesos para realizar dicho tratamiento fueron descritos por Ashes et al., citados por Doreau et al. (1994).

Mediante el tratamiento con formaldehído se evita que las gotas sean atacadas por los microorganismos del rumen, para ser liberadas luego en el abomaso debido a las condiciones de acidez y proteolíticas del mismo (Doreau et al., 1994).

De este modo, los lípidos quedan disponibles para su absorción y digestión en el duodeno. A pesar de las condiciones del duodeno, que proporciona un medio poco adecuado para la hidrólisis de las grasas, la digestión y absorción de los lípidos protegidos es muy eficiente. Inmediatamente después de la alimentación con grasas insaturadas protegidas, se produce una rápida elevación en el grado de instauración de los tejidos séricos, tejido adiposo y grasa de la leche (Maynard et al., 1984). Las semillas de oleaginosas pueden ser tratadas directamente con formaldehído (Doreau et al., 1994).

Otros productos parecen sólo proteger parcialmente contra la hidrólisis e hidrogenación en el rumen (Hogan et al., Knight et al., citados por Doreau et al., 1994). La dificultad de proveer un alto nivel de protección para los lípidos contra la hidrogenación mediante el método anteriormente descrito, es consecuencia de la ruptura física del producto durante la masticación y en ocasiones debido al insuficiente control durante el proceso de manufactura. Otro tipo de encapsulación es mediante el alginato de calcio, el cual no muestra ser eficiente (Ekeren et al., citados por Doreau et al., 1994).

Al ofrecer semillas de oleaginosas en lugar del aceite extraído de dicha semilla se ofrece una protección parcial a los lípidos contra la biohidrogenación (Hagemeister y Kaufman, Ekeren et al., citados por Doreau et al., 1994).

Otras formas de protección de los lípidos incluyen acil amidas “fatty acyl amides”, las cuales son compuestos resistentes a la hidrogenación en el rumen (Fotouhi y Jenkins,

1992). Este tipo de lípido no está disponible comercialmente, siendo necesaria una mayor investigación al respecto (Doreau et al., 1994).

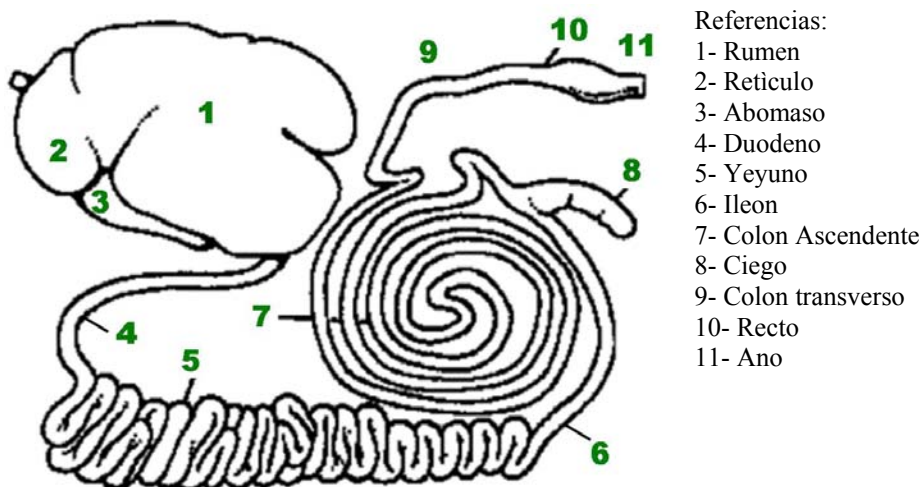
2.5.4. Metabolismo de los ácidos grasos

2.5.4.1. Digestión y absorción de los ácidos grasos

Como consecuencia de la particular anatomía de los rumiantes (Figura 17), en el proceso de fermentación y digestión se pueden diferenciar dos etapas, la primera desde que el alimento es consumido hasta su fermentación ruminal, y la segunda cuando el contenido ruminal pasa a la etapa de digestión propiamente dicha; análoga a la que se registra en los no rumiantes (Ganzábal, 1997a).

Las necesidades del sistema ruminal se corresponden con la de los microorganismos que lo colonizan y las respuestas se manifiestan a través de un cambio de la actividad y en la capacidad de síntesis de proteína microbiana (Astibia et al., citados por Ganzábal, 1997a).

Figura 17. Anatomía del tracto gastrointestinal de los Rumiantes.



Fuente: Canadian Food Inspection Agency (2008)

Metabolismo ruminal

En el rumen, los ácidos grasos aparecen típicamente en forma esterificada y los microorganismos hidrolizan el enlace entre glicerol y ácidos grasos dando origen a una molécula de glicerol y moléculas de ácidos grasos (saturados o insaturados) o galactosa. La magnitud de la hidrólisis depende de la naturaleza del lípido ingerido (Byers y Schelling 1993, Infocarne 2002b, Rebollar y Blas 2004). Según Immig et al., citados por

Sauvant y Bas (2001), el proceso de hidrólisis es considerado un proceso rápido, 90% de los lípidos son hidrolizados en menos de una hora.

La hidrólisis de los lípidos de la dieta en el rumen tiene lugar por la acción de lipasas, galactosidasas y fosfolipasas producidas por las bacterias (principalmente *Anaerovibrio lipolytica*) y protozoos (Harfoot y Hazlewood, citados por Rebollar y Blas, 2004). La actividad tanto de las lipasas vegetales como de la saliva parece ser poco importante en el proceso de hidrólisis en rumiantes.

El glicerol y la galactosa son fermentados rápidamente por los microorganismos del rumen a ácidos grasos volátiles (Infocarne, 2002b), los cuales son absorbidos por las paredes del rumen (Barry, 2001).

Los ácidos grasos deben hallarse en forma libre, hidrolizados, para permitir que prosiga el metabolismo microbiano, por lo cual, los factores que limiten la hidrólisis de estos, limitan a su vez las modificaciones de los lípidos en el rumen (Byers y Schelling, 1993).

La digestión de los ácidos grasos libres, corresponde a un fenómeno de hidrogenación e isomerización mediante la acción de enzimas de los microorganismos presentes en el rumen, por esto, los lípidos del contenido ruminal son diferentes a los de los alimentos (Maynard et al. 1984, Sauvant y Bas 2001).

En primer lugar, en el retículo-rumen mediante la acción de las enzimas isomerasas se convierten los dobles enlaces etilénicos de *cis* en *trans*. Luego las enzimas reductasas hidrogenan los ácidos grasos no saturados (Sauvant y Bas, 2001). Este último proceso, es el resultado de la adición de hidrógeno a los dobles enlaces. Sin embargo, no hay absorción de ácidos grasos desde el rumen. Estos son absorbidos luego en el intestino delgado (Barry, 2001).

Teniendo en cuenta este proceso, los mismos factores que reducen la lipólisis reducen también la biohidrogenación (Gerson et al., Van Nevel y Demeyer, citados por Rebollar y Blas, 2004).

Aunque la mayoría de los ácidos grasos insaturados son modificados mediante el metabolismo ruminal, normalmente la saturación no suele ser completa y pueden aparecer diversos ácidos grasos como resultado de esta hidrogenación incompleta (Byers y Schelling, 1993). Según lo citado por Nürenberg et al. (1998) la biohidrogenación oscila entre 86.6 y 95.3%.

El flujo de ácidos grasos al duodeno se expresa en porcentaje de la materia seca ingerida, y depende de la importancia de la síntesis microbiana ruminal. En general, dos

tercios de los dobles enlaces de los ácidos grasos ingeridos son hidrogenados en el retículo-rumen (Sauvant y Bas, 2001).

La intensidad de saturación disminuye en las raciones ricas en concentrados. La digestibilidad intestinal de los ácidos grasos varía entre 65 y 75%. La naturaleza de la materia grasa aportada suele influenciar ligeramente en esta digestibilidad (Sauvant y Bas, 2001).

El contenido del abomaso permanece generalmente a un pH de 3,5, y el ácido clorhídrico (HCl) liberado elimina a las bacterias que ingresan a éste junto con el alimento (Garrido, 2004).

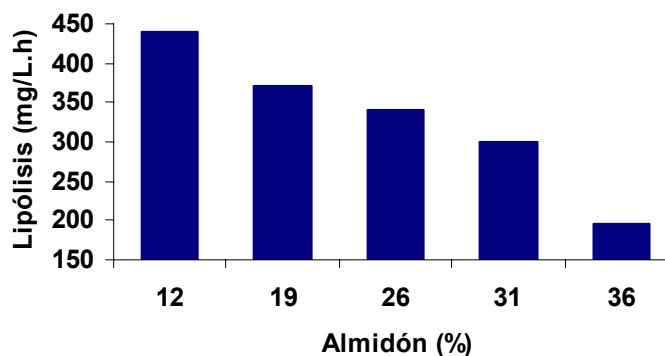
A pesar de la hidrogenación en el rumen, algunos ácidos grasos insaturados sobrepasan el rumen intactos para ser absorbidos y depositados en las grasas del cuerpo (Wood y Enser, citados por Enser et al., 1998).

Factores que afectan la hidrólisis e hidrogenación ruminal

La hidrólisis e hidrogenación ruminal suelen suceder rápidamente, afectando a la mayor parte de la grasa ingerida. Sin embargo, en algunas circunstancias ligadas al tipo de dieta y al tipo de animal que la recibe pueden ocurrir de forma incompleta. Además, la grasa de la dieta (especialmente la poliinsaturada) puede interferir en la digestión de la pared celular, en un grado que varía de forma notable según diferentes factores (Rebollar y Blas, 2004).

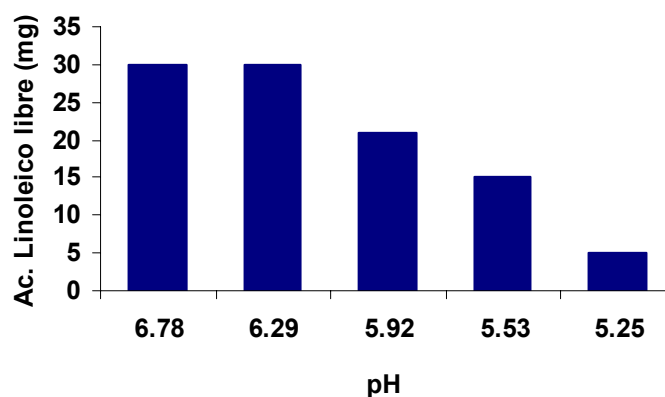
En la mayor parte de los casos, la hidrólisis (lipólisis) ocurre de forma rápida y casi total. Según Immig et al., citados por Sauvant y Bas (2001), el 90% se hidroliza en menos de una hora. Sin embargo en la Figura 18 se observa que un incremento de la concentración de almidón en la dieta reduce, de forma muy significativa, la tasa de lipólisis en el rumen (Gerson et al., citados por Rebollar y Blas, 2004). Dicho resultado podría estar relacionado con un aumento paralelo de la acidez del contenido ruminal. Van Nevel y Demeyer, citados por Rebollar y Blas (2004), observaron que un descenso del pH (desde 6.30 hasta un 5.25) reducía linealmente la liberación de ácido linoleico, a partir de aceite de soja, hasta menos de un tercio (Figura 19). También se ha observado que la adición de antibióticos, especialmente ionóforos, reduce el grado de lipólisis *in vitro* (Van Nevel, Demeyer, citados por Rebollar y Blas, 2004).

Figura 18. Efecto del nivel de almidón de la dieta sobre el grado de lipólisis a nivel del rumen.



Fuente: adaptado de Gerson et al., citados por Rebollar y Blas (2004).

Figura 19. Influencia del pH sobre la liberación *in vitro* de ácido linoleico, medido en 80 mg de aceite de soja durante 6 h.



Fuente: adaptado de Van Nevel y Demeyer, citados por Rebollar y Blas (2004).

Otro factor que influye en la velocidad y grado de lipólisis es la fuente de grasa, ya que tiende a ser mayor cuando las grasas son suministradas puras que cuando se encuentran protegidas, por ejemplo formando jabones cálcicos, o integradas en una estructura celular (Doreau y Ferlay, 1994).

Doreau y Ferlay (1994) realizaron una revisión sobre los resultados de 57 trabajos experimentales, de los cuales deducen que el grado de hidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico es casi total en dietas con menos de un 70% de concentrado (Cuadro 12), situación habitual en el caso de rumiantes extensivos. En cambio, la alimentación intensiva de rumiantes en engorde bajo dietas con alta concentración de

energía y/o la utilización de ionóforos da lugar a un menor grado de hidrogenación, de forma que en estos casos aumenta el grado de insaturación de los lípidos que alcanzan el duodeno.

Cuadro 12. Efecto del nivel de concentrado en la dieta sobre la hidrogenación (%) de los ácidos linoleico y linolénico.

	Proporción de concentrado en la dieta (%)	
	< 70%	>70%
Ácido linoleico	60-95	35-60
Ácido linolénico	80-100	50-80

Fuente: adaptado de Doreau y Ferlay (1994).

La hidrogenación del ácido linoleico no llega generalmente a completarse, de forma que cantidades significativas de ácidos grasos conjugados y trans-monoinsaturados que alcanzan el duodeno, son absorbidos y se retienen en la leche o en el tejido adiposo. Dado que estos ácidos grasos se forman específicamente como resultado de la hidrogenación ruminal, su contenido en las producciones animales es característico de rumiantes (Rebollar y Blas, 2004).

De una revisión efectuada por Demeyer y Doreau (1999), se deduce que la proporción de ácido trans-vaccénico (C18:1) en el contenido duodenal es particularmente elevada en dietas suplementadas con aceite de soja o de girasol, y que contienen, por tanto, una alta proporción de ácido linoleico (Rebollar y Blas, 2004).

Síntesis de lípidos a nivel del rumen

Los microorganismos del rumen sintetizan una amplia gama de ácidos grasos de cadena impar y de cadena ramificada, muchos con configuración *trans*. Los protozoos al igual que las bacterias realizan la síntesis *de novo* de ácidos grasos de cadena larga (Byers y Schelling, 1993).

Esta síntesis endógena de ácidos grasos se realiza a partir de precursores cortos, acetato (C2), propionato (C3) y valérico (C5), y también sintetizan lípidos a partir de las cadenas carbonadas subproducto de la degradación de aminoácidos (valina, leucina e isoleucina). Estos son precursores de ácidos grasos particulares, como lo son los ácidos grasos de cadenas impares, a partir del propionato y los ácidos grasos de cadena carbonada ramificada, a partir de los aminoácidos ramificados (Sauvant y Bas, 2001).

Algunos ácidos grasos son utilizados por las bacterias para sintetizar los fosfolípidos necesarios para construir las membranas de células (Infocarne, 2002b).

Los microorganismos modifican también la longitud de la cadena de los ácidos grasos tanto mediante α -oxidación como β -oxidación. La síntesis microbiana es generalmente moderada, aunque es mayor cuando la dieta contiene pocos lípidos, y puede aumentar con el consumo de concentrados (Byers y Schelling, 1993).

Los rumiantes son los únicos animales que no pueden convertir glucosa en grasa, ya que carecen de dos enzimas (la ATP citrato liasa y la NADP-malato dehidrogenasa) necesarias para dicha reacción metabólica (Maynard et al., 1984).

Los microorganismos, en especial las bacterias que atacan las partículas de alimento, son más ricas en ácidos grasos que las raciones ofrecidas a los rumiantes. La composición en ácidos grasos de estos microorganismos se caracteriza por una gran diversidad de moléculas (más de 50 ácidos grasos) y predominan dos, el palmítico (C16:0) y sobre todo el esteárico (18:0). Esta composición está influenciada por las características de la ración, riqueza en concentrados, composición en ácidos grasos y suplementación con materias grasas (Sauvant y Bas, 2001).

Metabolismo en el intestino delgado

La digestión ruminal implica un cambio en el tipo de ácidos grasos que llegan al duodeno con respecto al perfil de ácidos grasos ingerido con la dieta. Además, los microorganismos del rumen sintetizan cantidades significativas de lípidos utilizando carbohidratos como sustrato. Los lípidos microbianos se caracterizan por una alta proporción de ácidos grasos libres de cadena corta e impar y por fosfolípidos (Demeyer y Doreau, 1999). Como resultado de ello la mezcla de lípidos que llega al duodeno posee más ácidos grasos saturados que la ingerida (Rebollar y Blas, 2004).

Los rumiantes absorben ácidos grasos desde el duodeno con una elevada eficacia, ya que la ausencia de monoglicéridos en el contenido duodenal se ve compensada por la presencia de fosfolípidos biliares y bacterianos (Moore y Christie, citados por Demeyer y Doreau, 1999). La consecuencia es que los ácidos grasos saturados de cadena larga (procedentes parcialmente de la hidrogenación ruminal) son más digestibles que en especies no rumiantes (Noble, citado por Rebollar y Blas, 2004).

Por otra parte, la digestibilidad media de los ácidos grasos mono y di-insaturados es similar entre especies (alrededor de un 84%), sin que parezca afectar negativamente la presencia de altas concentraciones de ácido trans-vaccénico (C18:1) en el contenido duodenal de rumiantes (Doreau y Ferlay, 1994).

En los rumiantes la mayoría de los lípidos llegan al duodeno en forma de capas delgadas de ácidos grasos libres en la superficie de las partículas de alimento (Maynard et al., 1984).

Los ácidos grasos de cadena larga no abandonan el tracto digestivo antes de llegar al intestino delgado y como consecuencia, con la contribución de la síntesis microbiana en el rumen, las cantidades de estos lípidos que llegan al duodeno suelen superar a la cantidad ingerida. Por consiguiente, el intestino delgado es responsable, de la absorción de todos los lípidos de cadena larga (Byers y Schelling, 1993).

Cuando el alimento llega al intestino delgado desde el estómago glandular (abomaso), deben ocurrir dos procesos, primero el ácido debe ser neutralizado eficiente y rápidamente para prevenir el daño a la mucosa duodenal y segundo, los alimentos nutritivos macromoleculares (las proteínas, las grasas y el almidón) se deben descomponer antes de que sus constituyentes se puedan absorber por la mucosa hacia la sangre (Garrido, 2004).

El páncreas es un órgano endocrino y las hormonas principales que secreta son insulina y glucagón, las cuales juegan un papel esencial en el metabolismo de carbohidratos y lípidos. El jugo pancreático se compone de dos productos críticos para la correcta digestión: enzimas digestivas y bicarbonato (Garrido, 2004).

El pH de la ingesta que fluye desde el abomaso es muy bajo y se mantiene algo bajo en su recorrido hasta la mitad proximal del intestino delgado o porción inferior del yeyuno, debido a la limitada actividad tampón de las secreciones pancreáticas que presentan niveles bajos de bicarbonato (Byers y Schelling, 1993). Dicha ingesta alcanza un pH alcalino recién en la última cuarta parte del yeyuno (Maynard et al., 1984).

A su vez, en los rumiantes, el jugo pancreático posee actividad lipolítica (hidrólisis de triglicéridos), pero las condiciones de acidez indican que la lipasa pancreática es menos activa en el duodeno y parte superior del yeyuno (Maynard et al., 1984), y según Byers y Schelling (1993), reduce la solubilidad de los ácidos grasos y de los ácidos biliares.

Otra secreción glandular, la bilis, es producida por el hígado y almacenada en su vesícula. La bilis contiene los ácidos biliares, que se requieren para la digestión y la absorción de grasas y vitaminas liposolubles en el intestino delgado (Infocarne 2002a, Garrido 2004).

Para que tenga lugar la digestión de los ácidos grasos, estos deben ser transferidos desde la fase particulada insoluble y emulsionados en una fase micelar. Esta transferencia no se realiza si no está presente la bilis, incluso aunque exista el jugo pancreático. Para que la digestión siga su curso normal son precisos tanto el jugo pancreático como la bilis, formando partículas miscibles en agua que puedan entrar a las células intestinales (Byers y Schelling 1993, Infocarne 2002b).

Los fosfolípidos microbianos son digeridos en el intestino delgado y allí contribuyen a los ácidos grasos procesados y absorbidos a través de la pared del intestino (Infocarne, 2002b).

Los ácidos biliares son anfóteros, o sea que contienen una región hidrófoba (liposoluble) y una región hidrófila (polar). La porción del colesterol ácida es hidrófoba y el aminoácido conjugado es polar e hidrofílico. La naturaleza anfótera de los ácidos biliares los habilita a llevar a cabo dos funciones importantes: *emulsificación de lípidos agregados*, así aumenta la superficie de la grasa haciéndola disponible para la digestión por lipasas y *solubilización y transporte de lípidos*. En un ambiente acuoso, los ácidos biliares son portadores de lípidos y son capaces de solubilizar muchos lípidos formando micelas (agregados de lípidos tales como ácidos grasos, colesterol y monoglicéridos), las cuales permanecen suspendidas en el agua. Los ácidos biliares son también importantes para el transporte y la absorción de las vitaminas liposolubles (Garrido, 2004).

La entrada de los lípidos dietéticos en el intestino delgado va acompañada por la entrada de una cantidad de lípidos adicionales, que representan quizás la mitad de los anteriores, principalmente de origen biliar (Byers y Schelling, 1993).

La hidrólisis de los fosfolípidos tiene lugar principalmente en la porción media del yeyuno (Byers y Schelling, 1993).

En la parte inicial del tracto existe una activa formación de micelas de ácidos grasos, en la cual participan sales biliares y fosfolípidos de la bilis e ingesta, en su mayoría lecitina (Maynard et al., 1984).

Los lípidos, tanto de origen exógeno como endógeno, deben ser transferidos a la fracción micelar antes de que pueda iniciarse su absorción, una actividad que es realizada principalmente por los componentes de la bilis.

Según Maynard et al. (1984), Byers y Schelling (1993), entre el 15-26% y el 20%, respectivamente, de los ácidos grasos que son absorbidos en el intestino delgado se realizan en la parte superior del yeyuno ($\text{pH} \leq 4.0$). Según Byers y Schelling (1993) otro 60% se absorbe en el resto del yeyuno, donde la fosfolipasa pancreática tiene la oportunidad de hidrolizar la lecitina resultando en un ácido graso y la isolecitina, que es altamente polar y favorece la formación de la micela (Maynard et al., 1984), alcanzándose una absorción casi completa antes del ileon (Byers y Schelling, 1993).

Absorción de ácidos grasos en el intestino delgado

Los lípidos absorbidos se difunden en las células de las vellosidades y la reesterificación tiene lugar en las membranas del retículo endoplasmático liso. La

biosíntesis de lipoproteínas se produce en el retículo endoplasmático rugoso, y la síntesis final de quilomicrones tiene lugar en el aparato de Golgi. Posteriormente los quilomicrones son liberados hacia el espacio intercelular mediante exocitosis (Byers y Schelling, 1993).

En resumen, los ácidos grasos son absorbidos hacia el interior de las células intestinales, re-esterificados, y reunidos formando mono-, di- y triglicéridos, fosfolípidos, colesterol y apoproteínas, saliendo a través de las células hacia el sistema linfático. Los ácidos grasos con menos de 14 carbonos penetran directamente en la sangre y son desviados hacia el hígado que los oxida rápidamente (Byers y Schelling, 1993). Para formar triglicéridos utilizan glicerol proveniente de la glucosa de la sangre (Infocarne, 2002b).

La tasa de absorción de los ácidos grasos es menor para los ácidos saturados de cadenas largas que para los ácidos insaturados o de cadenas cortas (C18:0 < C16:0 < C18:1). Sin embargo, el ácido esteárico (C18:0), aparentemente es utilizado mejor por los rumiantes (Maynard et al., 1984).

En contraste a la mayoría de los nutrientes absorbidos en el tracto gastrointestinal, los lípidos absorbidos no van al hígado, sino que entran directamente a la circulación general. Así los lípidos absorbidos pueden ser utilizados por todos los tejidos del cuerpo sin ser almacenados por el hígado (Infocarne, 2002b).

2.5.4.2. Transporte y almacenamiento de ácidos grasos en el organismo

Los triglicéridos, algunos ácidos grasos libres, el colesterol y otras sustancias relacionadas con lípidos son cubiertos con proteínas para formar lipoproteínas ricas en triglicéridos (Infocarne, 2002b).

Las fracciones absorbidas de lípidos son ensambladas en partículas, las dos principales son quilomicrones de 75-1000 nm de diámetro y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) de 25-75 nm de diámetro, para ser transportadas (Byers y Schelling, 1993).

En rumiantes, los ácidos grasos se incorporan predominantemente a las VLDL en lugar de a los quilomicrones. La absorción de lípidos en los rumiantes es un proceso más o menos continuo que actúa con una velocidad reducida (Byers y Schelling, 1993).

Los ácidos grasos saturados favorecen la síntesis de VLDL, mientras que los ácidos grasos insaturados favorecen la síntesis de quilomicrones (Byers y Schelling, 1993).

Los lípidos son transportados por la linfa bajo la forma de VLDL y quilomicrones, aunque también pueden aparecer como lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Byers y Schelling, 1993).

Después su entrada en el plasma, los quilomicrones y VLDL adquieren apoproteínas que inhiben su metabolismo a nivel del hígado y permiten la orientación de estos compuestos hacia otros tejidos. La lipoproteína-lipasa en los tejidos, los ácidos grasos y los glicéridos son captados por las células para obtener energía o para sintetizar triglicéridos. Los quilomicrones y la VLDL restantes pasan a formas de LDL y HDL para ser captados y metabolizados por el hígado (Byers y Schelling, 1993).

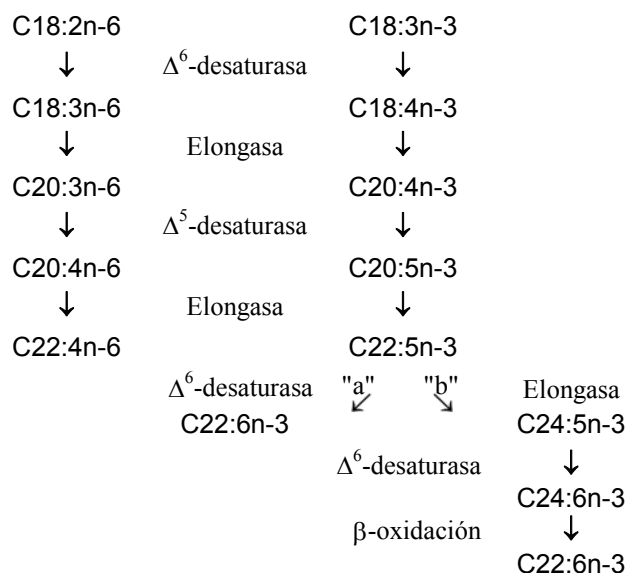
Los lípidos, en forma de quilomicrones y VLDL, son transportados por los capilares hacia el tejido adiposo. Mediante la acción de la lipoproteína-lipasa, los triglicéridos son hidrolizados en las paredes de los capilares a diglicéridos y ácidos grasos libres que permanecen en la sangre, mientras que el diglicérido es transportado a través de la pared del capilar para ser completamente hidrolizado. El glicerol liberado se incorpora nuevamente a la corriente sanguínea, y los ácidos grasos libres se utilizan para resintetizar triglicéridos dentro de la célula del tejido adiposo con el glicerol sintetizado *de novo*, a partir de derivados del ciclo glicolítico. Los ácidos grasos libres, glicerol y ésteres del colesterol que son liberados al desintegrarse los quilomicrones y los lípidos de muy baja densidad, son transportados al hígado para su metabolismo. La insulina aumenta la actividad de la lipoproteína-lipasa, lo que concuerda con su función de fomentar el almacenamiento de energía (Maynard et al., 1984).

2.5.4.3. Deposición en tejidos

La mayoría de los animales consumen más alimento del requerido para satisfacer sus necesidades calóricas, por lo general, éstos son carbohidratos que preferentemente se canalizan hacia la síntesis de glucógeno hepático y muscular. Cuando la capacidad de almacenamiento de estos tejidos está saturada, se sintetiza grasa (Maynard et al., 1984).

Según Raes et al. (2004), la proporción de PUFA en los tejidos esta estrictamente controlada por complejo sistema enzimático, desaturasas y elongasas, responsable de la conversión del ácido linoleico y el ácido linolénico en sus metabolitos de cadena larga (Figura 20).

Figura 20. Conversión de ácido linoleico (C18:2n6) y de ácido linolénico (C18:3n3) en sus ácidos grasos derivados de cadena larga.



Nota: "a" camino convencional (Brenner, 1899); "b" camino propuesto por Sprecher et al. (1995).
Fuente: Raes et al. (2004).

2.5.5. Tipos de ácidos grasos y sitio de deposición en el animal

El tejido adiposo contiene 70-90% de grasa, 5-20% de agua y 5% de tejido conectivo (Nürenberg et al., 1998).

La grasa del tejido adiposo, generalmente, es en su mayoría (más del 99%) grasa verdadera (acilglicéridos o ésteres del glicerol con ácidos grasos). La grasa del músculo tiene un contenido considerable de fosfolípidos y de constituyentes insaponificables, como el colesterol (Lea, citado por Lawrie, 1998).

Para lo cual se definen cinco depósitos grasos en las canales: grasa subcutánea, depositada inmediatamente debajo de la piel, sobre la superficie del músculo; grasa intermuscular, depositada entre los músculos; grasa intramuscular, marmoreado, depositada entre las fibras musculares dentro del mismo músculo; grasa renal, acumulación de grasa asociada a los riñones; y grasa pélvica, grasa interna asociada a la cavidad pelviana (Arbiza y Lucas 1996, Brito y Jiménez de Aréchaga 2004).

El balance de energía y la deposición de tejido adiposo resulta del mantenimiento de un fino balance entre el consumo y la excreción de energía, la energía almacenada y la energía metabolizada; procesos que, a su vez, están relacionados con otros (Nürenberg

et al., 1998). A su vez, los mismos autores sugieren que el patrón de deposición de tejido adiposo es diferente para las diferentes especies de mamíferos

Tradicionalmente se sostiene que la deposición de grasa sigue tres fases sistemáticas: a) en la primer fase, la grasa es depositada alrededor de las vísceras y riñones y dentro de tejidos mesentéricos; b) en la segunda fase, es depositada la grasa subcutánea e intermuscular y c) en la tercera fase, es depositada la grasa intramuscular (marmoreado) (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004).

Por otra parte, Brito y Jiménez de Aréchaga (2004) plantean que la grasa intermuscular es la que se deposita primero (crecimiento rápido, muy temprano en la vida postnatal), seguida por la grasa subcutánea y finalmente por la grasa intramuscular, que a su vez es el último componente de la canal en desarrollarse.

Velasco et al. (2001), observaron diferencias en la cantidad de grasa depositada en las distintas regiones del animal; por ejemplo, hallaron que tanto la cantidad de grasa intramuscular como la subcutánea es mayor en el bife que en la pierna.

Sólo tres o cuatro ácidos grasos están presentes en cantidades sustanciales en la grasa de los animales cárnicos: oleico, palmítico y esteárico (Lawrie, 1998).

Es posible que los altos niveles de grasa intramuscular también resulten en un incremento en la concentración de α -linolénico relativo al ácido linoleico (Enser et al., 1996).

Los ácidos grasos saturados (SFA) y los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) se encuentran principalmente en la fracción neutral de los lípidos, y sus cantidades pueden variar con el contenido total de grasa del músculo (Enser et al., 1996).

En estudios de Bas y Morand-Fehr (2000), evaluando los diferentes músculos observaron que el músculo semimembranoso se caracteriza por poseer altos porcentajes de ácidos grasos insaturados ($C_{16:1}$, $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ y $C_{18:3}$) y bajos porcentajes de $C_{18:0}$ comparado con el *Longissimus lumborum* (Cuadro 13). Por otro lado, Enser et al. (1998), encontraron que el músculo *Longissimus lumborum* tiende a tener menores concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que los demás músculos, asociados al estatus metabólico de éste como un músculo de invierno, ya que esta más expuesto con respecto a los demás.

Cuadro 13. Cambios en la composición de ácidos grasos según músculo del cual se tomaron las muestras.

Ácido Graso	<i>Longissimus lumborum</i> (Bife)	<i>Semimembranosus</i> (Pierna)
C14:0	3.0	3.2
C16:0	22.7	22.3
C18:0	15.7	13.7
C16:1	3.8	4.1
C17:0	1.5	1.4
C18:1	41.4	43.8
C18:2	7.3	10.3
C18:3	1.0	1.9

Fuente: Bas y Morand-Fehr (2000), revisión a partir de 979 observaciones.

Enser et al. (1998), no encontraron efecto del sexo entre machos y hembras sobre la composición de ácidos grasos. Mientras que sí encontraron diferencias entre distintos músculos (*longissimus lumborum*, *triceps brachii* y *gluteobiceps*), las mayores diferencias encontradas fueron para el ácido linolénico (18:3 n3) y araquidónico (20:4 n3), siendo el músculo *longissimus lumborum* el que menor contenido de ambos PUFA presentó; por otra parte dentro de los SFA, en el músculo *longissimus lumborum* el ácido mirístico (14:0) mostró mayor proporción que en los demás músculos y el ácido palmítico (16:0) fue mayor en el músculo *gluteobiceps* que en el *longissimus lumborum* y en este mayor que en el *triceps brachii*.

Velasco et al. (2001) mostraron que la localización del depósito de grasa afecta la composición de ácidos grasos; la grasa subcutánea de la pierna contiene menor porcentaje de ácido palmítico (C16:0) que la del bife. Por otro lado, la localización del depósito no mostró efecto sobre las relaciones PUFA/SFA y n6/n3. En contraste encontraron en la grasa intramuscular de la pierna (músculo *quadriceps femoris*) presentando un alto contenido de ácido oleico (C18:1) y MUFA, mientras que los valores de PUFA y la relación PUFA/SFA fueron menores debido a los bajos contenidos de ácido linolénico (C18:3), en la grasa intramuscular del bife (músculo *Longissimus lumborum*).

La localización del músculo afecta la composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular; el bife mostró una menor proporción de oleico (C18:1) y linoleico (C18:2), así como un bajo valor de MUFA y una baja relación MUFA/SFA con respecto a los valores hallados para la pierna (Velasco et al., 2001).

Velasco et al. (2001), hallaron en corderos al pie de las madres, que el músculo *Longissimus thoracis* presentó una mayor proporción de PUFA, principalmente de ácidos linolénico (C18:3) y docosadienoico (C20:2), así como la relación PUFA/SFA

con respecto al músculo *quadriceps femoris*, mientras que las proporciones de ácido oleico y linoleico fueron menores en el músculo *Longissimus thoracis*.

En la grasa subcutánea las diferencias más significativas se encontraron para el ácido palmítico (C16:0), donde se encontraron mayores valores para el bife que para la pierna (Velasco et al., 2001).

Bas y Morand-Fehr (2000) hallaron que se daban puntos de fusión menores cuando más expuestos a la temperatura ambiental están los tejido grasos (Cramer y Marchelo, L'Estrange, Mulvihill, citados por Bas y Morand-Fehr, 2000). Por ejemplo, la grasa subcutánea mostró un menor grado de saturación en el bife que en el área de la cola, en donde está menos expuesta, y en el área de la cola menor que en la grasa de la región inguinal.

El ácido linolénico (18:3 n3) se encuentra principalmente en triglicéridos, los cuales, en rumiantes, estan compuestos por relativamente bajas cantidades de PUFA de cadena larga. El ácido linoleico (18:2 n6) se encuentra principalmente en fosfolípidos (Wachira et al., 2002).

La modificación de los ácidos grasos de cadena larga de la serie n3 en los fosfolípidos estructurales puede estar asociada con la reducción de la grasa intramuscular y con el contenido de triglicéridos almacenados en el músculo (Ponnampalam et al., 2001).

En los tejidos animales el ALC se distribuye en los fosfolípidos, particularmente en la fosfatidiletanolamina, por lo cual, de alguna manera estaría participando en la determinación de las propiedades químicas y biológicas de las membranas celulares (fluidez, permeabilidad, transmisión de señales, etc) (Sanhuesa et al., 2002).

2.5.6. Factores que afectan la concentración y el perfil de ácidos grasos

2.5.6.1. Introducción

La carne contiene aproximadamente 3% de grasa intramuscular. Esta cifra esta expuesta a variaciones, dependiendo de la especie animal, sexo, género, edad, raza, alimentación (cuali y cuantitativa), región anatómica de dónde proviene el corte, etc. La grasa contribuye en la palatabilidad, jugosidad, terneza, de la carne, así como también, en el aporte energético y en el “valor de saciedad” que le imprime a la carne (Castro, 2002). A su vez el tejido adiposo esta compuesto en un 70-90% de su peso por grasa, 5-20% por agua y aproximadamente 5% por el tejido conectivo (Nürnberg et al., 1998).

La proporción relativa de nutrientes y la composición en ácidos grasos del tejido adiposo y muscular puede estar afectada por diferentes factores como: dieta, especies

forrajeras consumidas, grado de engrasamiento, edad y su relación con el peso corporal, sexo, raza, condiciones ambientales durante el experimento (principalmente temperatura), sitio de deposición de la grasa, condiciones de mantenimiento y uso de hormonas (Enser, Bouchard et al., Flint y Vernon, Rule et al., citados por Nürnberg et al., 1998).

La alteración de los lípidos que forman parte de los tejidos animales ha sido sujeto de numerosas investigaciones, principalmente debido al efecto que tiene la grasa consumida por los humanos sobre el nivel de lípidos en sangre y su efecto sobre la salud cardiovascular (Hartog et al., Madsen et al., citados por Nürnberg et al., 1998).

En los rumiantes, los lípidos dietarios son hidrogenados en el rumen, y a su vez las dietas de los rumiantes poseen bajo contenido lipídico (Wood y Enser 1997, Nürnberg et al. 1998). Pero a pesar del metabolismo ruminal, y la hidrogenación en el rumen, la composición en ácidos grasos de la carne puede ser alterada por la dieta (Nürnberg et al., 1998).

Algunos autores sostienen que la grasa que proviene de rumiantes alimentados con forrajes posee un mayor grado de saturación, principalmente debido a las altas proporciones de ácido esteárico (Rowe et al., Bas y Mornd-Fehr, Rhee et al., citados por Santos-Silva et al., 2002). Doreau y Ferlay, citados por Santos-Silva et al. (2002), sugieren que puede estar relacionado con la inhibición de la biohidrogenación en el rumen, frecuente en animales alimentados con concentrados.

En un estudio con corderos, realizado por Bas y Morand-Fehr (2000), observaron que todos los tejidos estudiados mostraron un patrón similar de respuesta a la dieta en la modificación de su composición en ácidos grasos.

La especie animal es un factor que afecta la composición de ácidos grasos. Enser et al. (1998) hallaron que el contenido total de ácidos grasos en el tejido muscular de corderos sobre pasturas es similar al de carne vacuna producida bajo las mismas condiciones. Pero la composición de ácidos grasos es escasamente diferente, obteniendo una menor relación n6:n3 PUFA en corderos (Enser et al., 1998), resultados similares a los obtenidos por Enser et al., West y Chrystall, Sinclair y O'Dea, citados por Enser et al. (1998). Por otra parte, Knight et al. (2003), hallaron que los contenidos de CLA fueron mayores para corderos que para carne vacuna, aunque existían importantes variaciones entre animales.

2.5.6.2. Dieta

Introducción

Estudios previos sugieren que la composición de ácidos grasos de la carne de rumiantes puede estar influenciada por la dieta, con consecuencias importantes en los atributos de calidad. Por ejemplo, el sabor es notablemente el mayor determinante en la satisfacción al comer (Wood et al., citados por Fisher et al., 2000).

El potencial para modificar la composición de los ácidos grasos en los depósitos lipídicos animales, mediante la manipulación de la alimentación es mayor en monogástricos que en rumiantes. En los animales monogástricos, los ácidos grasos saturados e insaturados de la dieta pasan a través del sistema digestivo sin ser alterados y son depositados en los diferentes tejidos. De este modo, los lípidos de los distintos tejidos reflejan fuertemente los lípidos contenidos en la dieta (Wood y Enser 1997, Nürenberg et al. 1998).

Nürenberg et al. (1998), afirman que en los rumiantes, a pesar de la hidrogenación en el rumen, la composición en ácidos grasos de la carne puede ser modificada por la dieta. Según Aurousseau et al. (2004), el contenido de PUFA en los triglicéridos está decididamente influenciado por el sistema de alimentación.

Bas y Morand-Fehr (2000), afirman que cualquier material contenido en los alimentos puede influenciar la composición de ácidos grasos de los tejidos de los corderos, tanto a través del contenido total como de la composición de ácidos grasos de cada componente de la dieta, en relación con la naturaleza, contenido de fibra y composición química de la misma (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Nürenberg et al., Ender et al., citados por Nürenberg et al. (1998), compararon tres sistemas de alimentación sobre corderos y novillos, un grupo permaneció confinado, otro se mantuvo sobre pasturas y se terminó en confinamiento, el tercer grupo permaneció siempre sobre pasturas. Los autores hallaron que estos factores causaron efectos significativos sobre la performance del crecimiento, calidad de la carne y composición del tejido graso.

Santos-Silva et al. (2002), mediante un análisis de componentes principales llegaron a demostrar que el 90.9% de la variación del perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular, medida en el músculo *Longissimus thoracis*, está explicada por el sistema de alimentación al cual son sujetos los animales.

Efecto de la dieta sobre el metabolismo ruminal

El metabolismo ruminal está marcadamente afectado por la dieta, influenciando eventualmente la composición en ácidos grasos de las canales (Roberts, Duncan, Ørskov y Garton, Ørskov et al., citados por Velasco et al., 2001).

Los procesos de hidrogenación y síntesis de ácidos grasos que pueden ocurrir dentro del rumen, pueden tener influencia en la composición de ácidos grasos disponibles para la absorción (Roberts, 1966). Cabezas et al., citados por Roberts (1966), sugieren que las diferencias en el metabolismo de la microflora del rumen están asociadas al nivel de almidón en la dieta, lo cual a su vez causa un cambio en el grado de saturación de los ácidos grasos.

Los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen pueden ser responsables de los cambios en los niveles de ácido esteárico y oleico en las canales. Esto lleva a suponer que la síntesis endógena de ácidos grasos puede estar afectada por las cantidades de acetato y propionato disponibles para el metabolismo. Por lo tanto, un cambio en la síntesis endógena de ácidos grasos puede estar reflejada en los ácidos grasos depositados en los tejidos de la canal (Roberts, 1966).

Una dieta basada en concentrados genera un incremento en la producción ruminal de ácido propiónico y un descenso de la de ácido acético (Moloney, 1998). La presencia de una gran cantidad de carbohidratos disponibles acortan la estadía del alimento en el rumen (Velasco et al., 2001).

Los lípidos provenientes del maíz son más difíciles de hidrolizar e hidrogenar que los de otros cereales. Esta resistencia de los lípidos del maíz a la hidrogenación puede deberse a la baja degradabilidad ruminal de la proteína y el almidón provenientes del mismo (Nocek y Tamminga, citados por Bas y Morand-Fehr, 2000).

Bajo dietas basadas en maíz, los lípidos sintetizados por los microorganismos son relativamente ricos en ácidos grasos de cadena impar (Ifkovits y Ragheb, Viviani, citados por Bas y Morand-Fehr, 2000).

Sin embargo, los lípidos provenientes de granos de trigo o cebada parecen ser hidrolizados e hidrogenados en el rumen en una mayor proporción que los provenientes de grano de maíz.

A pesar de lo dicho anteriormente, Jenkins, Doreau y Ferlay, Choi et al., citados por Bas y Morand-Fehr (2000), observaron que en rumiantes, todos los PUFA fueron extensivamente biohidrogenados (86.6-95.3%) a ácidos grasos más saturados por los microorganismos del rumen.

Efecto de la dieta sobre la composición de ácidos grasos

Nürnberg et al. (1998), encontraron diferencias en el perfil de ácidos grasos entre animales en confinamiento o a pastoreo (Cuadro 14). El porcentaje de ácidos grasos n3, de acuerdo con la composición del alimento, fue mayor en el músculo de los animales que consumieron pastura, estos aumentan a expensas de una disminución en los ácidos grasos n6; mientras que el contenido total de saturado e insaturados no se vio afectado por el sistema de alimentación.

Cuadro 14. Influencia del régimen de alimentación en la composición de ácidos grasos (% de los ácidos grasos totales) en el músculo *Longissimus lumborum* de corderos.

	Permanente sobre PP	PP y terminado estabulado	Significancia (P)
Peso Vivo (kg)	38.2	43.7	*
C18:2	5.8	8.0	*
C18:3	2.0	1.2	*
C20:4	2.7	2.4	ns
C20:5	1.7	0.7	*
C22:6	1.2	0.9	ns
AG n3	4.9	2.8	*
AG n6	8.5	10.4	*

Nota: PP: pastura; P: significancia estadística $P < 0.05$.

Fuente: Nürnberg et al., citados por Nürnberg et al. (1998).

Bas y Morand-Fehr (2000), hallaron que la diferencia en la composición de ácidos grasos de los tejidos proveniente de diferentes tipos de dietas fue relativamente limitada aunque significativa. Concentraciones extremas de ácidos grasos se dieron en las dietas de sólo pastura y sólo ración. Por otra parte, Santos-Silva et al. (2002) encontraron que para la mayoría de los ácidos grasos los resultados obtenidos sobre pastura fueron similares a los obtenidos sobre pasturas suplementadas con concentrados.

Según los resultados obtenidos por Nürnberg et al. (1998), la calidad de la grasa intramuscular del músculo *Longissimus lumborum* de corderos y novillos alimentados sobre pastura fue mejor para la nutrición humana debido a la alta proporción de ácidos grasos del tipo n3.

Los principales ácidos grasos que aparecen en la grasa intramuscular tanto para alimentaciones en base a pasturas como en base a concentrados son: oleico, palmítico y esteárico (Realini et al., 2004).

Realini et al. (2004), hallaron que animales bajo dietas a base de concentrados presentaron tejidos con mayores contenidos de los ácidos grasos: 14:0, 14:1, 16:0, 16:1 y 18:1; mientras que bajo dietas a base de pastura fueron: 18:0, 18:2, 18:3, 20:4, 20:5,

22:5, también el isómero *cis 9 trans 11* CLA, mientras que el contenido de 22:6 DHA no se alteró. En términos generales, los animales bajo dietas a base de pasturas con respecto a concentrados presentaron similar contenido de ácidos grasos saturados, menor MUFA y mayor PUFA (Realini et al., 2004).

Raes et al. (2004), plantean que una forma de incrementar el contenido de ácidos grasos del tipo n3 en la carne puede ser incluyendo aceite o harina de pescado, semilla de lino o forraje (rico en ácido linolénico) en la dieta de los animales.

Algunos vegetales tienen una proporción sustancial de ácido linolénico. De cualquier modo, por el bajo contenido total de lípidos de dichos vegetales, la cantidad absoluta de ácidos grasos n3 es muy limitada (Raes et al., 2004).

Lorenz et al., citados por Raes et al. (2004) observaron un incremento (4.5 veces) en el total de ácidos grasos n3 en toros terminados sobre pasturas cuando son comparados contra concentrado.

Un incremento en el contenido de ácidos grasos n3 en la grasa intramuscular estuvo acompañado por una disminución en la deposición de ácidos grasos n6. Esta tendencia resultó en una relación n6:n3 más favorable, mientras que la relación P:S se vio menos afectada (Raes et al., 2004).

Los granos normalmente poseen alta cantidad de ácido linoleico resultando en una alta relación n6:n3 (Raes et al., 2004).

Nürnberg et al. (1998), realizaron un estudio con corderos de la raza Hampshire Down, donde un grupo de animales se crió y engordó sobre pastura y el otro se crió sobre pastura y la etapa de engorde se realizó en confinamiento. Por otra parte Sañudo et al. (2000) llevaron a cabo un estudio donde compararon un sistema extensivo contra uno intensivo; los resultados obtenidos por ambos concuerdan con Raes et al. (2004), quienes afirman que la alimentación con pasturas produjeron un enriquecimiento en ácidos grasos del tipo n3 en la grasa intramuscular a expensas de los ácidos grasos del tipo n6 en la carne (Raes et al., 2004).

Dietas ricas en ácido linolénico resultan en un incremento en el nivel de ácido linolénico, EPA y DPA en la carne, en la mayoría de los casos no se observa efecto sobre el nivel de DHA intramuscular (Raes et al., 2004).

El contenido intramuscular de CLA en la carne de corderos y novillos varía entre 0.2 y 1.0 % del total de ácidos grasos. Este porcentaje puede aumentar si se incrementan los contenidos de CLA en la dieta (Raes et al., 2004).

Ponnampalam et al. (2001), demostraron que corderos alimentados con harina de pescado incrementaron significativamente la proporción de ácidos grasos tipo n3 (particularmente EPA (20:5) y DHA (22:6) en la fracción fosfolípidos) y a su vez el peso de canal caliente; mientras redujeron el contenido de ácido linoleico. Si esta se utiliza como suplemento sobre una dieta a base de forraje grueso, también disminuye la concentración de ácidos grasos n6 de cadena larga.

Solomon et al. (1991), compararon la forma de suministro de una dieta en base a colza y soja, en la cual se ofrecían los granos enteros o en forma de harina, hallaron un efecto de este factor en la composición de ácidos grasos; el ácido palmítico y palmitoleico fueron menores y el esteárico mayor cuando los granos fueron suministrados enteros en vez de cómo harinas.

Efecto de la dieta sobre la composición de ácidos grasos saturados

Los niveles de ácidos láurico (C12:0) y mirístico (C14:0) en el músculo no fueron influenciados por la dieta. Sin embargo, el ácido palmítico (C16:0) fue afectado significativamente por ésta (Wachira et al., 2000). Velasco et al., citados por Aurousseau et al. (2004), mostraron que la inclusión de pasturas en la dieta puede reducir el contenido de ácido palmítico en el músculo de ovinos.

En corderos alimentados con dietas a base de pastura, los tejidos fueron ricos en ácido mirístico, esteárico y linoléico (relativamente alto en los tres tejidos 2.7, 2.6 y 1.7%), y pobres en oleico, linoleico y C17:0 (Bas y Morand-Fehr, 2000).

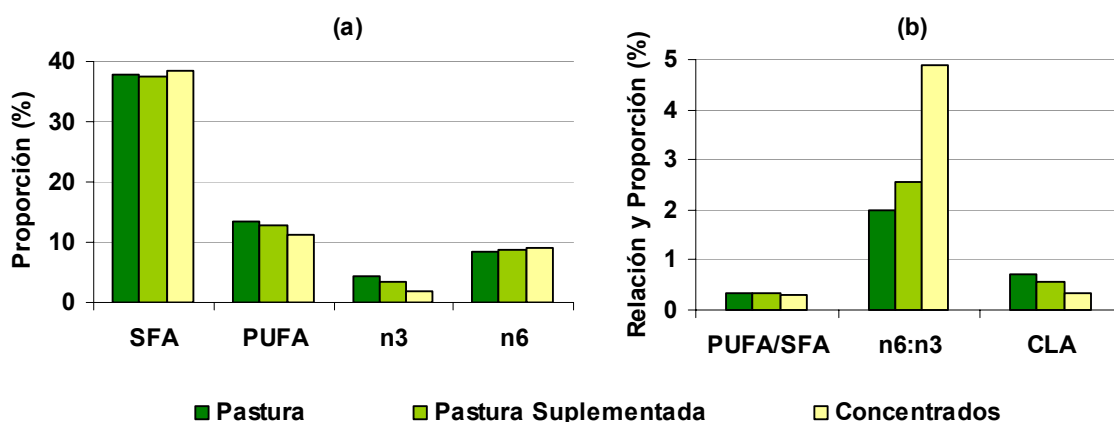
Los corderos alimentados sobre una dieta en base a concentrado presentaron un mayor porcentaje de oleico y un menor porcentaje de ácidos grasos saturados totales (Bas y Morand-Fehr, 2000). Los mismos autores comparando el efecto de la dieta, pastura vs. pastura suplementada con concentrados o concentrado sólo vs. concentrado más fardo, sobre la composición de los tejidos de animales, concluyen que esta fue muy similar entre dietas.

La inclusión de maíz en la dieta resulta en un incremento del contenido de ácido linoleico y de ácidos grasos de dieciocho carbonos en los depósitos grasos, posiblemente debido al alto contenido de ácido linoleico en el maíz. Por otro lado, las dietas en base de pastura incrementan el contenido de esteárico y linoléico en los tejidos de los corderos (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Cuando los corderos son alimentados con trigo, la producción de ácido esteárico en los tejidos de los mismos tiende a ser mayor y la de ácido oleico menor que cuando se utiliza cebada. Esto es debido a los altos niveles de PUFA de dieciocho carbonos y bajos niveles de ácido oleico contenidos en el trigo con respecto a la cebada (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Corderos criados sobre pasturas mostraron proporciones tres veces superiores de ácido linolénico y más del doble de ácidos grasos de la serie n3 que corderos criados bajo dietas a base de concentrados (Figura 21) (Santos-Silva et al., 2002). Por otra parte dichos autores hallaron que el nivel de ácido linolénico (C18:2, precursor de la serie n6) fue mayor en la carne de corderos alimentados con pasturas con respecto a aquellos que recibían concentrados energéticos en la dieta.

Figura 21. Efecto del agregado de concentrado a la dieta base sobre los distintos grupos de ácidos grasos, CLA y relación n3:n6.



Nota: **n3**: 18:3 + 20:5 + 22:5 + 22:6 ; **n6**: 18:2 + 20:4 ; PUFA: 18:2 + CLA + 18:3 + 20:4 + 20:5 + 22:5 + 22:6; Saturados: 14:0 + 15:0 + 16:0 + 17:0 + 18:0. Se tomo como base 100 lo contenido en la pastura.
Fuente: adaptado de Santos-Silva et al. (2002).

Fisher et al. (2000), hallaron que los grupos de animales alimentados con pasturas o campo natural tuvieron mayores concentraciones de ácido linolénico y PUFA de cadena larga, que aquellos alimentados con concentrados.

La alfalfa, rica en ácido linolénico, induce mayores porcentajes de este en los animales que otras fuentes de proteína (harina de pescado, grano de soja o algodón). Cuando la proporción de alfalfa en la dieta aumenta, los porcentajes de palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2) en los tejidos generalmente disminuyen. Pero la disminución porcentual de oleico tiene lugar sólo cuando la tasa de incorporación de alfalfa en la dieta superó el 50% (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Por su parte, Enser et al. (1996), obtubieron concentraciones de ácido linoleico y de α -linolénico mayores en el músculo de animales engordados sobre pasturas estivales con respecto a los animales engordados con concentrado a fines del invierno.

Wachira et al. (2002), encontraron diferencias significativas entre dietas para la proporción de ácidos grasos n3 de cadena larga, 20:5 n3, 22:5 n3 (EPA) y 22:6 n3 (DHA), pero no entre razas.

Los ácidos grasos de cadena larga, C20 y C22, estuvieron presentes en niveles muy bajos en el tejido adiposo subcutáneo de los corderos bajo cualquier tipo de dieta. Esto puede atribuirse a la baja proporción de fosfolípidos en el tejido adiposo así como a la baja incorporación de estos en la fracción triacilgliceroles en los animales rumiantes (Storry et al., Ashes et al., citados por Enser et al., 1996).

En el músculo de corderos que se alimentan con pasto puede disminuir los n6 PUFA y aumentar en n3 PUFA con respecto a los corderos que se alimentan de concentrado (Enser et al. 1998, Mitchel et al. 1991). Estos autores hallaron que el tejido adiposo de animales que recibieron dietas en base a pastura tuvieron mayores concentraciones de PUFA de la serie n3 en los diferentes tejidos del cuerpo, mientras que dietas basadas en concentrados tuvieron una mayor proporción de PUFA de la serie n6. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores (Arousseau y Vogneron, Nüremberg et al., citados por Nürnberg y Ender 2001, Rowe et al., citados por Arousseau et al. 2004, Kemp et al., Larick et al., citados por Fisher et al. 2000). Mitchel et al. (1991), Enser et al. (1998), afirman que estas diferencias son consecuencia de la composición en ácidos grasos de la dieta.

Nürnberg et al. (1998), reportaron que en animales engordados sobre pastura el incremento en el contenido de ácidos grasos n3 del músculo, puede ser de hasta 175% y 210% en corderos y novillos respectivamente, comparando con animales terminados en confinamiento bajo dietas a base de concentrados.

Wachira et al. (2002), hallaron efectos de la dieta para ácido linoleico y araquidónico. Los particulares altos porcentajes de ácido linolénico en el tejido adiposo y músculos con una dieta a base de pasturas (2-3% grasa en base seca), pueden deberse a los altos contenidos de ácido linolénico en el pasto (>50% del total de los ácidos grasos). Otro factor que puede explicar estos altos porcentajes es la existencia de una considerable protección contra la hidrogenación, por parte de los galactogliceroles intracelulares (Ben Salem et al., citados por Bas y Morand-Fehr, 2000). De manera similar el ácido linolénico encontrado en corderos recibiendo dietas a base de grano de soja o alfalfa, aunque menores que en las dietas a base de pasturas, puede estar relacionado con el alto contenido de ácido linolénico en dichos alimentos, 7-10% y 30-35%, respectivamente (Bas y Morand-Fehr, 2000).

En un ensayo conducido por Wachira et al. (2000), los niveles de ácido linoleico en el músculo, reflejaron las diferencias en la concentración dietaria y el flujo al duodeno. Los mismos autores encontraron diferencias en el contenido de ácido linolénico entre dietas y entre razas.

Efecto de la dieta sobre las características que influyen sobre el valor nutritivo de la carne

Contenido total de grasa

Wachira et al. (2002), evaluando el efecto de la dieta y la raza, encontraron que la concentración total de ácidos grasos se ubicó en un rango entre 3.66 a 2.62 %, sin efecto significativo de ambos factores. Sin embargo, encontraron diferencias en la composición de ácidos grasos.

Por otro lado, Realini et al. (2004), comparando novillos alimentados con concentrado respecto a los alimentados con pasturas, concluyen que el contenido de ácidos grasos fue el doble en el primer grupo.

Corderos Suffolk alimentados con concentrado tuvieron mayor porcentaje de grasa subcutánea que aquellos alimentados sobre pasturas (los cuales eran más magros), mientras que la proporción de grasa intramuscular no fue diferente (Fisher et al., 2000).

Relación ácidos grasos poliinsaturados: ácidos grasos saturados (P:S)

La fuente dietaria de ácidos grasos de tipo n3 (comparando alimentos a base de pescado contra aceites vegetales y semillas) no tuvo efecto en la relación P:S (Raes et al., 2004).

Ponnampalam et al. (2001), no hallaron efecto de la adición de harina o aceite de pescado en la dieta sobre la relación PUFA:SFA, aunque sí se observó una tendencia a aumentar.

De Smet et al., citados por Raes et al. (2004), destacan que la relación PUFA:SFA está principalmente influenciada por la genética, en particular por el nivel total de grasa del animal (engrasamiento) y mucho menos por la nutrición, debido a la hidrogenación de ácidos grasos en el rumen.

Relación n6/n3

En el músculo de corderos que se alimentan con pasturas puede disminuir la proporción de n6 PUFA y aumentar la de n3 PUFA con respecto a los corderos que se alimentan con concentrados (Aurousseau y Vogneron, Nüremberg, Grumbach, Zupp, Hartung, Nüremberg y Ender, Rowe et al., citados por Aurousseau et al., 2004).

Por otro lado, Mitchel et al. (1991), Enser et al. (1998), reportaron que el tejido adiposo de animales que recibieron dietas en base a pastura tuvieron mayores concentraciones de PUFA de la serie n3 en los diferentes tejidos del cuerpo, mientras

que dietas basadas en concentrados tuvieron una mayor proporción de PUFA de la serie n6. Estas diferencias son consecuencia de la composición en ácidos grasos de la dieta.

Nürnberg et al. (1998), también destacan que en animales engordados sobre pastura el incremento en el contenido de ácidos grasos n3 del músculo, puede ser de hasta 175% en corderos y hasta 210% en novillos, comparando con animales terminados estabulados con dietas a base de concentrados.

La relación n6:n3 PUFA es muy elevada en los lípidos intramusculares de los rumiantes, y no es adecuada para alcanzar el equilibrio requerido para los humanos, por lo cual puede ser responsable del incremento de colesterol sanguíneo en los consumidores (Gibney, citado por Aourousseau et al., 2004).

Incluyendo fuentes de ácidos grasos n3 en la dieta del animal, incrementa el contenido de este, a medida que disminuye el de n6, generándose bajas relaciones n6:n3 (Raes et al., 2004). Esto se puede lograr a través de la suplementación con alimentos que contengan elevadas proporciones de PUFA. Ponnampalam et al. (2001), encontraron que el contenido de PUFA de la serie n3 en el músculo *Longissimus lumborum*, aumento debido a la suplementación con aceite de pescado pero no con la harina de pescado, con respecto a una dieta a base de fardo de avena y de alfalfa.

La proporción de PUFA de la serie n3 en la grasa intramuscular de animales alimentados sobre pasturas fue elevada, y duplicó el encontrado en los tejidos de animales alimentados a base de fardo o concentrado. Estos altos porcentajes de n3 tuvieron repercusión positivas en la relación n6:n3 PUFA en la grasa intramuscular (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Raes et al. (2004), citan varios autores que afirman que en rumiantes que permanecen durante el engorde sobre pasturas, la relación n6:n3 puede decrecer a valores menores o iguales a 2, mientras que rumiantes terminados sobre concentrados poseen relaciones entorno a 6-10.

El incremento de ácidos grasos de la serie n3 en la carne, mediante la alimentación con pastura o aceite de pescado, mejora su valor nutritivo, pero hay que tener cuidado ya que estos ácidos grasos pueden presentar el potencial para un incremento en la ranciedad de la grasa (Nürnberg et al., 1998).

Contenido de CLA (Isómero *cis* 9, *trans* 11 C18:2)

Los estudios sobre los lípidos intramusculares de los rumiantes han sido enfocados en los isómeros del CLA, el cual puede ser beneficioso para la salud humana, debido a su capacidad de prevenir varias patologías tales como cáncer, enfermedades

cardiovasculares y diabetes (Houseknecht et al., Ip et al., Lee, Kritchevski y Pariza, citados por Realini et al., 2004).

La carne de cordero es uno de los comestibles más relevantes con respecto a su contenido de CLA (Banni et al., Chin, Liu, Storkson, Hay Parizza, citados por Aurousseau et al., 2004). El mismo autor cita a Banni et al. (1996), Nüremberg et al. (2001) los cuales sugieren que un amplio rango de contenidos de este AG se han reportado para leche y carne de ovinos en la literatura.

Según Santos-Silva et al. (2002), las proporciones de CLA presente en la grasa intramuscular depende del sistema de alimentación. Dichos autores sostienen que esta relación es mayor en corderos criados sobre pastura, y particularmente cuando estos nunca son suplementados con concentrados. También son mayores las proporciones de uno de los precursores del CLA, el ácido trans vaccénico (C18:1 *trans*). Estos resultados pueden promover el interés de criar rumiantes sobre pasturas (Santos-Silva et al., 2002).

Aurousseau et al. (2004), hallaron que la proporción de CLA sobre el total de ácidos grasos, fue afectada por los factores dieta y tasa de crecimiento (y su interacción). Los animales alimentados con pasturas duplicaron la proporción de este en la carne con respecto a la de los animales alimentados con concentrado.

En los fosfolípidos la proporción de CLA fue menor que en los triglicéridos. Isómeros *trans* del ácido oleico fueron 1.8 veces superiores en triglicéridos en corderos a pastoreo que en los estabulados (Aurousseau et al., 2004).

Knight et al. (2003) encontraron una amplia variación del contenido de CLA entre animales. Esto sugiere que es posible para los productores incrementar el contenido de estos ácidos grasos si se identifican los factores que afectan sus concentraciones.

Efecto de la composición química de la dieta sobre el perfil de ácidos grasos.

Las dietas ricas en términos de energía metabolizable están generalmente asociadas con bajos porcentajes de ácidos esteárico, oleico y linoleico, y a su vez con altos porcentajes de ácidos palmítico y palmitoleico, C15:0 y C17:0 en la grasa (grasa subcutánea, peri-renal e intramuscular) (Bas y Morand-Fehr, 2000).

La fuente de energía (concentrado o dieta completa) posee influencias en la mayoría de los ácidos grasos. Los contenidos de ácido linoleico y linolénico son elevados cuando la fuente de energía es maíz, probablemente por su mayor contenido de grasa con respecto a otras fuentes de energía, y por su alto contenido de ácido linoleico (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Por otro lado, Bas y Morand-Fehr (2000), apreciaron que los tejidos provenientes de corderos bajo dietas de alto contenido de proteína cruda son pobres en ácidos palmítico y esteárico, pero en cambio fueron ricos en ácidos palmitoleico, oleico y linolénico.

El incremento del contenido de fibra cruda en las dietas está asociado con un incremento en el porcentaje de ácido oleico y un descenso en el porcentaje de ácido linoleico (Bas y Morand-Fehr, 2000).

El contenido de extracto etéreo en la dieta está negativamente correlacionado con los porcentajes de ácidos palmítico, linolénico, C15:0 y C17:0 y positivamente correlacionados con el ácido esteárico en los tejidos. Por otra parte, en la grasa subcutánea, la densidad de energía metabolizable de las dietas fue significativamente opuesta al porcentaje de ácido esteárico, pero positivamente correlacionado con los porcentajes de ácidos grasos de cadena impar o ramificados. Un incremento en el contenido de grasa dietaria reduce levemente los contenidos de los ácidos linolénico, palmitoleico y C17:0 en la grasa subcutánea, perirrenal e intramuscular, y más marcadamente sobre el total de ácidos grasos de cadena impar o ramificada en la grasa subcutánea (Bas y Morand-Fehr, 2000).

Realini et al. (2004), observaron que la suplementación con vitamina E no tuvo efecto sobre el contenido y composición de ácidos grasos del músculo de novillos.

Efecto de lípidos protegidos

Según Gulati et al., citados por Raes et al. (2004), el único modo de protección de lípidos que ha mostrado reducir significativamente el grado de biohidrogenación fue el tratamiento con formaldehído. Por otra parte Scollan et al. (2002) hallaron incrementos significativos en los ácidos grasos n3 cuando se emplea este tratamiento sobre semilla de lino.

Hood et al. (1980), estudiaron el efecto de incluir lípidos protegidos como suplemento en la dieta de ovejas, mediante la incorporación de acetato [$1-^{14}C$] en los ácidos grasos del tejido adiposo, *in vivo* e *in vitro*. Suplementando la dieta con lípidos protegidos se mostró una depresión significativa de la lipogénesis en el tejido adiposo en ambos (*in vivo* e *in vitro*).

De cualquier modo, cuando los lípidos protegidos con diferentes composiciones de ácidos grasos fueron ofrecidos a corderos, la suplementación con aceite protegido (azafrán) conteniendo altos niveles de ácido linoleico; fue el único tratamiento que causó una depresión significativa en la síntesis de ácidos grasos del tejido adiposo, el mayor sitio de lipogénesis en las ovejas (Hood et al., 1980).

2.5.6.3. Otros factores

Especie animal

La especie animal a utilizar, es un factor de producción que puede variar el perfil de ácidos grasos del producto final obtenido, la carne. En el Cuadro 15, se presentan los resultados obtenidos por Wood y Enser (1997) para tres especies comunmente utilizadas para la producción de carne.

Cuadro 15. Contenido de ácidos grasos (mg/100g) en el músculo del lomo en filetes provenientes del muestreo de cuatro supermercados del Reino Unido.

	Vacuno	Cordero	Cerdo
12:0	2.9	13.8	2.6
14:0	103	155	30
16:0	962	1101	526
18:0	507	898	278
18:1 trans	104	231	-
18:1oleico	1395	1625	759
18:2 n6	89	125	306
18:3 n3	26	66	21
20:3 n6	7	2	7
20:4 n6	22	29	46
20:5 n3	10	21	6
22:5 n3	16	24	13
22:6 n3	2	7	8
Total	3835	4934	2255
P:S	0.11	0.15	0.58
n6:n3	2.11	1.32	7.22

Nota: P:S = linoleico + alfa linolénico / 12 + 14 + 16.

Fuente: Wood y Enser, adaptado de Enser et al. (1996).

Amamantamiento y alimentación previo al destete

Las reservas lipídicas depositadas previo al destete generan una influencia en la composición en ácidos grasos de los depositos lipídicos y en el músculo hasta varios meses posteriores al destete (Bas y Morand-Fehr, 2000). En esta etapa, la leche sobrepasa el retículo-rumen y es digerida directamente en el abomaso (Priolo et al., 2004), por lo tanto no sufre los procesos de hidrogenación del rumen.

Banni et al., citados por Priolo et al. (2004), hallaron que leche producida por ovejas pastoreando poseen una composición de ácidos grasos diferente a aquella que

producen las que consumen concentrados. En particular, contiene menores niveles de ácidos grasos saturados (SFA) y mayores niveles de aquellos beneficiosos para la salud humana como lo son los poliinsaturados (PUFA) y el ácido linoleico conjugado (CLA) y según Priolo et al. (2004), también es más abundante el ácido trans vaccénico (18:1 *trans*) y el ácido linolénico.

En la grasa de corderos criados por madres que se alimentan de pasturas, el ácido palmítico y el ácido linoleico son menos abundantes que en los corderos criados por madres que se alimentan con concentrado (Priolo et al., 2004), y la concentración de CLA 9 *cis* 11 *trans* en el músculo es cercana al doble (Barber et al., citados por Priolo et al., 2004), y poseen una relación n6:n3 más favorable (pero inferior a 4.0) (Enser et al., citados por Priolo et al., 2004).

Santos-Silva et al. (2002), observaron que veinte semanas después del destete, hay un decrecimiento en la proporción de C14:0 y un incremento de C18:0 en los tejidos grasos en los corderos, lo cual atribuyeron a cambios en la composición lipídica de la dieta.

Grado de engrasamiento

Diferencias en el grado de engrasamiento de los animales pueden afectar la proporción individual de ácidos grasos y pueden conducir a malas interpretaciones cuando se comparan resultados de diferentes ensayos; pudiendo confundir el efecto del sistema de alimentación con el efecto del nivel de engrasamiento alcanzado por los animales (Santos-Silva et al., 2002).

Warris et al., citados por Lawrie (1998), comparando razas, encontraron que la composición de la grasa fue principalmente determinada por el nivel de engrasamiento, más que por factores raciales inherentes.

Wood y Enser (1997), mencionan que existe una correlación inversa entre la proporción de ácidos grasos insaturados y el contenido total de lípidos, sin embargo los autores encontraron que dicha relación no se cumplió para el ácido graso poliinsaturado, α -linolenico. Ellos sugieren diferentes factores de control para la concentración de los ácidos linoleico y linolénico. Ambos derivan enteramente de la dieta y compiten por su incorporación en los tejidos lipídicos (Nürnberg et al., 1998).

Enser et al. (1996) encontraron que a mayores niveles de grasa en el músculo, aumenta la proporción relativa de ácido linolénico respecto de linoleico.

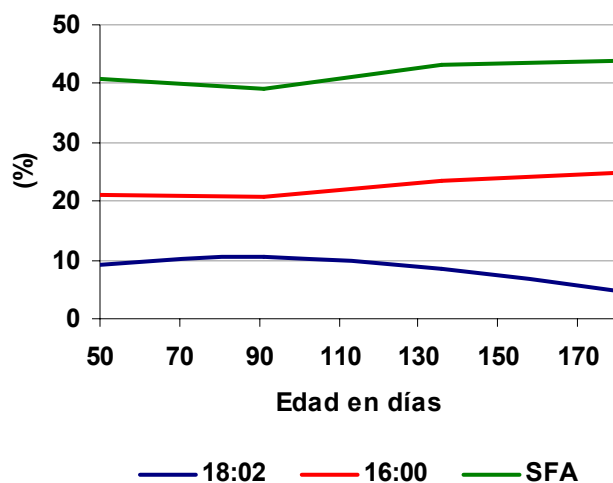
Las canales con mayor proporción de grasa fueron también las con mayor nivel de ácido oleico y los menores niveles de esteárico (Enser et al., 1996).

Edad y peso corporal

La cantidad de tejido adiposo depositado aumenta con la edad. En corderos el porcentaje de ácidos grasos saturados del músculo aumentó con la edad, mientras que los PUFA disminuyeron (Nürnberg et al., citados por Nürnberg et al., 1998).

En la **Figura 22**, se observa la influencia de la edad en la composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en el músculo de corderos (Nürnberg et al., 1998). Los autores mencionados detectaron un efecto significativo de la edad sobre el ácido linoleico (C18:2) y palmítico (C16:0); también la acumulación de ácidos grasos saturados totales en el tejido adiposo se incremento con la edad y el crecimiento de los animales.

Figura 22. Efecto de la edad de los corderos sobre la proporción de ácido linoleico (C18:2), palmítico (C16:0) y total de ácidos grasos saturados (SFA) como % del total de ácidos grasos.



Fuente: Nürnberg et al. (1998).

Con el incremento del peso de faena se aumentó la proporción de ácido palmítico y el total de MUFA, por otro lado decrecieron las proporciones de PUFA, tanto de la serie n6 como n3. Este efecto puede ser explicado por el incremento de deposición de grasa intramuscular (Nürnberg et al., 1998). Según Santos-Silva et al. (2002), la proporción de ácido esteárico no fue afectado por el peso a faena.

Sexo y estado de madurez sexual

El sexo es también un factor importante para la composición de ácidos grasos debido a su efecto en el engrasamiento de la canal. A pesos de faena equivalentes, los machos son más flacos que las hembras y estas más que los machos castrados (Enser, citado por Nürnberg et al., 1998).

En un ensayo llevado a cabo por Enser et al. (1998), no se encontró diferencia en la composición de ácidos grasos entre machos y hembra. Este resultado no fue inesperado debido a que ambos grupos tenían el mismo grado de engrasamiento, concordando con información previa donde se han reportado muy pequeñas diferencias para la composición intramuscular en ácidos grasos a nivel de canales de muy diferente nivel de engrasamiento (Solomon et al., Crouse et al., Kemp et al., citados por Enser et al., 1998).

La concentración relativa de ácido linoleico y PUFA en la grasa del bife de corderos fue mayor en machos que en hembras y en estas mayor que en machos castrados, mientras que el porcentaje de ácidos grasos saturados aumento entre 2.2 y 5.9% para hembras y machos castrados respectivamente, con respecto al contenido de SFA en la carne de los machos enteros (**Cuadro 16**) (Nürnberg et al., 1998).

Cuadro 16. Proporción de los diferentes grupos de ácidos grasos según género.

	SFA	UFA	PUFA
Machos castrados	43.3	56.8	6.5
Hembras	41.8	58.2	7.0
Machos Enteros	40.9	59.1	8.3

Nota: $P < 0.05$ para SFA (ácidos grasos saturados), UFA (ácidos grasos insaturados) y PUFA (ácidos grasos poliinsaturados).

Fuente: adaptado de Nürnberg y Ender, citados por Nürnberg et al. (1998).

Estas diferencias fueron vistas en corderos, cerdos y vacunos y son causadas por la relación negativa entre concentración de grasa y concentración de PUFA en las canales (Cameron y Enser, Nürnberg y Ender, Enser, Malau-Aduli et al., citados por Nürnberg et al., 1998).

Roberts (1966), reportó que los depósitos grasos de hembras poseían un menor índice de iodo que los de los machos, lo que implica un menor grado de insaturación de las grasas, aparentemente debido a la presencia de altos niveles de ácido oleico en hembras.

En general, los machos tienen menos grasa intramuscular que las hembras mientras que los machos castrados de cada sexo tienen más grasa intramuscular que la que

corresponde a animales sexualmente enteros (Hammond, Wierbicki et al., citados por Lawrie, 1998).

Raza

El manejo de la raza utilizada ofrece el potencial de manipular la composición de ácidos grasos de la carne ovina, aunque los efectos puedan ser atribuidos a los diferentes tipos de canal producida por cada raza (Wachira et al., 2002).

Sin embargo, en un estudio realizado por Wachira et al. (2000), el contenido total de ácidos grasos en el músculo *Longissimus lumborum* no mostró diferencias entre razas. A su vez, Santos-Silva et al. (2002) hallaron que genotipo y sistema de alimentación no afectaron el total de ácidos grasos y la composición en ácidos grasos fue independiente del genotipo, contrariamente de lo que fue observado para sistema de alimentación y peso de faena (Santos-Silva et al., 2002).

Fisher et al. (2000), comparando razas (Welsh Mountain, Soay y Suffolk) encontraron diferencias raciales para prácticamente todos los ácidos grasos. Como ejemplo, el ácido linoleico, fue mayor en los tejidos de corderos Suffolk (Anexo-Figura 1).

Por otro lado, Enser, Nürnberg et al., Demise, citados por Nürnberg et al. (1998), afirman que las diferencias en la composición de la grasa entre razas de corderos depende esencialmente del engrasamiento de la canal.

2.5.6.4. Proporción de fosfolípidos y triglicéridos

El bajo contenido de triglicéridos y el alto contenido de fosfolípidos en el músculo de corderos alimentados a pastoreo ha sido reportado para varios músculos (*Longissimus lumborum*, *tensor fascia latae* y *infra espinatus*) (Aurousseau y Vigneron, citados por Aurousseau et al., 2004). Esto puede deberse a una estimulación en la deposición de grasa en corderos estabulados, seguido por una alta absorción de glucosa, lactato y propionato (Majdoub et al., citados por Aurousseau et al., 2004), o a un incremento en la pérdida de energía por locomoción (Vermorel, 1988) y a un gasto por termorregulación (Vermorel, Hocquette, Vermorel y Bouix, citados por Aurousseau et al., 2004).

Según Wachira et al. (2002), el ácido linoleico se encuentra principalmente en los fosfolípidos, a su vez afirma que estos comprenden sólo cerca de un tercio de los lípidos en el músculo *Longissimus lumborum* de ovinos.

La composición de ácidos grasos del tejido adiposo puede tomarse como un índice de la disponibilidad SFA y MUFA para incorporar en la grasa intramuscular (Wachira et al., 2002).

En los fosfolípidos, la proporción de CLA fue menor que en los triglicéridos. La proporción de ácido trans vaccénico (isómero *trans* del ácido oleico) fue 1.8 veces superior en los triglicéridos de corderos a pastoreo que de los que consumían concentrados (Aurousseau et al., 2004).

Diferencias en el tipo de fibra muscular entre músculos están reflejadas en diferencias en la composición de ácidos grasos. Los músculos rojos tienen una mayor proporción de fosfolípidos que los músculos blancos y por lo tanto un alto porcentaje de PUFA (Wood y Enser, 2003).

2.5.7. Influencia de los ácidos grasos en la salud humana

La grasa dietaria es uno de los tres principales grupos de macronutrientes que proveen energía. Los humanos requieren cierta cantidad de ácidos grasos del tipo poliinsaturados (PUFA), los cuales son necesarios para desarrollar ciertas funciones fisiológicas, pero no pueden ser sintetizados por el cuerpo, por lo que deben ser aportarlos por la dieta. Dichos ácidos grasos son conocidos como ácidos grasos esenciales, y ellos son los ácido linoleico, linolénico y araquidónico (Infocarne 2002a, Garrido 2004).

Por otra parte, existen las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) que requieren grasas en la dieta para su transporte y absorción. Las guías actuales para dietas recomiendan reducir el consumo de grasa a un 25-30% del consumo calórico por día, y dentro del consumo de grasa, una tercera parte de cada tipo de ácido graso: SFA, MUFA y PUFA, en la grasa dietaria (Nürenberg et al., 1998).

Las dietas recomendadas para los humanos tienden a promover el uso de un bajo contenido de grasas saturadas y muestran interés en carnes con mayor contenido de ácidos grasos insaturados. El consumo de ácidos grasos saturados está asociado al incremento de la concentración de colesterol del tipo lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la sangre y esto incrementa el riesgo de enfermedades coronarias (Keyo, citado por Realini et al., 2004).

La proporción de grasa en la dieta humana y especialmente la proporción de ácidos grasos saturados, han sido considerados como el mayor factor de riesgo para enfermedades de las arterias coronarias (Krithevsky, citado por Santos-Silva et al., 2002).

Los ácidos grasos insaturados (linoleico, linolénico y araquidónico) son considerados esenciales y son constituyentes necesarios de paredes celulares, mitocondrias, membranas subcelulares y otras estructuras celulares donde se desarrollan importantes procesos metabólicos. Mientras que el organismo humano es capaz de

sintetizar ácido oleico a partir de precursores saturados, no puede producir con suficiente velocidad ninguno de los anteriormente mencionados, a menos que la dieta disponga de uno de ellos (Lawrie, 1998).

El ácido linoleico (C18:2 n6) y el alfa-linolénico (C18:3 n3) juegan un papel especial en ciertas estructuras, principalmente en el sistema nervioso. Si no se consume una pequeña cantidad de estos ácidos grasos esenciales (aproximadamente un 2-3% de la energía total), pueden producirse diversos trastornos (Garrido, 2004); sucede lo mismo con el ácido araquidónico (C20:4), pero éste puede sintetizarse a partir del ácido linoleico y del alfa-linolénico (Infocarne 2002b, Garrido 2004).

2.5.7.1. Valor nutritivo de los alimentos y su influencia en la salud humana

Desde el punto de vista nutritivo, la carne es una fuente muy buena de aminoácidos esenciales y, en grado mucho menor de determinados minerales. Aunque también están presentes vitaminas y ácidos grasos esenciales, la carne normalmente no se incluye por tales componentes en una dieta (Lawrie, 1998).

Es evidente que la carne aporta la mayoría de los nutrientes necesarios para mantener la salud de los consumidores humanos. A pesar de esto, continúa la controversia o discusión sobre su efecto en la salud, a largo plazo, puesto que se la relacionado con el desarrollo tumoral (cancerígeno), enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Lawrie, 1998).

Existen tres factores importantes a tener en cuenta a la hora de juzgar el valor nutritivo de las grasas y los alimentos que las contienen. Uno es el contenido total de grasa, y dos índices producto de las relaciones de ácidos grasos: Poliinsaturados/Saturados (PUFA/SFA) y omega 6/omega 3 (n6/n3) (Enser et al. 1998, Santos-Silva et al. 2002).

Los investigadores y nutricionistas han sugerido que una elevada relación en la dieta de ácidos grasos insaturados/ saturados sería conveniente puesto que permitiría disminuir la predisposición de las personas a enfermedades cardiovasculares (Lawrie, 1998).

Alimentos que contienen menos del 5% de grasa, son considerados generalmente alimentos bajos en grasas (Comité Asesor de Alimentos, citado por Enser et al., 1998).

Según el Departamento de Salud del Reino Unido, citado por Enser et al. (1998), la relación PUFA/SFA recomendada en la dieta para los humanos debería ser superior a 0.45. Enser et al. (1996) obtuvieron relaciones PUFA/SFA promedio de 0.58 para cerdos, 0.11 para novillos y 0.15 para corderos. Novillos y corderos, generalmente

poseen bajos valores para la relación PUFA/SFA, desfavorable de acuerdo con lo recomendado para una dieta saludable (Enser et al., 1998).

En cuanto a la relación $n6/n3$, el valor recomendado en la dieta para humanos es menor o igual a 4 (Departamento de Salud del Reino Unido, citado por Enser et al., 1998). Según Enser et al. (1996) el valor de dicha relación es menos beneficioso para la salud en la carne de los rumiantes, los valores que obtuvieron para el músculo del bife fueron: cerdo (7.2), vacuno (2.1) y cordero (1.3).

La relación $n6/n3$ es también muy alta en los lípidos intramusculares de los rumiantes para alcanzar el equilibrio requerido por los humanos y además también puede ser responsable del incremento de colesterol sanguíneo en los consumidores (Gibney, citado por Aourousseau et al., 2004).

El requerimiento nutricional en humanos de ácidos grasos $n3$ es de 1.5 g/día y de $n6$ es de 10 g/día, para adultos jóvenes (Woldfram, citado por Nürenberg et al., 1998).

Otros factores que influyen la salud humana

Recientes investigaciones se han focalizado en la importancia nutricional de la relación ácidos grasos $n6/n3$ en la dieta humana y el contenido de ácido linoléico conjugado (ACL) por sus propiedades anticarcinogénicas (Ha et al., Ip et al., citados por Realini et al., 2004).

Los lípidos de los productos y subproductos de los rumiantes (carne, leche y queso) han sido frecuentemente criticados por su alto contenido de ácidos grasos saturados, producidos por la hidrogenación en el rumen de los ácidos grasos insaturados provenientes de la dieta (Aourousseau et al., 2004).

Los ácidos mirístico (C14) y palmítico (C16) pueden incrementar la síntesis de colesterol y favorecer la acumulación de lipoproteínas de baja densidad, el mayor factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares en humanos. En cambio, el ácido esteárico (C18) es neutral con respecto a este efecto mencionado (Moloney, Mooney, Kerry y Troy, citados por Aourousseau et al., 2004).

Dentro de los ácidos grasos insaturados, los más beneficiosos para la prevención de los problemas cardiovasculares, se destacan el linoleico, y el oleico. Por otra parte, el ácido araquidónico puede tener efectos perjudiciales sobre la salud cardiovascular, como lo tienen los ácidos grasos saturados (Infocarne, 2002a).

El rol de los ácidos grasos del grupo Omega3

Los ácidos grasos Omega3 de cadena larga (eicosapentanoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA)), han demostrado jugar un rol importante en las funciones del cerebro y de la retina, y reducir el riesgo de muerte repentina por arritmias. El consumo deseado de estos debe ser entre 214 y 650 mg/día (MLA, 2001).

Las investigaciones realizadas para obtener información de la composición lipídica de los productos animales y en particular para aumentar la proporción de aquellos ácidos grasos que juegan un rol importante en la salud del hombre, muestran que son negativos ciertos ácidos octadecanoicos *trans*, mientras que serían positivos los ácidos grasos eicosapentaenoicos (EPA) y docosahexaénoiques (DHA) o sus precursores, o sea los ácidos grasos de la familia n3 (Givens et al., Sargent, citados por Morand-Fehr y Tran, 2001). Según los conocimientos actuales estos ácidos grasos podrían reducir los riesgos de contraer enfermedades cardiovasculares y cáncer de mamas (Morand-Fehr y Tran, 2001).

La real importancia del efecto sobre la salud cardiovascular de los ácidos omega3, no se debe su la capacidad para la reducción de triglicéridos circulantes en sangre, sino que una dieta rica en dichos ácidos grasos, inhibe la síntesis de ácido araquidónico, que actúa como un agregante plaquetario, aumentando el riesgo de trombosis. Por ello, las dietas ricas en omega3, disminuyen la agregación plaquetaria, incrementan el tiempo de hemorragia y disminuyen la viscosidad y la presión sanguínea, a la vez que disminuyen la incidencia de arritmias cardíacas. En cualquier caso, la adición a la dieta de ácidos grasos insaturados, debe ir acompañada por la adición de vitamina E, que se comporta como un antioxidante y reduce la degradación y enranciamiento de las grasas (Infocarne, 2002a).

Un alto consumo de ácidos grasos poliinsaturadas, en relación con otros ácidos grasos, ha demostrado disminuir los niveles de colesterol. En este sentido, las recomendaciones dietéticas subrayan la necesidad de sustituir las grasas animales, en especial la de rumiantes por grasas vegetales (Maynard et al., 1984).

Importancia de los ácidos grasos *trans*

Numerosas investigaciones indican que el consumo de ácidos grasos con configuración *trans* contenidos en aceites vegetales hidrogenados en comparación con el de aceite vegetal sin hidrogenar tienen efectos hipercolesterolémicos. Estudios en humanos demuestran que el consumo de ácidos grasos *trans* elevan los niveles de colesterol LDL en el plasma sanguíneo y disminuye los niveles de colesterol HDL, aunque es prematuro concluir que los ácidos grasos *trans* aumentan el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Posiblemente, el aspecto más importante relativo a los ácidos grasos *trans* sobre la salud es la cantidad total de grasa y aceites hidrogenados

consumidos por niños y mujeres durante la preñez, y su efecto en el estatus de los AGE (Watkins et al., 1996).

En Australia, se recomienda un consumo de ácidos grasos *trans* menor a 5 gramos por día, debido a que el consumo de éstos puede aumentar el colesterol LDL (MLA, 2001).

Como consecuencia de los resultados de diversos estudios epidemiológicos se ha logrado establecer que existe una relación entre la ingesta de alimentos considerados mayormente como fuente de isómeros *trans* (margarinas, galletas, pastelería y pan de molde) y un mayor riesgo de manifestar enfermedades cardiovasculares. Los ácidos grasos *trans* parecen incrementar los niveles de colesterol sanguíneo y dentro de éste la fracción de colesterol LDL, disminuyendo ligeramente el colesterol HDL. Sin embargo, algunos resultados son todavía controversiales. En algunos países se recomienda que el consumo de ácidos grasos *trans* no supere los 5-6 g/día (Garrido, 2004).

Ácido linoleico conjugado (ALC)

Los últimos estudios sobre los lípidos intramusculares de los rumiantes han sido enfocados en los isómeros del ALC, el cual presenta propiedades beneficiosas para la salud humana, debido a su capacidad de prevenir varias patologías tales como cáncer, enfermedades cardiovasculares y diabetes (Houseknecht et al., Ip et al., Lee et al., citados por Arousseau et al., 2004).

Según Lawson et al., Monoley et al., citados por Arousseau et al. (2004), el principal isómero del ALC acumulado en los lípidos de la leche y músculos es el *cis*9, *trans*11; a su vez Chin et al., Banni et al., citados por Arousseau et al. (2004), afirman que la carne de cordero parecería ser una de las fuentes más interesantes respecto al contenido del mencionado isómero; mientras que Banni et al., Nüremberg et al., citados por Arousseau et al. (2004), reportaron un amplio rango de contenidos de ALC para leche y carne de ovinos.

Belfry (2003), hallaron que la cantidad de ALC ingerido, el tipo de isómero y el tiempo por el cual este es consumido, tienen un impacto en su habilidad de reducir la obesidad y los síntomas de diabetes, reduciendo la hiperglicemia (altos niveles de azúcar en sangre) y bajando los niveles de leptina (hormona asociada con la regulación de la grasa).

De cualquier forma, los niveles de ALC disponible para los humanos pueden ser muy variables, ya que dependerán de la cantidad y tipo de carne que se consume y del tipo de alimentación que reciben los animales, como así también de los hábitos de consumo individuales y de la composición total de la dieta, entre otras. No existe información si en humanos es posible la transformación de ácido vaccénico en ALC

(Sanhueza et al., 2002). Sin embargo, Turpeinen et al., citados por Knight et al. (2003), encontraron que en humanos el ácido trans-vaccénico dietario incrementa los niveles séricos de ALC.

Santos-Silva et al. (2002), consideran que el ALC es un potente anticarcinógeno y disminuye la actividad lipogénica. Por otra parte, Sanhueza et al. (2002), lo definen como regulador metabólico, al cual le atribuyen varios efectos; como ya se ha nombrado posee efectos hipocolesterolémicos, con respuestas muy similares a las que se obtienen con los ácidos grasos omega3. Aunque el ALC no pertenece a esta serie de ácidos grasos, se produce una disminución progresiva del colesterol-LDL, pero no del colesterol-HDL (Sanhueza et al., 2002).

Por otra parte, varios investigadores, también han encontrado que podría tener efectos favorables sobre el sistema inmune, mediante la prevención o tratamiento de ciertas alergias alimentarias. Estas acciones guardan estrecha relación con su efecto en la prevención del desarrollo de ciertos cánceres.

Su acción sobre el cáncer mamario parece ser la más significativa. El ALC es más eficiente en su efecto de prevención de este tipo de cáncer que el ácido oleico, linoleico y que los ácidos grasos omega3: eicosapentaenoico y docosahexaenoico. Estudios realizados en Finlandia en mujeres post-menopáusicas han demostrado una correlación negativa entre el consumo de ALC proveniente de la leche y el queso de consumo habitual en esta población, y el desarrollo de cáncer mamario. El ALC muestra, además, efectos antimutagénicos, ya que inhibe la inducción de cáncer de piel de ratas (Sanhueza et al., 2002).

El ALC, también posee una efectiva capacidad de atrapar radicales libres peroxidantes, por lo cual, se le atribuye una actividad antioxidante. Otros estudios han demostrado que la ingestión diaria de 3.4 g de ALC produce una disminución de la masa grasa total sin afectar otros parámetros metabólicos, reduciendo el peso corporal (Sanhueza et al., 2002).

2.5.7.2. Importancia y descripción de los colesterolos

Casi la mitad de las muertes de personas con edades superiores a los 50 años en los países desarrollados, están producidas por enfermedades cardiovasculares. Está demostrada una clara relación entre el colesterol circulante y las enfermedades coronarias. También esta demostrada la relación entre la cantidad de grasa y la mortalidad por esta enfermedad (Infocarne, 2002a).

El colesterol es transportado en el plasma sanguíneo por tres tipos de lipoproteínas, las de muy baja densidad (VLDL), las de baja densidad (LDL) y las de alta densidad (HDL). Los altos niveles de lipoproteína de alta densidad y los bajos niveles de

lipoproteínas de baja densidad han sido relacionados con una baja incidencia de enfermedades coronarias (Jackson et al., citados por Lawrie, 1998). Por otra parte, se ha encontrado que al aumentar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta, se reduce el nivel en la sangre del colesterol de la lipoproteína de baja densidad, con lo cual también se reducen los niveles plasmáticos de las lipoproteínas de alta densidad que son protectoras (Vega et al., citados por Lawrie, 1998). Este efecto adverso parece deberse a los ácidos grasos poliinsaturados de la serie n6 (linoleico y araquidónico); actualmente se piensa que los ácidos grasos de la serie n3 (linolénico, eicosapentanoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA)) son los responsables de los efectos beneficiosos de la protección frente a la enfermedades coronarias (Leaf, Weber, citados por Lawrie, 1998), incluso en aquellos individuos con una alta ingesta de grasa y colesterol (Dyerberg, Bang, citados por Lawrie, 1998).

Se han correlacionado positivamente los altos niveles de colesterol sérico con la muerte por enfermedades cardiovasculares en mujeres y hombres jóvenes, mientras que la mortandad está relacionada negativamente con tal parámetro (colesterol sérico) en los hombres mayores de 45 años edad (Kannel, Gordon, citados por Lawrie, 1998).

Definición

El colesterol es un tipo de lípido, perteneciente al grupo de los esteroides. Es un alcohol esteroídico y por lo tanto un compuesto orgánico. Es insoluble en agua y químicamente inerte. El grupo oxidrilo (OH) que posee en el carbono tres le permite formar ésteres con los ácidos grasos. Está presente en muchas células del organismo y participa en la estructura de las lipoproteínas plasmáticas, es precursor de algunas hormonas y precursor de la vitamina D (Garrido, 2004).

El colesterol proviene fundamentalmente de dos fuentes, por un lado es producido por el organismo humano, principalmente en el hígado y otra fuente son los alimentos que lo contienen, como las grasas de origen animal. El 70% del total del colesterol se forma en el organismo humano y el 30% restante proviene de los alimentos (Garrido, 2004).

El colesterol ligado a la HDL contribuye a eliminar el colesterol circulante, se le llama "colesterol bueno", mientras que el ligado a la LDL es el llamado "colesterol malo" (Infocarne, 2002a).

El colesterol es el constituyente principal de las placas que se forman en las paredes de las arterias causando su estrechez restringiendo así el flujo sanguíneo, produciendo la enfermedad denominada arteroesclerosis. Al romperse, dichas placas tapan las arterias (produciendo "infartos") y pueden provocar la formación de coágulos sanguíneos (Maynard et al., 1984).

Transporte de colesterol en la sangre

Los lípidos, como componentes insolubles en agua, tienen que ser transportados en el organismo unidos a otras moléculas, las lipoproteínas. Dichas moléculas transportan los materiales grasos en un medio acuoso como es la sangre (Garrido, 2004).

La fracción lipídica de las lipoproteínas está integrada fundamentalmente por colesterol y triglicéridos recubiertos por fosfolípidos y en la superficie se depositan las proteínas llamadas apolipoproteínas (Garrido, 2004).

Existen varios tipos de lipoproteínas, que se diferencian por su tamaño y densidad. Cada una contiene diferentes proteínas y transportan distintas cantidades de lípidos. Las de mayor importancia son: los quilomicrones, las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL); las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y las lipoproteínas de muy alta densidad (HDL) (Garrido, 2004).

Los quilomicrones son las lipoproteínas de mayor tamaño y menor densidad; transportan los lípidos de la dieta (principalmente triglicéridos) desde el intestino al resto del organismo (Garrido, 2004).

Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), están compuestas en un 50% por triglicéridos, estos se empaquetan con el colesterol y transportan los lípidos sintetizados en el hígado a otras partes del cuerpo (Garrido, 2004).

Los triglicéridos pasan de las partículas VLDL al tejido adiposo y muscular dando como resultado una partícula de densidad intermedia (IDL), enriquecida en colesterol. Estas quedan en el flujo sanguíneo donde se convierten en LDL, cuyo principal componente es el colesterol (50%) (Infocarne, 2002a). Dichas partículas circulan por todo el organismo transportando colesterol, triglicéridos y fosfolípidos y dejándolos disponibles para las células (Garrido, 2004). También pueden abandonar la circulación sanguínea para unirse a receptores específicos del hígado (Infocarne, 2002a).

El colesterol libre que pueda verse desde las células se une a las lipoproteínas de alta densidad (HDL), en cuya composición la parte más importante son las proteínas. Las HDL transportan el colesterol desde las células al hígado para ser eliminado en forma de ácido biliar, o utilizado para la síntesis de VLDL (Infocarne 2002a, Garrido 2004).

2.5.8. Efecto de los ácidos grasos sobre características de la carne

La composición de ácidos grasos de la carne juega un importante rol en la definición de la calidad de la misma. Está relacionado a diferencias en atributos organolépticos, especialmente sabor (Wood y Enser, 1997) y también a el valor nutricional de las grasas para el consumo humano (Santos-Silva et al., 2002).

Los componentes de la calidad de la carne influenciados por los ácidos grasos son: vida útil (oxidación de lípidos y pigmentos), sabor y firmeza del tejido adiposo. Aunque se sugiere que los ácidos grasos tienen una influencia sobre la ternura y la jugosidad, estas están más probablemente afectadas por la cantidad total de ácidos grasos que por la tasa en que se presenta cada uno de ellos (Wood y Enser, 1997).

2.5.8.1. Vida útil

La habilidad de los UFA, especialmente de los PUFA, de oxidarse rápidamente, es importante para controlar la vida útil de la carne. Esto conduce al desarrollo de rancidez cuando el tiempo que la carne que permanece expuesta se incrementa. A su vez, se ve afectado el color de la carne, lo cual se debe a la oxidación de pigmentos (oximioglobina roja a metamioglobina marrón), también afectando el desarrollo del sabor durante la cocción (Wood y Enser, 1997).

Con el objetivo de reducir estos efectos se utilizan antioxidantes, especialmente α -tocoferol (vitamina E), con el objetivo de postergar la oxidación de los lípidos y el color y así extender la vida útil de la carne (Wood y Enser, 1997).

2.5.8.2. Sabor

Wood y Enser (1997) han demostrado la importancia de la composición de ácidos grasos de los lípidos en el desarrollo del sabor. Enser et al. (1996) reportaron que los diferentes ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, tanto n6 como n3), producen diferentes clases de precursores del sabor.

El efecto de los ácidos grasos sobre el sabor de la carne se debe a la producción de compuestos aromáticos generados por la oxidación de los lípidos ocurrida durante la cocción y la relación de ello con los productos resultado de la reacción de Maillard para formar otros compuestos aromáticos que contribuyen al olor y al sabor (Wood y Enser, 1997).

Por ejemplo, la alimentación con granos resulta en un incremento en la concentración de PUFA de la serie n6 en el músculo produciendo un sabor diferente a la

carne de animales alimentados con pasturas, donde se incrementa la concentración de PUFA de la serie omega3 (Kemp et al., Larick et al., citados por Fisher et al., 2000).

Fueron encontrada altas asociaciones entre la intensidad del sabor y 18:3 (positiva) y 18:2 (negativa) (Fisher et al., 2000).

2.5.8.3. Firmeza de la grasa

El incremento en el contenido de C18:3 en la carne es considerado beneficioso para la salud de los consumidores, pero causa una reducción en el punto de fusión de la grasa lo cual reduce la firmeza de la misma. A su vez, se incrementa el valor del índice de iodo y por lo tanto el riesgo de peroxidación de los PUFA (Gill et al., Warnants et al., citados por Wood y Enser, 1997).

Debido a que los diferentes ácidos grasos poseen muy diferentes puntos de fusión, la variación en la composición de ácidos grasos tiene un importante efecto en la firmeza o suavidad del tejido adiposo de la carne, especialmente sobre la grasa subcutánea e intermuscular (Wood y Enser, 1997).

La grasa de rumiantes es naturalmente más firme que la de cerdos, ya que el perfil de ácidos grasos es más saturado (Wood y Enser, 1997).

Enser y Wood, citados por Wood y Enser (1997), encontraron que la concentración de C18:0 muestra una alta relación con el punto de fusión en la grasa subcutánea.

En corderos, especialmente machos enteros, se desarrolla grasa suave, particularmente si estos son alimentados con dietas basadas en grano (concentrado). Esto se debe no sólo a la baja concentración de C18:0, sino también a un incremento en la deposición de ácidos grasos de cadena media a larga ramificada (C10-C17) (Busboom et al., citados por Wood y Enser, 1997).

2.5.8.4. Color de la grasa

La composición en ácidos grasos, también afecta el color de la grasa; grupos de células grasas que contienen grasa solidificadas con un alto punto de fusión parecen más blancas que cuando la grasa es líquida y con un menor punto de fusión (Wood et al., 2003).

2.6. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD, PERFORMANCE ANIMAL Y SOBRE LA PASTURA

2.6.1. Introducción

La suplementación de ovinos y vacunos es una alternativa de alimentación costosa para cualquier establecimiento ganadero. Por lo tanto, la decisión de suplementar está muy condicionada por la expectativa del beneficio económico (Orcasberro, 1997).

Pigurina (1997) define suplementación como el suministro de alimentos adicionales al forraje pastoreado –cuando éste es escaso o está inadecuadamente balanceado- con el objeto de aumentar el consumo de nutrientes y alcanzar determinados objetivos de producción.

Por otra parte, García, citado por Ganzábal (1997b), define que suplementar es adicionar cualquier tipo de alimento a la dieta básica de los animales, con el objetivo de cubrir deficiencias cuantitativas o cualitativas en el tiempo y así optimizar la utilización de los recursos disponibles a través de un mejor balance nutricional (Rowe, citado por Ganzábal, 1997b).

Según Ganzábal (1997b) los objetivos de la suplementación pueden ser: aumentar la performance individual, proporcionando aquellos nutrientes limitantes que hacen sub-óptima la producción individual; mejorar la eficiencia de utilización de la dieta básica, cubriendo los requerimientos en forma completa; mejorar la utilización del forraje; racionalizar el uso de las pasturas; prevenir trastornos nutricionales, meteorismos, diarreas, carencias minerales, etc. y aumentar la capacidad de carga del sistema pastoril².

El éxito de un suplemento no depende únicamente de su contribución energética, sino también del equilibrio de todos sus componentes (Viglizzo, citado por Akiki et al., 1992).

2.6.2. Factores que afectan la estrategia de suplementación

Dentro de los factores a considerar en una estrategia de suplementación, deben mencionarse los relativos al animal, a la pastura, al suplemento y a la interacción de estos tres factores (Pigurina, 1997).

Los efectos del suplemento sobre el forraje y el tipo de relación resultante, también dependerán de la interacción de una serie de factores como pueden ser: estructura del tapiz, disponibilidad y calidad del forraje, tipo de suplemento, nivel de suplementación,

² Montossi, F. 2005. Com. personal

procesamiento del suplemento, procesamiento del forraje, frecuencia de alimentación, fotoperíodo, características del animal (especie y categoría), etc. (Mieres, 1997).

Todos los factores mencionados tienen una relación de dependencia, que afectan la digestibilidad del forraje, la del suplemento y como consecuencia de esto, el consumo, determinando en definitiva la respuesta animal (variación de peso, leche, lana, gestación) (Mieres, 1997).

La calidad o valor nutritivo de la pastura afecta directamente el consumo y está asociado directamente a el estado de crecimiento de la pastura y a la especie vegetal. La menor tasa de pasaje de los alimentos fibrosos va asociada a un menor consumo por parte del animal (Pigurina, 1997).

La suplementación debe tener en cuenta el tipo de animal, el estado corporal y nivel de reservas y los requerimientos nutricionales para el objetivo previamente definido, ya sea mantenimiento o aumento de la producción (Pigurina, 1997).

Un factor de suma importancia, es el efecto de los suplementos y la pastura es el ambiente ruminal (microorganismos, pH, relación de ácidos grasos volátiles, amonio), y su efecto en la producción de leche, carne y lana (Pigurina, 1997).

Los suplementos energéticos pueden tener efecto distinto en el consumo de forraje, la utilización de la pastura y el comportamiento de los animales, dependiendo del tipo y composición del suplemento y la cantidad y calidad del forraje disponible (Bernardo et al., citados por Vaz Martins, 1997).

La suplementación en pastoreo permite modificar la ingestión total de nutrientes, la cantidad de forraje consumido y en consecuencia la receptividad de la pastura (Langer, 1981).

Santini y Rearte, citados por Camesasca et al. (2002), opinan que la suplementación con suplementos energéticos es una alternativa que permite aumentar el suministro de nutrientes al animal y balancear energéticamente las dietas pastoriles. Los animales pastoreando forrajes de calidad presentan elevadas concentraciones de amonio en el rumen debido a la alta degradabilidad y contenido de proteína (18-26%) de la pastura mejorada, siendo el uso de suplementos energéticos una alternativa para aumentar la eficiencia de utilización del nitrógeno de la misma.

En lo que respecta al procesamiento del grano para su suministro, Wilson et al., citados por Barnes y Ørskov (1982), no encontraron beneficios en la utilización de maíz procesado o no, para la alimentación de ovinos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Efecto del tipo de procesamiento del grano de maíz en el pH del rumen, en la proporción de ácido acético y propiónico y en la utilización del alimento en los corderos.

Forma de procesamiento	pH rumen	Proporción molar de:		Ganancia de peso vivo *	DMO** (g/kg)	Conversión de alimento ***
		A. Acético	A. Propiónico			
Entero suelto	6.1	47.2	38.7	345	84.3	2.52
Molido píldoras	5.2	41.3	43.2	346	82.1	2.62

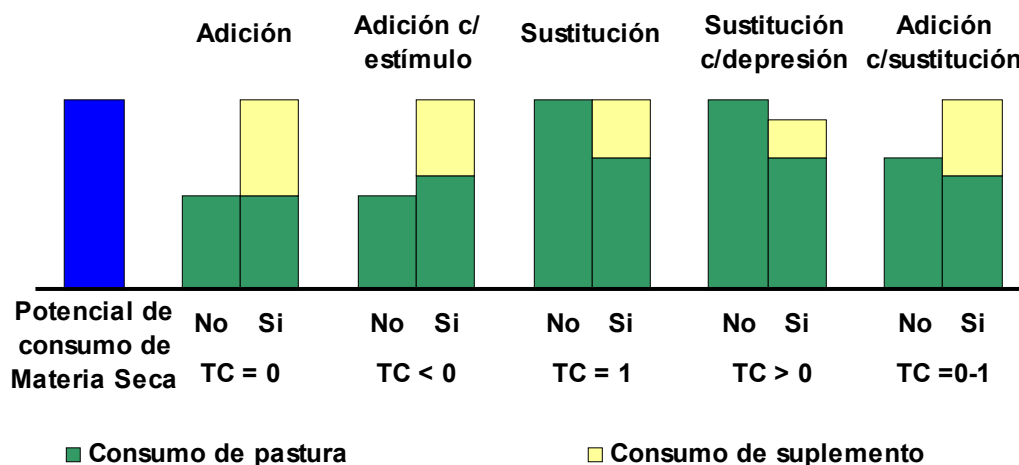
Nota: * (g/día), ** DMO (Digestibilidad de la Materia Orgánica) y *** (kg MS/kg de peso vivo ganado)

Fuente: Fraser, Gordon, citados por Barnes y Ørskov (1982).

2.6.2.1. Interacción pastura-animal-suplemento.

El uso de suplemento en condiciones de pastoreo conlleva una serie de factores que determinan el consumo animal (Pigurina, 1997). Se dan cinco tipos de relaciones: a) aditiva, b) sustitutiva, c) aditiva – sustitutiva (situaciones intermedias), d) depresivo y e) adición con estímulo (Figura 23) (Ganzábal, 1997b).

Figura 23. Representación esquemática del efecto de la suplementación en el consumo de forraje.



Nota: TC: Tasa de Consumo = [Consumo de Forraje (testigo) – Consumo de forraje (suplementado)]/ Suplemento consumido (kg); No = sin suplementación; Si = con suplementación.

Fuente: adaptado de Ganzábal (1997b), Mieres (1997).

En función de los mecanismos de sustitución de concentrado por pastura que operan en la dinámica nutricional de los animales, las mayores respuestas al uso de suplementos deben esperarse cuando la disponibilidad de forraje es limitante, es decir cuando la tasa

de sustitución es mínima. En la medida que aumenta el volumen de dieta básica ingerida, se incrementan las tasas de sustitución, determinando que el impacto de la adición de suplemento decrezca paulatinamente, en muchos casos con efectos nulos sobre la respuesta a la suplementación (Ganzábal, 1997b).

No se debe cuantificar los efectos de la suplementación sólo por los derivados de la relación kg de grano/kg de aumento en peso vivo, si no que debemos también considerar los que obtenemos por un mejor manejo de la pastura, mejor manejo de otras categorías de animales, etc., que generalmente son difíciles de cuantificar pero que repercuten sobre la economía del predio (Vaz Martins, 1997).

La respuesta productiva a la suplementación depende de factores asociados a la pastura sobre la cual se realiza la suplementación, como lo son la disponibilidad de materia seca y la calidad o valor nutritivo de dicha pastura (Pigurina, 1997). En el Cuadro 18, se aprecia la respuesta productiva a diferentes tipos de suplemento según la cantidad y calidad de la pastura.

Cuadro 18. Respuesta esperada en peso vivo y consumo de energía de bovinos y ovinos suplementados con energía, proteína o nitrógeno no proteico (urea), pastoreando forrajes de diferentes niveles d disponibilidad, contenido de fibra y proteína.

Característica de la Pastura	Niveles (bajo o alto)							
	Bajo				Alto			
Disponibilidad	Bajo				Alto			
Contenido de fibra	Bajo		Alto		Bajo		Alto	
Contenido de proteína	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Suplemento	Respuesta							
Energía	+	+	++	++	0	0	+	+
Proteína	+	0	+	+	+++	0	++	+
NNP (urea)	+	0	0	0	++	0	+	0

Nota: respuesta: nula (0), pequeña (+), media (++) o alta (+++); NNP: nitrógeno no proteico.

Fuente: adaptado de Silbert y Hunter, citados por Pigurina (1997).

2.6.3. Respuesta animal

El Índice de Conversión (IC) es una cuantificación del nivel de respuesta productiva que puede obtenerse por el efecto de suplementar animales cuya dieta básica está constituida por pasturas. Normalmente se expresa como kg de suplemento por kg de peso vivo adicional logrado y constituye el parámetro de mayor importancia en la toma de decisiones (Ganzábal, 1997b).

La respuesta animal a la suplementación dependerá de factores tales como carga y presión de pastoreo. A su vez, la carga animal será determinante de la tasa de utilización

y por lo tanto de la cantidad y calidad de forraje cosechado por el animal (Viglizzo, citado por Akiki et al., 1992).

La magnitud de la respuesta productiva como consecuencia de suministrar suplemento al ganado dependerá, en alto grado, de la disponibilidad y calidad del forraje ofrecido. Si este es limitante en una o ambas de estas dos variables, es posible esperar una respuesta mayor, produciendo cambios en el nivel productivo y/o en la capacidad de carga del sistema (Leaver et al., Viglizzo, citados por Akiki et al., 1992).

2.6.3.1. Efecto de la suplementación sobre el consumo de pastura y su utilización

En general, cuanto más sube el nivel de consumo de suplemento energético baja el consumo de forraje. Se ha registrado esta tendencia más frecuentemente, en ovinos que sobre vacunos dónde, estudios muestran que bajos niveles de suplementación aumentan el consumo de forraje (Caton y Dhuyvetter, 1997).

Horn y McCollum, Paterson et al., citados por Caton y Dhuyvetter (1997), sugieren que, en general, la suplementación energética reduce el consumo en rumiantes pastoreando forrajes. Caton y Dhuyvetter (1997), coinciden y afirman que, reducciones en el consumo de forraje en respuesta a la suplementación energética dependen en algún grado en la calidad basal del forraje.

Sin embargo, Caton y Dhuyvetter (1997), hallaron que en algunos casos especialmente con ovejas, el consumo de forraje es estimulado por bajos niveles de suplementación con grano. Asimismo, Matejovsky y Sanson, citados por Caton y Dhuyvetter (1997), han reportado que bajos niveles de suplementación energética a ovinos consumiendo dietas basadas en forraje han incrementado el consumo del mismo.

El suministro de suplementos energéticos como fibra rápidamente digestible usualmente tiene un menor efecto negativo en el consumo de forraje que los suplementos basados en almidón y hasta puede resultar en incrementos del consumo total. En ocasiones suplementar con energía incrementa la eficiencia de uso de la misma (NRC, citado por Caton y Dhuyvetter, 1997).

Henning et al., citado por Caton y Dhuyvetter (1997), estudiando el efecto de la suplementación con grano de maíz en ovinos, encontraron que bajos niveles (7.8% del consumo total de materia seca) incrementaba el consumo de forraje, mientras que, altos niveles (superiores al 23% del consumo de materia seca), reducían el consumo de forraje, con respecto a el tratamiento control sin suplementación.

Matejovsky y Sanson, citados por Caton y Dhuyvetter (1997), indicaron que la suplementación con niveles de maíz menores a 0.25% del peso corporal, no tenían efectos adversos en la utilización del forraje.

Matejovsky y Sanson, citados por Caton y Dhuyvetter (1997), realizaron un estudio suplementando corderos con niveles crecientes de maíz y suministrando forrajes conteniendo, 5.2, 10.2 o 14.2% de proteína cruda. Se adicionó a la dieta proteína (mediante grano de soja) para equiparar entre tratamientos la proteína cruda. Los resultados indicaron que corderos alimentándose con 10.2 y 14.2% de proteína cruda, muestran una disminución lineal en el consumo del forraje base, probablemente como resultado de altas tasas de sustitución. De manera inversa, corderos alimentándose con paja y suplementados con maíz tienen un incremento en el consumo a bajos niveles de suplementación. La respuesta de los corderos consumiendo dietas en base a paja puede ser explicada por la adición del suplemento proteico (Caton y Dhuyvetter, 1997).

La reducción en el consumo asociada a la suplementación con maíz ha sido atribuida al almidón debido de una manera u otra a las depresiones del pH ruminal. La baja en el pH asociada con el incremento del almidón dietario pueden afectar las bacterias ruminales hacia una población más amilolítica y menos celulolítica, lo que resulta en un efecto negativo sobre el consumo de forraje (Caton y Dhuyvetter, 1997).

Por otra parte, en términos generales la suplementación energética deprime el consumo de forraje; independientemente de cual sea la dieta base, el suplemento o del nivel del mismo. De cualquier manera, se podría tomar como regla general que los suplementos energéticos están hechos a base de granos, y en la medida que sean ricos en almidón (maíz, sorgo) y sean suministrados en cantidades elevadas los mismos pueden deprimir la digestibilidad del forraje y en particular de la fracción fibra, deprimiendo así también el consumo. Por el contrario, granos con menos contenido de almidón o subproductos de granos afectan menos la digestión de la fibra, debido a una menor alteración de las condiciones del rumen, fundamentalmente el pH, no provocando alteraciones a nivel de la microflora ruminal. Algunos ejemplos de esto, entre otros son los afrechillos de trigo y arroz, las pulpas de remolacha y citrus, el gluten feed, la cáscara de soja (Mieres, 1997).

Oscarberro, citado por Cabrera y Echevarria (1992), hallaron que la suplementación con concentrados proteicos en ovinos pastoreando forrajes de baja calidad era un factor que podía aumentar el consumo.

El NRC, citado por Caton y Dhuyvetter (1997), indica que a medida que se incrementa la participación de concentrado en la dieta, la eficiencia del uso de la energía, para mantenimiento y ganancia incrementa. Las reducciones en el consumo de energía y cambios marginales en el consumo de materia orgánica digestible, pueden estar parcialmente compensadas por cambios en la eficiencia del uso de la energía.

2.6.3.2. Efecto de la suplementación sobre productividad y performance animal

Karnezos et al. (1994), encontraron que la suplementación con grano de maíz a corderos pastoreando forrajes con altos niveles de proteína, posibilita incrementos en las tasas de ganancia, en la producción por hectárea (reflejada en mayores cargas), en los rendimientos de canal y en la cobertura de grasa del bife de las mismas. Aparentemente estas ventajas proporcionadas por la suplementación estarían explicadas por un uso más eficiente de la proteína de la pastura.

Hodgson (1990), señala que la respuesta animal al uso de suplemento es generalmente baja, excepto cuando la calidad de la pastura es muy pobre o cuando el potencial productivo de los animales es considerado muy alto.

Arocena y Dighiero (1999) estudiaron el efecto de la suplementación con grano de cebada entero (0.6 % del PV) sobre la productividad de corderos pastoreando una mezcla de avena y raigrás, sugieren que en los primeros ciclos de pastoreo (ciclos con una duración de 21 días), la pastura fue abundante en cantidad y calidad como para mantener un alto consumo y ganancia de peso de los animales, donde la inclusión de suplemento no se justificaba. Sin embargo, hallaron diferencias significativas en la evolución del peso vivo, a favor de la suplementación para los ciclos 3 y 4 de pastoreo.

Camesasca et al. (2002) estudiaron el efecto de la suplementación con grano de maíz entero (1% del PV) sobre la productividad de corderos pastoreando una pastura mezcla de trébol blanco, lotus y raigrás. En dicho estudio hallaron un marcado efecto, en los últimos dos ciclos de pastoreo (3 y 4) sobre la ganancia de peso de los animales a favor de la suplementación.

En situaciones en que la proteína cruda es limitante, la suplementación sólo energética, teóricamente, puede empeorar la deficiencia de proteína y resultar en una reducción en el consumo, digestibilidad y performance (Sanson et al., citados por Caton y Dhuyvetter, 1997). Este concepto recibe considerable atención como mecanismo que explica la reducción en el consumo y digestibilidad de forraje resultado de la suplementación energética (Caton y Dhuyvetter, 1997).

Para cuantificar el efecto de la suplementación la mayor parte de los autores plantean básicamente dos coeficientes; eficiencia de suplementación y eficiencia de conversión, Holder, Oficialdegui, citados por Akiki et al. (1992). La eficiencia de suplementación cuantifica el efecto de sustitución, mientras que la eficiencia de conversión es la relación entre las unidades de producto obtenido por unidad de suplemento consumido (Akiki et al., 1992).

2.6.3.3. Efecto sobre la producción de lana

Según Kempton, citado por Reis et al. (1992), el crecimiento de lana responde en forma directa al consumo de proteína sobrepasante, debido a que los aminoácidos azufrados provenientes del rumen, no son suficientes para cubrir los requerimientos para la máxima producción de lana. Por esto, el efecto de la suplementación energética se hace importante cuando el suministro de proteína no es limitante. En el caso de que la proteína sí sea limitante, tanto el diámetro como el largo de la fibra disminuyen (Black et al., citados por Reis et al. 1992).

Guarino y Pittaluga (1999), encontraron diferencias significativas en el peso de vellón (2.67 vs. 2.51 kg) y el rendimiento al lavado (64 vs. 66%) para los animales suplementados y los no suplementados, respectivamente. En tanto que otras características evaluadas como largo de mecha y diámetro de fibra no fueron afectadas por la suplementación.

En los trabajos realizados por Arocena y Dighiero (1999), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), la suplementación no tuvo efecto sobre las variables de crecimiento de lana como para las de calidad (rendimiento al lavado, diámetro de fibra y largo de mecha). Sin embargo, Correa et al. (2000) encontraron diferencias significativas para el crecimiento de lana limpia y sucia, a favor de los corderos no suplementados.

2.7. EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO ANIMAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

2.7.1. Introducción

Se denomina canal al cuerpo del animal desollado, sangrado, eviscerado y sin cabeza ni extremidades. Es el producto cárnico primario; es un paso intermedio en la producción de carne (Robaina, 2002).

La calidad de canal está estrechamente relacionada con la calidad del animal *in vivo* (nivel productivo) y se focaliza en el rendimiento carnicero de la res en el gancho (peso y proporción de los cortes más valiosos) y en aspectos que inciden en la calidad de la canal (estrés pre faena, decomisos por machucamiento y lesiones, cortes oscuros) (Brito et al., 2002b).

Según Robaina (2002) la determinación de la composición de la canal, puede realizarse mediante:

- despiece: composición anatómica
- disección: composición de los tejidos
- análisis químico: composición química

En situaciones de restricción forrajera, según el grado de madurez de la raza, se podrá estar afectando las reservas de la grasa sin reducir los parámetros productivos ni la calidad de la canal (razas precoces) o disminuyendo la velocidad de crecimiento (razas de maduración tardía) (Castro, 2002).

Los animales previo a la faena se someten a una serie importante de factores que afectan negativamente la calidad de la canal, asociado a diferentes condiciones de estrés, deshidratación y agotamiento como consecuencia; entre otros del manejo previo al embarque (carencia de alimentos y agua), de la carga y descarga, del medio de transporte, de la pesada. Todos estos factores afectan en forma distinta al animal y al rendimiento y calidad de su canal (Brito, 2002a).

2.7.2. Descripción y evaluación de canales

La evaluación de las canales se lleva a cabo con un objetivo económico, y se concentra en aquellas características que poseen mayor efecto sobre el valor de la canal. Según Robaina (2002), lo ideal es obtener la mayor cantidad de músculo (con las características de calidad deseadas), asentados en la menor cantidad posible de hueso y con un nivel óptimo de grasa.

2.7.2.1. Rendimiento en segunda balanza, producción de carne, peso de canal caliente y peso de canal fría.

Sainz (1996), observó que el peso de canal esta influenciado por la velocidad de crecimiento, edad de faena y régimen nutricional de los animales (Tonetto et al., 2002).

El rendimiento de faena se estima como la relación entre el peso de canal caliente (segunda balanza del frigorífico) y el peso en el establecimiento.

El rendimiento esta afectado particularmente por el nivel de alimentación, el tipo de dieta y el grado de ayuno. El mismo esta también afectado por factores más permanentes como raza, edad, nivel de nutrición y grado de desarrollo corporal (Owen, 1976).

Soeparo y Davies, Thatcher et al., citados por Arocena y Dighiero (1999), reportaron una asociación positiva entre el grado de engrasamiento y el rendimiento de canal.

Otro parámetro que se utiliza para evaluar canales es la merma por enfriado, la cual se estima como la diferencia entre el peso de canal caliente y el peso de canal fría (Robaina, 2002).

2.7.2.2. Clasificación y tipificación de canales

La dirección de Control de Calidad de INAC en el año 1996, elaboró un Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación de Carnes Ovinas (Anexo-Figura 2 y Figura 6) (Robaina, 2002). Este sistema, agrupa los animales por edad (0, 2-4 o >4 dientes incisivos permanentes) y sexo, y se definen categorías en función fundamentalmente de un parámetro objetivo como es la dentición (Robaina, 2002).

El sistema de tipificación contempla separadamente los atributos de conformación (desarrollo de las masas musculares) y terminación (cantidad y distribución de la grasa). Define cuatro categorías conformación, y tres grados de terminación (Anexo-Figura 6).

2.7.2.3. Grado de engrasamiento

En países de referencia mundial en producción y comercialización de carne ovina, la estimación de la cobertura de grasa se realiza mediante la medida del punto GR (Robaina, 2002).

Edwards et al. (1989), encontraron que el espesor de grasa estimado sobre la canal entre la 12-13^{ava} costilla (GR) estaba más altamente correlacionado con el rendimiento

de la canal (en porcentaje), que dicha medida de espesor de grasa estimada *in vivo* mediante ultrasonido (Cuadro 19).

Cuadro 19. Coeficientes de correlación simple entre variables estimadas *in vivo* y variables estimadas sobre la canal.

		Estimadas sobre la canal	
		EG (cm)	AOB (cm ²)
Estimadas (<i>in vivo</i>) por Ultrasonografía	EG (cm)	0.59**	-0.28
	AOB (cm ²)	0.09	0.36
	Peso Vivo (kg)	0.21	0.42*

Nota: EG: espesor de grasa estimado entre la 12 y 13^{ava} costilla; AOB: área de ojo de bife estimada entre la 12 y 13^{ava} costilla; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

Fuente: adaptado de Edwards et al. (1989).

Thatcher et al., citados por Arocena y Dighiero (1999), encontraron que existió una asociación positiva entre grado de engrasamiento y rendimiento de canal, la que probablemente se deba a una mejor nutrición. Los resultados obtenidos por dichos autores, muestran que conociendo el peso vivo lleno y la condición corporal de los animales, se puede predecir el 47% de la variación en GR y 57% del score de grasa, y que las mismas variables describen el 80% de la variación en la cantidad de grasa subcutánea.

2.7.2.4. Composición regional de la canal

El relevamiento del peso de los distintos cortes de alto valor (pierna con cuadril sin hueso, bife, lomo o freched rack) y consecuentemente el porcentaje que cada uno de ellos representa en el total de la canal, constituyen parámetros de importancia a la hora de evaluar eficiencia carnicera (Robaina, 2002).

Según Thompson (1991), el estado de madurez o el peso corporal al cual el animal es faenado, es el principal determinante de la composición de la canal.

2.7.2.5. Estimación del área de ojo del bife

Se denomina “ojo de bife” a la sección transversal del músculo *Longissimus lumborum*. Esta sección permite evaluar varios indicadores relacionados con la composición y con la calidad de la carne (Robaina, 2002).

El “ojo de bife” se puede evaluar *in vivo* mediante el uso de técnicas de ultrasonografía, o una vez faenado el animal al realizar el despiece de la canal (en ambos casos se efectúa a nivel de la 13^{ava} vértebra torácica) (Robaina, 2002).

La medición del “ojo de bife” es un buen indicador para la evaluación de las reses sobre la base de su rendimiento carnicero y calidad de su carne. Además, sirve para comparar y evaluar la precisión de la medida tomada *in vivo* mediante ultrasonografía (Robaina, 2002).

2.7.2.6. Composición tisular de la canal

La proporción de los tejidos (hueso, músculo y grasa) de la canal se puede estimar mediante la disección de algún corte de la misma (Robaina, 2002).

En animales en crecimiento, la composición de la ganancia de peso varía con el estado de madurez del animal (generalmente, la edad es un indicador de dicho estado) y este a su vez determinara la composición final de la canal. Como ejemplo de lo anterior se puede mencionar el crecimiento del tejido muscular (o retención de proteína), el cual declina con la edad (Castro, 2002).

En canales del mismo peso, la composición porcentual de cada tejido varía con la raza y la velocidad de crecimiento, siendo el músculo el principal componente del rendimiento carnicero y el de mayor valor comercial. La canal ideal deberá tener por lo tanto, el máximo de músculo, el mínimo de hueso y un nivel de engrasamiento adecuado a las exigencias y tipo de mercado (Castro, 2002).

Murphy et al. (1994), estimaron la composición de la canal de corderos (2 machos y 2 hembras) con un promedio de peso vivo de 28.3 kg (Cuadro 20).

Cuadro 20. Composición física y química de la canal y cortes primarios de ovinos.

	Media Canal		Pierna		Bife		Frenched Rack		Paleta	
	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%
Peso Total (PT)	5941	100	2042	100	704	100	465	100	1429	100
Composición Física: Separación de tejidos (peso en gramos y proporción en %)										
Músculo	2963	49.9	1287	63.0	394	56.0	196.0	42.2	820	57,4
Hueso	1287	21.7	442	21.6	92	13.1	169.0	24.0	376	26,3
Grasa subcutánea	451	7.6	180	8.8	89	12.6	49.0	7.0	51	3,6
Grasa intermuscular	372	6.3	103	5.0	23	3.3	32.0	4.5	172	12,0
Grasa mesentérica	95	1.6	22	1.1	53	7.5	11.0	1.6	-	-
Grasa Total	918	15.5	305	14.9	165	23.4	92.0	13.1	223	15,6
Composición Química¹ (%)										
	Media Canal	Pierna	Bife	Frenched Rack	Paleta					
Agua	60.91	76.28	75.15	75.16	75.18					
Proteína	18.45	21.12	20.37	20.22	18.75					
Grasa	16.04	3.02	4.88	4.86	5.96					

Nota: ¹: Análisis químico de la media canal entera y del músculo para los cortes primarios individuales.

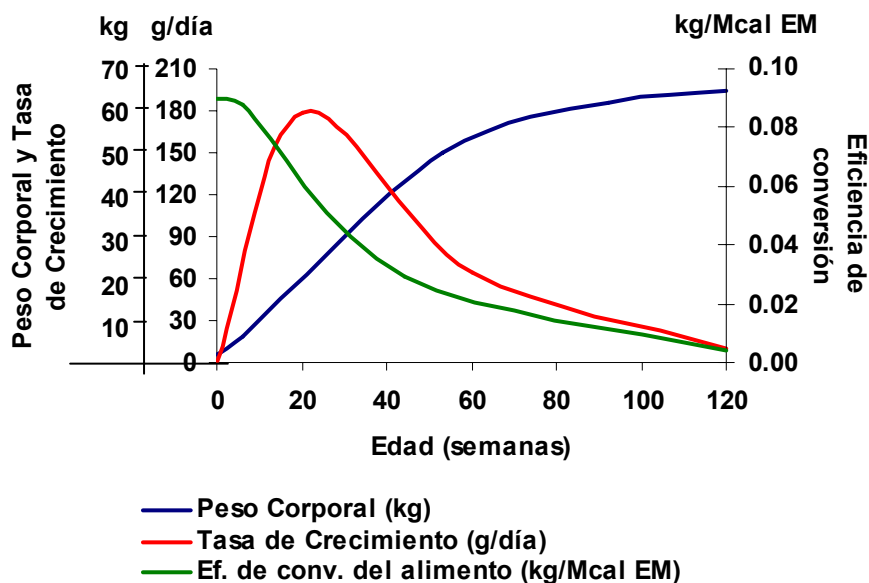
Fuente: adaptado de Murphy et al. (1994).

2.7.3. Factores que afectan el crecimiento y su influencia sobre la canal

La raza o genotipo, sexo, edad, peso, sistema de alimentación y sus combinaciones afectan en mayor o menor grado la calidad de carne producida en el primer eslabon de la cadena agroindustrial (empresa productora) y por ende condicionan la calidad del producto de comercialización final (Da Silveira y Sañudo, citados por De Barbieri et al., 2000).

El crecimiento de los corderos desde el nacimiento, en condiciones ambientales adecuadas, toma una forma de curva sigmoidea (Figura 24), acelerando la ganancia hasta alcanzar la pubertad y disminuye gradualmente hasta alcanzar la madurez (Prescott, citado por Dos Santos et al., 2001). Según Owen (1976), la máxima tasa de crecimiento de peso vivo, bajo condiciones óptimas, ocurre entre el primer y el quinto mes de vida.

Figura 24. Evolución del peso corporal, la tasa de crecimiento y la eficiencia de conversión del alimento en peso vivo en corderos Merino.

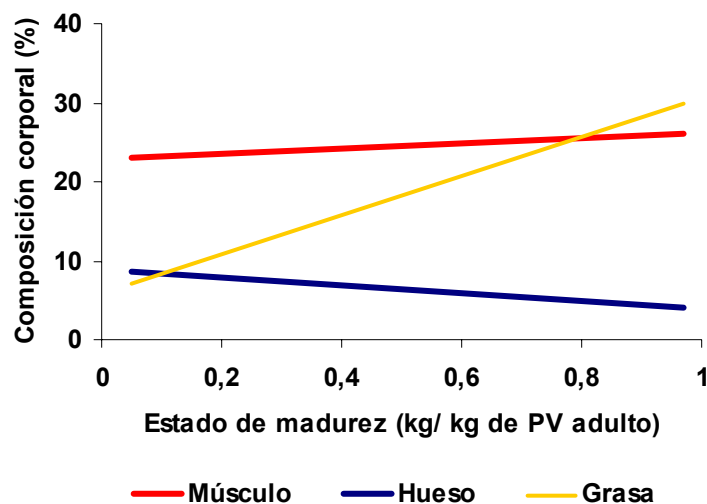


Fuente: adaptado de Thompson (1991).

Los constituyentes básicos de la canal son músculo, hueso y grasa. Cada tejido tiene su mayor desarrollo en diferente fase de crecimiento. De acuerdo con la madurez fisiológica el tejido óseo es el que presenta crecimiento más precoz, luego el músculo y el tejido adiposo es el más tardío (Hammond, citado por Dos Santos et al., 2001).

A medida que un ovino aumenta su peso vivo, los tejidos óseo, adiposo y muscular también aumentan en peso. Sin embargo, en la Figura 25, las pendientes de las curvas muestran que a medida que el peso aumenta la grasa aumenta, pero el porcentaje de hueso disminuye, mientras que el porcentaje de músculo de la canal permanece casi constante, resultados que concuerdan con los obtenidos por Thompson, citado por De Barbieri et al. (2000).

Figura 25. Cambio en las proporciones de los diferentes tejidos corporales (hueso, músculo y grasa) en función del estado de madurez de carneros Merino.



Fuente: adaptado de Thompson (1991).

El esqueleto como un todo (representado por la fracción hueso) es un componente de maduración temprana en el cuerpo. Al nacimiento representa el 17.3% del peso corporal y a las 41 semanas se reduce a 5.9%. Los huesos del cráneo maduran más temprano que el resto del esqueleto, y las costillas son las más tardías (Owen, 1976).

La proporción de músculo varía menos, conformando el 27% al nacimiento, siendo 24% a las 41 semanas. Los músculos del cuello y de la cabeza maduran relativamente más temprano comparado con la masa total de músculo, mientras que los músculos del lomo maduran más tardíamente (Owen, 1976).

Los depósitos de tejido del cuerpo de los corderos que son de maduración tardía como el caso de la grasa, al nacimiento representan sólo un 3.7% y a las 41 semanas llegan a 31% del peso vivo. Los tejidos de desarrollo más temprano los correspondientes a los órganos esenciales, luego los huesos y músculo y por último el tejido adiposo (Owen, 1976).

Tanto la proporción de vísceras, como de hueso varía inversamente con el contenido de grasa del cuerpo (Prescot, citado por Camesasca et al., 2002).

2.7.3.1. Efecto del peso vivo

La importancia del peso radica en que es un reflejo del desarrollo (estado de madurez), aunque existe un peso de faena óptimo (que debe ser estudiado para cada

situación) en el cual la composición de la canal tiene las proporciones más favorables del músculo respecto al hueso, y es el principal determinante de la composición de la canal (Thompson, citado por De Barbieri et al., 2000).

Theriez et al., citados por Arocena y Dighiero (1999), evaluaron la composición química de la canal de corderos a diferentes pesos vivos (**Cuadro 21**), observaron un aumento en el contenido de grasa junto con la energía y una disminución en la proporción de agua, mientras que el contenido de proteína se mantiene constante en la medida que el peso vivo se incrementa, resultados que concuerdan con los obtenidos por Thompson (1991).

Cuadro 21. Proporción (g/kg) de agua, grasa, proteína cruda y ceniza y contenido de energía bruta (MegaJoules/kg) de la canal de corderos cruce con diferentes pesos vivos vacíos.

	Peso Vivo Vacío (kg)		
	25	30	35
Composición corporal (g/kg)			
Agua	646	618	595
Grasa	152	179	207
Proteína	166	165	164
Ceniza	33	33	32
Energía Bruta (MJ/kg)	6.69	10.79	11.82

Fuente: Theriez et al., citados por Arocena y Dighiero (1999).

2.7.3.2. Efecto del sexo

Con respecto a las hembras, los machos se caracterizan por un mayor peso del hígado, de los órganos digestivos y del esqueleto, mientras que las primeras son superiores en depósitos de tejidos adiposos. Las hormonas pueden actuar como promotoras del crecimiento, actuando como agentes anabólicos esteroides (Arbiza y Lucas, 1996).

En general, las hembras crecen a menor velocidad que los machos y sus canales maduran antes y tienen, en general, un tamaño menor (Arbiza y Lucas, 1996).

2.7.3.3. Efecto de la raza paterna

Ganzábal et al. (2002), estudiaron el efecto de la raza del padre sobre las características de la canal. Como puede observarse en el Cuadro 22 se destaca la superioridad de los corderos hijos de padres Île de France en el peso de canal fría, producto de su mayor tasa de crecimiento. Los valores de GR son inferiores para

Milchscharf que para las otras razas, presentando igual tendencia la grasa subcutánea (punto C).

Cuadro 22. Efecto de la raza del padre sobre las características de la canal.

	Peso canal Fría (kg)	GR derecho (mm)	Punto C (mm)	AOB (cm ²)
Ideal (I)	14.5	8.69	4.84	17.96
Île de France x I	19.1	9.14	6.23	17.82
Milchscharf x I	18.7	5.56	4.9	16.54
Texel x I	17.9	8.17	5.64	16.41

Nota: GR: espesor de grasa entre la 12-13^{ava} costilla (mm); Punto C: espesor de la grasa subcutánea sobre el músculo *Longissimus lumborum* a la altura de la 12-13^{ava} costilla; AOB: área de ojo de bife.

Fuente: Ganzábal et al. (2002)

Las razas de madurez tardía como Suffolk, Texel, Oxford, etcétera, poseen una muy alta velocidad de crecimiento. La velocidad de crecimiento está correlacionada inversamente con la precocidad de los animales. En general, las razas más pequeñas son más precoces. Acumulan más rápidamente tejido graso, pero a su vez poseen menor velocidad de crecimiento frente a otras de mayor tamaño. La heterosis o cruzamientos también aumentan generalmente la tasa de crecimiento y por el contrario la endogamia lo deprime (Arbiza y Lucas, 1996).

2.7.3.4. Efecto de la alimentación sobre el crecimiento animal y características de la canal

Según Black, citado por Bell et al. (1991), la capacidad de variar la composición de las canales ovinas mediante la alimentación es limitada. Esto coincide con lo observado por Lord et al., citado por De Barbieri et al. (2000), quienes a un mismo peso de canal encontraron un mayor efecto genético que nutricional, destacando que sólo en la grasa subcutánea se aprecian efectos debidos al manejo nutricional.

Por otra parte Brito (2002a), destaca que el nivel y tipo de alimentos que recibe un rumiante durante su período de engorde, dentro de determinados márgenes, modificará la composición y la calidad de la canal.

Arbiza y Lucas (1996), afirman que dentro de los factores ambientales que afectan el crecimiento, sin duda los nutricionales ocupan un papel fundamental. El crecimiento está en función de los niveles de alimentación del animal y la eficiencia con que este convierte este alimento en peso vivo.

Rendimiento

Brito (2002a), afirma que abundante información demuestra que el rendimiento carnicero de los animales alimentados con grano (con una relación energía/proteína de la dieta alta) es superior al de aquellos alimentados en base a pasturas, explicado esto principalmente por el menor contenido gastrointestinal de los primeros y a que los animales con alto contenido de energía en su dieta, almacenan el exceso de esta en forma de grasa, luego de satisfacer sus necesidades de mantenimiento y crecimiento. En sentido contrario, cuando se incrementa la relación proteína/energía en la dieta, se favorece el crecimiento del animal, pudiéndose obtener un animal más magro.

Arocena y Dighiero (1999), De Barbieri et al. (2000), no hallaron efecto de la suplementación sobre el rendimiento de las canales. Sin embargo, Guarino y Pittaluga (1999), Camesasca et al. (2002) obtuvieron, sobre dicha variable, diferencias significativas a favor de los animales no suplementados. Todos los autores encontraron diferencias significativas en el peso de canal caliente y peso de canal fría como respuesta a favor de los animales suplementados (Cuadro 23).

Cuadro 23. Efecto de la suplementación de corderos (si o no) en experimentos con diferentes niveles de suplementación y diferentes suplementos sobre el peso vivo a faena y los pesos de canal caliente y fría obtenidos.

Fuente	%PV	Suplemento	Peso Vivo Final (kg)			Peso Canal Caliente (kg)			Peso Canal Fría (kg)		
			Si	No	P	Si	No	P	Si	No	P
Guarino y Pittaluga (1999)	1.2	Afrechillo de Trigo	34.8	35.0	**	15.3	16.0	*	-	-	-
Arocena y Dighiero (1999)	0.6	Grano de Cebada entero	33.6	31.5	**	15.2	13.9	**	14.8	13.5	**
De Barbieri et al. (2000)	1.2	Afrechillo de Trigo	32.8	30.0	**	15.1	14.1	*	14.8	13.8	*
Camesasca et al. (2002)	1.0	Grano de Maíz entero	45.0	43.1	ns	23.5	21.9	*	22.9	21.3	**

Nota: * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.05$).

El efecto de la nutrición sobre la conformación y composición de la canal es sumamente variable ya que la interacción de los distintos factores de producción (raza, sexo, precocidad, estado de desarrollo, alimentación, etc.) hace que el resultado final no sea siempre el esperado (Brito, 2002a).

Efecto de la alimentación sobre el grado de engrasamiento

Según Black, citado por Soeparo y Davies (1987), animales consumiendo dietas en base a pasturas usualmente son más magros que aquellos que consumen dietas en base a concentrados. Soeparo y Davies (1987), sugieren que ovinos alimentándose con dietas de alta energía metabolizable tienen significativamente una mayor proporción de grasa que los animales con igual peso corporal pero ingiriendo dietas de bajo contenido de energía metabolizable.

Burton y Reid, citados por Arocena y Dighiero (1999), encontraron que al aumentar el nivel energético de la dieta no se vio afectado el contenido de grasa de canales evaluadas a un peso constante para grupos genéticamente iguales. Contrariamente, Botkin et al., Tatum, citados por Arocena y Dighiero (1999), determinaron que animales engordados en pasturas eran a menudo más magros que aquellos terminados con suplementos, los cuales tienen como principal desventaja el sobre engrasamiento.

Soeparo y Davies, citados por Arocena y Dighiero (1999), demostraron que mayores tasas de crecimiento no necesariamente producen animales más engrasados.

Efecto de la alimentación sobre la composición regional de la canal

Camesasca et al. (2002), no hallaron efecto de la suplementación sobre área del ojo de bife (AOB) medida por ultrasonografía. A su vez obtuvieron una asociación lineal positiva entre el AOB medida por ultrasonografía y el peso de la pierna con cuadril y sin hueso pero con un ajuste del 36.5%.

En el Cuadro 24, se observan los resultados obtenidos por varios autores, ninguno de ellos detectó diferencias significativas en el peso de la paleta debido al efecto de la suplementación. Por otro lado, De Barbieri et al. (2000), fueron los únicos en hallar diferencias para el peso de la pierna con cuadril, dicha diferencia se presentó a favor de los animales suplementados. Los mismos autores hallaron diferencias para el peso del bife coincidiendo con los resultados obtenidos por Guarino y Pittaluga (1999), ambos a favor de la suplementación.

Cuadro 24. Efecto de la suplementación de corderos (si o no) en experimentos con diferentes niveles de suplementación y diferentes suplementos sobre la composición regional de la canal.

Fuente	Pierna c/cuadril (kg)			Bife (kg)			Paleta (kg)		
	Si	No	P	Si	No	P	Si	No	P
Guarino y Pittaluga (1999)	1.45	1.36	ns	0.38	0.33	*	0.89	0.82	ns
Arocena y Dighiero (1999)	1.51	1.37	ns	0.38	0.34	ns	1.43	1.37	ns
De Barbieri et al. (2000)	1.38	1.24	*	0.34	0.29	*	1.47	1.41	ns
Camesasca et al. (2002)	2.197	2.266	ns						
Camesasca et al. (2002) ⁽¹⁾	2.275	2.313	ns						

Nota: ⁽¹⁾: Ajustado por peso canal caliente.

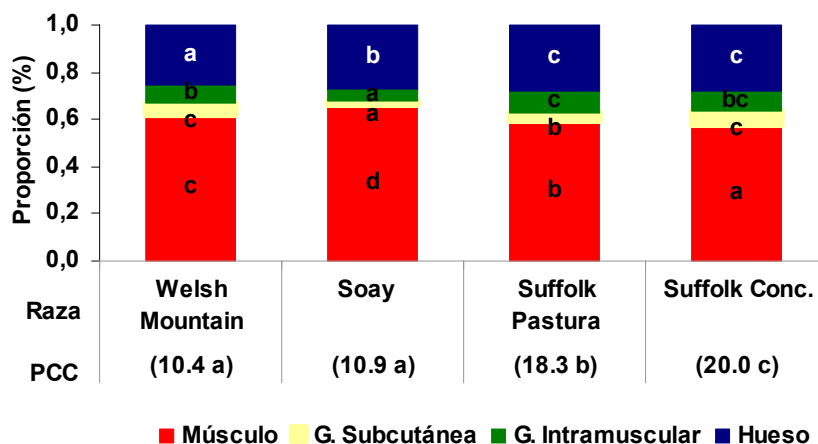
Efecto de la alimentación sobre composición tisular

Kirton, citado por De Barbieri et al. (2000), utilizó las variables peso de la canal caliente y GR como predictores de la composición de la canal. Estas explican entre el 50 y 70% de las variaciones en contenido de grasa y hueso de la canal y de 26 al 47% de la variación en contenido de músculo. El mencionado investigador encontró que descensos de un milímetro en el GR de la canal significarían 1% menos de grasa, 0.5% más de músculo y 0.5% más de hueso en la composición de la canal.

Hammond, citado por Dos Santos et al. (2001), postuló que la subalimentación durante la fase de crianza puede retardar la diferenciación entre los componentes del cuerpo de acuerdo a su función. De este modo los componentes de maduración temprana se verán menos afectados que aquellos de maduración tardía.

Fisher et al. (2000), trabajando con diferentes razas y niveles de alimentación (Figura 26), hallaron diferencias significativas entre tratamientos para todas los tejidos. En la fracción músculo se observaron diferencias entre todos los tratamientos; la fracción hueso presento diferencias entre razas pero no entre dietas dentro de la misma raza.

Figura 26. Proporción de los diferentes tejidos que componen las canales según raza.



Nota: Conc.= concentrado energético. PCC: peso de canal caliente (kg), medias con letras diferentes son significativamente diferentes entre si ($P<0.001$). Soay faenados a los 12 meses, el resto antes de cumplir el año. Fuente: Fisher et al. (2000).

McClure et al. (2000), no halló efecto de la dieta, del sexo ni de la su interacción de estos factores, sobre la composición de tisular de la canal. Sin embargo, Sañudo et al. (2000), destacó el efecto del sexo sobre proporción de hueso ($P<0.05$) y grasa ($P<0.01$) pero no sobre la proporción de músculo.

2.8. EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE COMPONENTES NO CANAL

2.8.1. Introducción

Jenkins y Leymaster, citados por Silva Sorvinho et al. (2003), hallaron que cambios en los sistemas de alimentación durante la etapa de rápido crecimiento del animal, pueden influenciar el desarrollo de los órganos, resultando en alteraciones de los requerimientos energéticos de mantenimiento, y por lo tanto influenciando la tasa de conversión del alimento.

Jenkins y Leymaster, citados por Silva Sorvinho et al. (2003), obtuvieron resultados que muestran que el peso relativo de los órganos varía según el estado de desarrollo del animal; los órganos esenciales para los procesos vitales (respiración y metabolismo) poseen mayor desarrollo al nacimiento, que aquellos asociados a almacenamiento de nutrientes y locomoción. Por su parte, los órganos asociados a la reproducción son los últimos en alcanzar la madurez.

Drouillard et al., citados por Teixeira da Rosa et al. (2002) observaron que los órganos de importancia para el animal como cerebro, ojos, extremidades, pulmones, riñones, corazón, esófago, abomaso e intestino delgado, son proporcionalmente mayores al nacimiento por lo cual poseen un desarrollo menor en la vida postnatal con respecto a las demás partes del cuerpo.

El orden de crecimiento de los órganos del aparato digestivo desde el nacimiento hasta la edad adulta es: rumen, retículo, omaso, ciego, intestino grueso, recto, abomaso y esófago (Teixeira da Rosa et al., 2002). Los mismos autores manifiestan que el crecimiento rápido de los preestómagos comienza en el momento que el animal inicia la ingestión de alimentos sólidos, momento en el cual el crecimiento del intestino delgado se interrumpe, y el rumen pasa a ser el órgano dominante a partir de la 12^{ava} e 16^{ava} semana de edad.

Teixeira da Rosa et al. (2002), en un ensayo en el cual evalúan distintos sistemas de alimentación, concluyen que la cabeza, patas, riñones y pulmones más traquea ejercen mayor influencia sobre el peso vivo de los ovinos jóvenes, una vez que sus proporciones disminuyen al elevarse el peso de faena de 25 para 33 kg, y lo inverso ocurre con la grasa perirrenal. Por otra parte, en relación al peso vivo vacío, el crecimiento de las patas, corazón pulmones más traquea, riñones es precoz contrastando con hígado y gordura perirrenal los cuales son más tardíos. A su vez, concluyen que el crecimiento del rumen y retículo es tardío independientemente del método de alimentación y del sexo.

McClure et al. (2000) comprobaron que factores de manejo pueden cambiar la proporción y el peso de los órganos de los rumiantes. Dichos autores, utilizando

alimentaciones contrastantes de concentrados energéticos vs. voluminosos (alfalfa), encontraron diferencias en el peso de diferentes órganos viscerales entre animales con diferente alimentación.

Silva Sorvinho et al. (2003), comparando dietas con diferentes relaciones de concentrado y voluminoso hallaron pequeñas diferencias en el peso de los órganos en relación al peso vivo a la faena, peso vivo vacío y peso del total de los órganos. También comprobaron interacciones entre la relación de dichos componentes de la dieta y el peso vivo a faena, sobre las variables de peso de los pulmones con tráquea, hígado, páncreas, tiroides y glándulas anexas.

2.8.2. Efecto de la dieta

Según Black, citado por Teixeira da Rosa et al. (2002), el crecimiento de órganos como el hígado, riñones y tracto digestivo implican rápidos cambios de peso cuando el animal recibe dietas por encima del mantenimiento, mientras que estos presentan una notable atrofia cuando los animales reciben dietas por debajo del nivel de mantenimiento.

Coleman et al., citados por McClure et al. (2000), encontraron que rumiantes alimentándose de forraje tienen mayor capacidad ruminal. A su vez, reportaron que ganado alimentado a base de concentrados, posee hígados más grandes que los alimentados con forraje.

McClure et al. (2000), encontraron que los animales que fueron alimentados con alfalfa durante toda su vida tenían riñones más pesados, intestino delgado más liviano pero más largo y retículo rumen e hígado más livianos, que aquellos que en algún momento (fase de crecimiento o de engorde) habían sido alimentados con concentrados. Sin embargo, el peso del omaso y del abomaso fueron muy similares para los diferentes tipos de alimentación hacia el final de la fase de crecimiento. Por otra parte, los intestinos fueron más pesados cuando los animales habían consumido alfalfa (Cuadro 25).

El peso del hígado y del retículo-rumen fueron mayores y el omaso, ciego e intestino grueso fueron menores para corderos que siempre se alimentaron de concentrado que para aquellos que obtuvieron alimentación con voluminosos en la fase de crecimiento o en la de engorde (McClure et al., 2000).

Bruns et al., citados por McClure (2000), reportaron que animales alimentados con pellet de alfalfa mostraron mayor desarrollo en los intestinos que aquellos que eran alimentados con dietas ricas en concentrado.

Fluharty y McClure (1997), reportaron que los intestinos delgado y grueso tuvieron mayores pesos para corderos pastoreando alfalfa que para aquellos que consumían solo concentrado en confinamiento.

McClure et al. (2000), observaron que el retículo-rumen de corderos alimentados durante toda su vida con concentrado continuaron incrementando de peso, pero en aquellos que fueron alimentados sobre forraje dicho peso vario muy poco durante la fase de engorde.

Silva Sorvinho et al. (2003), trabajando con animales faenados a los 34 kg de peso vivo, obtuvieron que aquellos animales que habían recibido un dieta conformada por 30% voluminoso y 70% concentrados, presentaban hígado, páncreas, tiroides y pulmones con traquea más pesados y glándulas anexas más livianas, que aquellos animales que recibieron una dieta 50:50%.

Por otro lado, comparando animales con distinto peso vivo a faena, obtuvieron que los animales faenados con 34 kg de peso vivo, presentaban, en términos relativos, pulmones con tráquea y glándulas anexas más pesados y el páncreas más liviano que los animales faenados con 30 kg de peso vivo. También hubo diferencias entre corderos faenados a los 30 o 34 kg de peso vivo para lengua, pulmones con traquea, corazón, diafragma, páncreas y bazo, siendo menores en los animales faenados a los 34 kg de peso vivo (Silva Sorvinho et al., 2003).

Delfa et al., citados por Silva Sorvinho et al. (2003), registraron pesos de pulmones con traquea de 200 a 600 g y verificaron que tales órganos provenientes de animales jóvenes podrían ser utilizados para la alimentación humana. El hígado fue el segundo órgano en importancia, con pesos entre 198 y 625 g, dependiendo de la edad. El corazón fue el tercero, y presentó pesos entre 76 y 170 g.

McClure et al. (2000), encontraron diferencias significativas para peso de la media canal derecha, hígado, intestino delgado y grueso, y grasa mesentérica (Cuadro 25).

Cuadro 25. Efecto de la dieta y del sexo sobre las características de la canal y viseras, medidos en corderos faenados al final de la fase de crecimiento.

	Concentrado ^a		Alfalfa ^a		Probabilidad	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Dieta	Sexo
VARIABLES DE CANAL						
Peso de faena (kg)	37.8	37.1	37.0	36.7	ns	ns
Peso 1/2 canal caliente derecha (kg)	8.5	9.0	8.4	7.7	*	ns
Depósito de grasa ^b (mm)	1.8	1.8	1.1	1.3	ns	0.09
Grasa ^c (%)	0.61	0.55	0.27	0.45	ns	0.06
AOB ^d (cm ²)	15.3	15.8	15.1	16.3	ns	ns
VARIABLES ÓRGANOS Y VÍSCERAS (GRAMOS)						
Corazón	188	170	174	166	ns	ns
Hígado	1002	1010	844	836	*	ns
Riñones	135	141	151	144	ns	ns
Rumen +retículo	967	963	910	862	ns	ns
Omaso	79	83	104	98	0.08	ns
Abomaso	223	188	241	229	ns	ns
Intestino delgado	971	841	1282	1087	*	ns
Ciego	56	40	59	56	ns	0.08
Intestino grueso	386	328	439	428	*	ns
Grasa mesentérica	1024	1176	626	997	*	*

^a Tratamiento: dieta en base a concentrado ofrecido para consumo *ad libitum* en confinamiento y alfalfa (pastoreo directo).

^b Depósito de grasa sobre el centro del músculo *Longissimus lumborum* entre la 12^{ava} y 13^{ava} costilla.

^c Grasa de Riñón, Pelvis, y Corazón.

^d Área de ojo del bife.

Fuente: McClure et al. (2000).

Peña et al., citados por Silva Sorvinho et al. (2003), verificaron una reducción en el peso individual de los órganos, como porcentaje del peso vivo a faena, para el bazo y los riñones y aumento para los testículos, con el aumento de edad y peso vivo a faena, confirmando los resultados obtenidos por Silva Sorvinho et al. (2003).

Silva Sorvinho et al. (2003), concluyen en su trabajo que el peso vivo al momento de la faena y la relación voluminoso: concentrado de la dieta, no afectaron el peso de los órganos. No obstante, obtuvieron disminución del peso de los órganos con respecto al peso vivo a faena al aumentar este; para lengua, corazón, pulmones con traquea, diafragma, páncreas y bazo, y con respecto al peso del total de los órganos, para pulmones con traquea, páncreas y bazo.

2.9. CALIDAD COMESTIBLE DE LA CARNE

2.9.1. Introducción

Brito et al. (2002a), definen como calidad al conjunto de características de un producto, en este caso la carne, que inciden en la preferencia de un consumidor por dicho producto sobre otro. A su vez, los mismos autores definen calidad como todos los factores que afectan al valor y/o la aceptación de los ovinos y vacunos, sus canales y sus subproductos.

El consumidor percibe a la calidad en la carne por dos grandes aspectos: a) por su valor nutritivo y seguridad alimentaria (los cuales son medidos objetivamente) y b) por sus atributos visuales y palatabilidad (terneza, sabor y jugosidad), los cuales son altamente subjetivos (Brito et al., 2002c).

Por otra parte, Lawrie (1998), sostiene que de los atributos de la calidad comestible, el color, la capacidad de retención de agua y algunos de los olores de la carne son detectados tanto antes como después del cocinado y proporcionan al consumidor una sensación más prolongada que la jugosidad, textura, terneza, gusto y la mayoría de los olores que se detectan durante la masticación.

2.9.2. Apariencia de la carne (atributos visuales)

La apreciación visual es el primer aspecto considerado por el consumidor de carne en su decisión de compra, para quién el color de la carne y de la grasa, son sinónimos de frescura y conservación del producto (Brito et al., 2002c).

Desde el punto de vista de la calidad de la carne, los parámetros más afectados por los distintos sistemas de alimentación serán el color de la grasa y la carne, así como la edad, composición y distribución de los depósitos adiposos (Brito et al., 2002b).

2.9.2.1. Color de la carne y de la grasa

Según Castro (2002), el color de la carne esta determinado por un pigmento denominado mioglobina. Lawrie (1998), afirma que el color de la carne no es sustancialmente debido a la hemoglobina a menos que el sangrado hubiera sido defectuoso. A su vez, este autor plantea que la apariencia de la superficie de la carne para el consumidor depende de la cantidad y tipo de molécula de mioglobina presente, de su estado químico y de las condiciones físicas y químicas de otros componentes de la carne; los cuales, a su vez, están determinados por otros factores (Lawrie, 1998).

El color de la grasa y la firmeza de la misma son características fuertemente influidas por el tipo de alimentación. Field et al., citados por Arocena y Dighiero (1999),

encontraron que corderos alimentados en base a maíz, el cual suministrado en altas cantidades, produjo engrasamiento de mala apariencia (blando y amarillo).

2.9.2.2. Textura

Otro factor es la textura que depende del tamaño del grupo de fibras musculares, determinado, entre otros factores, por el número y el tamaño de las fibras, la edad del animal, el sexo y la raza (Brito, 2002a).

2.9.3. Palatabilidad

Otro factor, que influye en la aceptación, es la palatabilidad, esta está conformada por tres elementos: la terneza, el sabor y la jugosidad (Brito et al., 2002b).

2.9.3.1. Terneza

La terneza es un carácter sensorial de la carne que cada día juega un papel más trascendente en los gustos del consumidor. La sensación de blandura se debe en primer lugar a la facilidad con que los dientes penetran en la carne; en segundo lugar a la facilidad con que la carne se divide en fragmentos y en tercer lugar a la cantidad de residuo que queda después de la masticación (Weir, citado por Lawrie 1998, Castro 2002).

De todos los atributos de calidad comestible de la carne; la textura y la terneza son actualmente considerados los más importantes por el consumidor medio siendo incluso mayores que el aroma o color (Lawrie, 1998).

2.9.3.2. Olor y sabor

El sabor es otro carácter sensorial de la carne, que juega cada día un papel más fundamental en lo que a calidad de carne se refiere. La evolución del sabor incluso del olor, se realiza principalmente mediante paneles de degustadores (Castro, 2002).

El flavor es una sensación compleja. En el mismo intervienen el olor, sabor, textura, temperatura y pH. De todos los componentes, citados, el más importante es el olor. Sin una u otra de las 4 sensaciones gustativas primarias –amargo, dulce, ácido y salado- el olor es la sensación predominante. El olor y el sabor son las sensaciones más difíciles de medir objetivamente (Lawrie, 1998).

A su vez, el sabor y olor de la carne tienen importancia, además del punto de vista organoléptico, fisiológicamente, ya que si son agradables, estimulan la secreción de los jugos digestivos (Castro, 2002).

2.9.3.3. Jugosidad

Se entiende por jugosidad al contenido de humedad de la carne y la estimulación de la salivación que esta provoca. El sabor se define como el aroma y el gusto, dónde la grasa hace el principal aporte (Brito et al., 2002c).

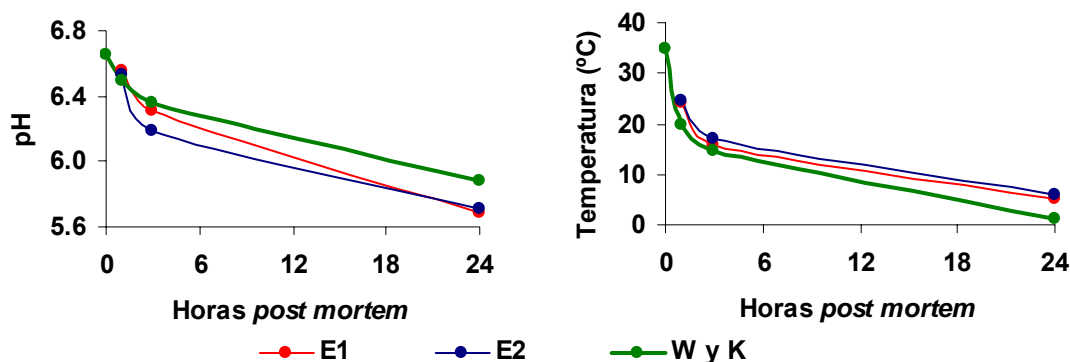
La capacidad de retención de agua es indiscutiblemente un importante factor de calidad porque afecta a la carne antes de cocinarla, durante el cocinado y su jugosidad al masticar la carne cocinada (Lawrie, 1998).

2.9.4. Conversión del músculo en carne

Desde el momento que el animal es faenado, se desencadenan mecanismos de transformación del músculo en carne que implica el desarrollo de fenómenos bioquímicos y biofísicos. Este conjunto de fenómenos definen al proceso denominado “evolución *pos mortem*” de la carne. En éste, se comprueba entre otros hechos, un descenso del pH (Figura 27) asociado a las reservas energéticas del animal al momento de faena o a su nivel inicial de glucógeno, ya que éste se transformará por el mecanismo de la glucólisis anaeróbica en ácido láctico responsable del descenso del pH requerido para un proceso correcto de transformación del músculo en carne (Castro, 2002).

Los componentes relacionados a la calidad de la carne (terneza, jugosidad, color y sabor) pueden ser ampliamente influenciados por los cambios que se experimentan durante el proceso de conversión del músculo en carne (Zeola et al., 2002).

Figura 27. Evolución de la temperatura y del pH en el músculo *Longissimus lumborum* de corderos.



Fuente: E1 (Experimento 1) y E2 (Experimento 2): Camesasca et al. (2002); W y K: Wheeler y Koohmaraie, citados por Camesasca et al. (2002).

Según Castro (2002) la evolución *pos mortem* se desarrolla en forma normal cuando se manejan adecuadamente factores tales como:

- Manejo *ante mortem*: pre embarque, embarque, transporte y manejo dentro del matadero.
- Faena: cumplimiento de los aspectos higiénico-sanitarios y tecnológicos.
- Industrialización pos faena: desosado.
- Mantenimiento de la cadena de frío.

Por lo tanto, dichos factores juegan un papel trascendente cuando nos referimos al tema calidad de carne.

Para que el músculo de un animal faenado se transforme en carne, es necesario que el glicógeno muscular favorezca la formación de ácido láctico, disminuyendo así el pH y tornando la carne en tierna y succulenta, con sabor ligeramente ácido y olor característico (Prates, citado por Zeola et al., 2002).

2.9.4.1. Instauración del *rigor mortis*

El *rigor mortis* es definido como el endurecimiento que experimentan los músculos después de la muerte del animal. Este endurecimiento es producto de la formación de enlaces permanentes entre los dos filamentos más importantes del músculo; la actina y la miosina (Lawrie, 1998).

El acortamiento durante el *rigor mortis* sólo se debe a un porcentaje de las fibras musculares, es irreversible y por esto debe distinguirse de la contracción fisiológica (Bendall, citados por Lawrie, 1998). Honikel et al., citados por Lawrie (1998), publicaron que cierto grado de acortamiento ocurría en todos los músculos (que son libres de acortarse) durante la glucólisis *post mortem* a temperaturas entre -1°C y 38°C .

Los procesos de *rigor mortis* y descenso de pH están altamente relacionados entre sí a través de su efecto en el metabolismo energético, particularmente con el metabolismo del glicógeno. Rápidos descensos del pH, determinan una acelerada terminación del *rigor mortis*. Tecnologías como la estimulación eléctrica, actúan en el proceso anterior mejorando la calidad de la carne (mejor terneza, color y sabor, entre otras ventajas) (Brito, 2002a).

A su vez, la aparición del *rigor mortis* va acompañada por una reducción de la capacidad de retención de agua (Lawrie, 1998).

2.9.5. Factores que afectan las características de la calidad de la carne

2.9.5.1. Color de la carne y de la grasa

Los cambios de color responden al estado químico de la carne así como también a el pH, la edad del animal (a mayor edad mayor concentración de mioglobina), sexo, proceso industrial, tipo de envasado, etc. Este carácter sensorial juega un papel importante en el criterio aceptación – rechazo por parte del consumidor (Castro, 2002).

Según Lawrie (1998), la mayor parte de las diferencias marcadas en el color de la superficie de la carne provienen del estado químico de las moléculas de mioglobina.

En general, es claro que un alto nivel de actividad muscular induce la elaboración de más mioglobina, reflejando a este respecto las diferencias de especie, raza, sexo, edad, tipo de músculo e intensidad de funcionamiento. Los animales que viven en libertad tienen más pigmento muscular que los correspondientes animales estabulados (Lawrie, 1998).

Por otra parte, Hammond, citado por Lawrie (1998), observó que los músculos más pigmentados tienen, en términos relativos, mayor cantidad de fibras de pequeño tamaño y más pigmentadas con respecto a fibras grandes menos pigmentadas.

Condiciones de estrés por un período de 72 hs, durante el embarque, transporte y momentos previos a la faena resultan en un gran impacto sobre la incidencia de cortes oscuros, con pH altos, mayores de 6. Esto es debido a prolongados períodos en el uso de las reservas de glucógeno (Castro, 2002).

Si el pH final de la carne es alto, la actividad de las enzimas citocromo será mayor (Lawrie, 1998). A su vez, se alteran las características de absorción de la mioglobina, adquiriendo las superficies de la carne un color rojo más oscuro (Lawrie, 1998). Cuando la velocidad de descenso del pH ha sido muy rápida o el pH final es *per se* muy bajo, la mioglobina queda expuesta a la oxidación a metamioglobina que tiene menor intensidad de color produciendo carnes más pálidas (Lawrie, 1998).

Alberti et al., citados por Zeola et al. (2002), comparando sistemas de alimentación en base a concentrados vs. sistemas pastoriles, no verificaron diferencias para el color de la carne para animales. Por otra parte, Moody et al., citados por Zeola et al. (2002), presentan que el tenor de mioglobina del músculo, responsable de la coloración del mismo, es afectado por la nutrición, mayores cantidades de hierro dietético proporcionan mayor formación de mioglobina, confiriendo coloración más oscura a la carne.

Cuadro 26. Medidas de color de la carne (24 horas de maduración) de corderos Morada Nova sometidos a dietas con diferentes niveles de concentrado.

Parámetro	Nivel de concentrado (%)		
	30	45	60
L*	42.19	39.26	39.94
a*	14.54	13.62	15.71
b*	1.54	-0.28	2.06

Nota: Concentrado: Expeler de soja y grano de maíz molido.

Fuente: adaptado de Zeola et al. (2002)

2.9.5.2. Factores que afectan la terneza

En general, los factores previos al sacrificio que afectan la terneza actúan determinando el tipo de tejido conectivo, sus cantidades y distribución (textura). Existe una correlación indirecta común, pero no invariable, entre el tejido conectivo y la terneza. Dentro de un músculo dado, sin embargo, en el que las cantidades y tipo de tejido conectivo son constantes, pueden existir considerables diferencias de terneza causadas por circunstancias posteriores al sacrificio. La más inmediata de éstas es la glucólisis *post mortem* (Lawrie, 1998).

Factores previos al sacrificio

Los tres tipos de proteínas del músculo (miofibrilares, sarcoplasmáticas y del tejido conectivo) contribuyen a la dureza de la carne así como factores tales como la raza, edad, sexo, animal entero o castrado, porcentaje de grasa, diámetro de las fibras musculares (según región anatómica), porcentaje de tejido conectivo, así como también, la aplicación de procesos tecnológicos adecuados (ej. estimulación eléctrica, madurado, preparación culinaria, etc.) influyen directa o indirectamente en la terneza de la carne (Castro, 2002).

El factor más general que afecta a la terneza de la carne es la especie utilizada, de la que a su vez, en cierto grado depende la textura (Lawrie, 1998). Dicho autor cita a Bate-Smith, a Hiner y Hankins, que afirman que, en general, el aumento de edad determina una menor terneza, aunque también una reducción del tejido conectivo.

Según Boston et al., citados por Lawrie (1998), han indicado que las relaciones entre edad y terneza no sólo son consecuencia directa de cambios cronológicos en los tejidos muscular y conectivo, sino también de efectos asociados al aumento de volumen y engrasamiento de las canales con la edad. Estas influyen en el efecto diferencial de las condiciones de enfriamiento sobre la intensidad del acortamiento por frío de músculos específicos (Lawrie, 1998).

Las proporciones relativas de tejido conectivo y fibras musculares varían entre músculos y, en parte, son responsables de la terneza de la carne (Lawrie, 1998).

Lawrie (1998) afirma que la grasa intramuscular (marmoreado) diluye en el músculo los elementos de tejido conectivo en el que se deposita, lo que puede explicar la mayor terneza.

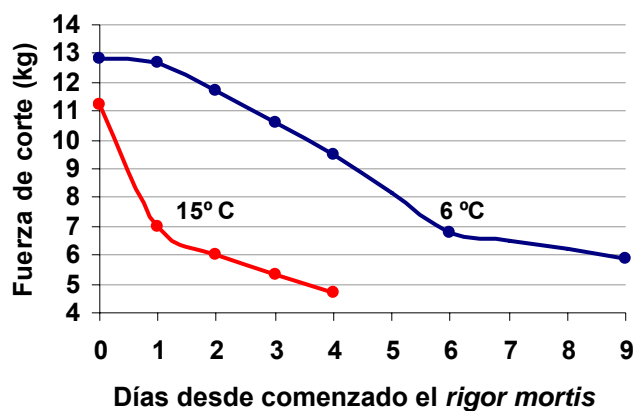
Factores post mortem

Durante la maduración de los tejidos del animal, el colágeno adquiere mucha mayor resistencia a la degradación. Ello es consecuencia de la formación de enlaces irreductibles en los que intervienen tres o más cadenas que generan un retículo tridimensional que imparte una gran fuerza a la tensión (Lawrie, 1998).

La temperatura a la cual las canales son almacenadas afecta la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en los tejidos musculares. Es deseable reducir la temperatura del músculo después de la muerte del animal para minimizar la pérdida de proteína e inhibir el crecimiento de bacterias, pero a la vez, rápidas reducciones en este factor pueden afectar la calidad de la carne, causando acortamiento por frío y, por lo tanto, disminuyendo su grado de terneza (Brito, 2002a).

La tasa a la que disminuye la fuerza de corte (mejora la terneza) es mayor a altas temperaturas (Figura 28). Una temperatura de 15 °C al comienzo del rigor mortis parece ser óptima para maximizar la terneza; debido a que minimiza el acortamiento por frío y no afecta negativamente la proteólisis (Geesink et al., 2000).

Figura 28. Efecto de la temperatura durante el período de maduración sobre la terneza.



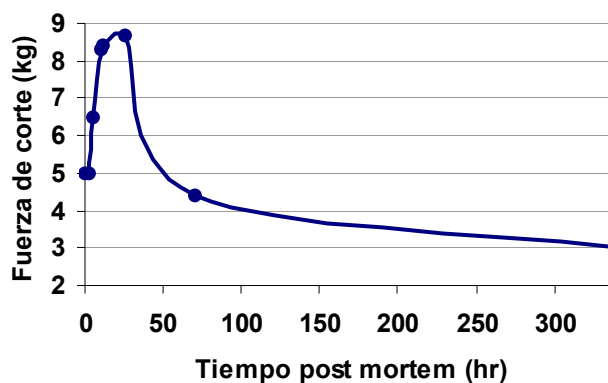
Fuente. Purchas (1994).

Howard y Lawrie, citados por Lawrie (1998), encontraron que la velocidad de descenso del pH *post mortem* estaba inversamente relacionada con la terneza de la carne al cocinarla subsiguientemente e indican que existe una relación directa entre el tiempo transcurrido antes del *rigor mortis* y la terneza.

Weehler y Koohmaraie, citados por Koohmaraie et al. (1996), concluyen que el acortamiento durante el *rigor mortis* era la causa del endurecimiento, mientras que la proteólisis *post mortem* era la razón de una mayor terneza (Figura 29).

La mayor terneza es observada cuando el pH desciende lentamente, esto puede ocurrir como consecuencia de la variabilidad que se presenta de forma natural o por manipulación deliberada (Marsh et al., Howard y Lawrie, citados por Lawrie, 1998). En el último caso se mantiene el pH alto durante cierto tiempo a temperaturas próximas a las existentes *in vivo*, y de este modo se pueden inducir cambios tempranos (realizados por enzimas) con el objetivo de acondicionar la carne (Marsh et al., citados por Lawrie, 1998).

Figura 29. Evolución de la fuerza de corte en el músculo *Longissimus lumborum* de corderos.



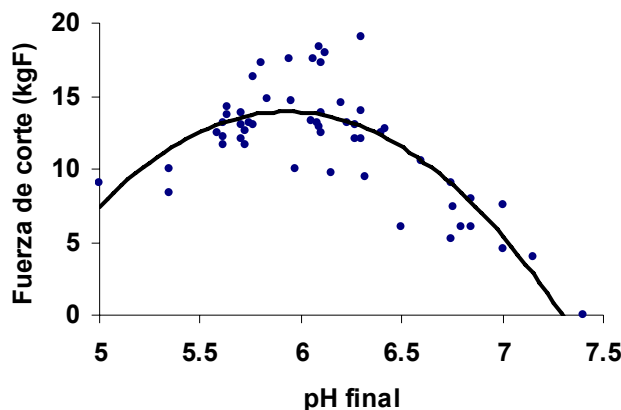
Fuente: adaptado de Weehler y Koohmaraie, citados por Koohmaraie et al. (1996).

El pH final de la carne influencia parámetros de calidad, como el color, la capacidad de retención de agua (CRA) y la terneza (Geensink et al., citados por Zeola et al., 2002). Este depende de la glicólisis *post mortem*, pudiendo estar asociado con condiciones pre-faena (método de faena, potencial glicolítico del músculo, temperatura de enfriamiento de las canales) (Monteiro, citado por Zeola et al., 2002).

Según Lawrie (1998), a medida que el pH final aumenta, en un rango de 5.5 a 6.0, la terneza parece decrecer pero, sin embargo, a niveles de pH último por encima de 6.0 la terneza aumenta nuevamente (Figura 30). El mismo autor cita a Devine et al., los

cuales afirman que en la carne de cordero se ha confirmado que los menores valores de terneza se alcanzan a valores de pH final entre 5.8 y 6.2 (Lawrie, 1998).

Figura 30. Asociación entre la fuerza de corte y el pH final de lo músculos de ovinos (*Longissimus lumborumi* y *lumborum*).



Fuente: adaptado de Lawrie (1998).

Según Bouton et al., citados por Lawrie (1998), con pH final en torno a 6.8, la terneza es excesiva y esta asociada a una consistencia gelatinosa, que reduce la aceptabilidad global de la carne.

Zeola et al. (2002), comparando tres niveles de concentrado en la dieta (30, 45 y 60%) no encontraron diferencias en la evolución del pH para las distintas dietas (Cuadro 27). Tampoco encontraron diferencias para pérdidas de peso por cocción y terneza, sin embargo, detectaron diferencias para CRA, siendo mayor en las dietas con mayor proporción de concentrado. Tampoco se observaron diferencias en ninguno de los parámetros de color de la carne.

Cuadro 27. Valores de pH de carne de corderos de la raza Morada Nova sometidos a dietas con diferentes niveles de concentrado.

Nivel de Concentrado (%)	30	45	60	CV (%)
pH (45 min)	6.15	6.07	6.02	2.83
pH (24 hs)	5.49	5.36	5.45	3.10

Fuente: Zeola et al. (2002).

Sierra et al., citados por Sañudo (2000), señalan que la dieta no influenció el pH *post* faena. Este parámetro está más influenciado por el nivel de glicógeno muscular, siendo la dieta o la naturaleza del alimento menos importantes (Zeola et al., 2002).

2.9.5.3. Olor y sabor

Factores tales como la especie, edad, sexo, porcentaje de grasa, composición química (sustancias nitrogenadas no proteicas), alimentación, etc, juegan un papel fundamental a favor o en contra de la calidad (Castro, 2002).

2.9.5.4. Jugosidad - capacidad de retención de agua (CRA) y jugosidad

El grado de retracción que experimenta la carne durante la cocción está directamente correlacionado con la pérdida de jugosidad al paladar (Siemers y Hanning, citados por Lawrie, 1998).

La jugosidad esta directamente vinculada de forma fundamental a la edad del animal al momento del sacrificio, al porcentaje de grasa de la canal, así como también al proceso tecnológico de faena, industrialización, proceso de conservación, que influyen en la CRA de la carne. Esta propiedad influye directamente en su aspecto antes de su preparación culinaria y en la sensación de jugosidad que produce durante la masticación (Castro, 2002).

Aparte de estos efectos generales, la CRA de la carne esta afectada por varios de los factores diferenciadores de los músculos, como la especie, la edad y la función muscular (Lawrie, 1998).

Cook et al., Empey, Lawrie, Penny, citados por Lawrie (1998), concuerdan en que la velocidad de descenso del pH *post mortem* es un factor importante en determinar la CRA. El mismo autor cita a Cook et al., Empey, quienes afirman que cuanto más elevado sea el pH final menor será la disminución en la CRA.

Tanto la limitada como la excesiva extensión de la glucólisis *post mortem* afectan a la capacidad de retención de agua de la carne. La primera se refleja en el estado de la carne de corte oscuro, firme y seca y la última en el estado de la carne pálida, blanda y exudativa (Lawrie, 1998).

Cuando la rápida velocidad de descenso *post mortem* del pH es debida a las temperaturas elevadas la mayor pérdida de capacidad de retención de agua es en parte debida a la mayor desnaturalización de las proteínas del músculo y en parte al mayor movimiento del agua hacia los espacios extracelulares (Scopes, Bendall y Wismer-Pedersen, Penny, citados por Lawrie, 1998).

Los músculos que poseen un alto contenido de grasa intramuscular suelen tener una alta capacidad de retención de agua (Saffle y Bratzler, citados por Lawrie, 1998).

Russo et al., citados por Zeola et al. (2002), evaluando el efecto de diferentes fuentes de energía para la alimentación de corderos no encontraron efecto de las dietas sobre la capacidad de retención de agua.

Zeola et al. (2002), concluyen que los diferentes niveles de concentrado en la dieta no afectaron el pH, color ni terneza, pero si la capacidad de retención de agua.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo experimental se realizó en la Unidad Experimental "Glencoe" perteneciente a la Estación Experimental del Norte INIA Tacuarembó, en el período comprendido entre el 24 de octubre del 2003 y el 5 de febrero de 2004 (104 días). Dicha Unidad Experimental se encuentra situada en el departamento de Paysandú - Uruguay, ubicada geográficamente sobre la región ganadera Basáltica, a 32° 00' 24" latitud sur, 57° 08' 01" longitud oeste y 124 metros sobre el nivel del mar.

Según la clasificación de suelos del Uruguay, la Unidad Experimental "Glencoe" está situada sobre la Unidad Queguay Chico, con un 35% de suelos superficiales pardo rojizos, 35% de suelos superficiales negros y 30% de suelos profundos (Berretta y Bemhaja, 1998).

El experimento se realizó en el potrero "Los Paraísos", el cual ocupa zonas altas del paisaje con pendientes del orden de 3 a 6 % y laderas plano convexas (1 a 3 %). Los suelos predominantes son Brunosoles y Vertisoles profundos, ocupando un 90% o 85% del área y el resto 10% o 15%, son Litosoles superficiales negros. Asimismo, se utilizó un área de concentración ubicada en las instalaciones principales y centrales de la Unidad, donde se colocaron los corrales para el confinamiento de animales, correspondientes al tratamiento de "encierre a corral" del experimento (Anexo-Figura 3).

3.2. CLIMA: TEMPERATURA, PRECIPITACIONES Y EVAPORACIÓN

A continuación, en los Cuadros 28 y 29, se presenta la información pluviométrica (total anual y promedios mensuales) de dos series históricas utilizadas. Una serie corresponde a un periodo de seis años (1997-2002), proveniente de la Estación Meteorológica (LOGGER-DELTA-T) actualmente ubicada en la Unidad Experimental “Glencoe” (UEG) y la otra corresponde a un lapso de veinticinco años (1978-2002) originada en la Estación Meteorológica del INIA Tacuarembó de la Unidad Experimental “La Magnolia” (UEM) (Anexo-Figura 4). Cabe destacar que esta última Estación se encuentra a aproximadamente 160 km de la UEG. También se presentan los promedios para cada una de las series históricas y los datos correspondientes al año del experimento (2003/04), que corresponde al período comprendido entre marzo 2003 a febrero del 2004.

Cuadro 28. Registros pluviométricos (milímetros) anuales y promedios mensuales de la UEG.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Prom.	03/04
Total (mm)	916	1992	1018	1316	1578	2977	1614	950
Prom. mensual (mm)	76.3	166.0	84.8	109.7	131.5	248.1	134.5	79.1

Fuente: Elaboración propia (Mediante la utilización de LOGGER DELTA-T)

Cuadro 29. Registros pluviométricos (milímetros) anuales y promedios mensuales de la UEM.

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Total (mm)	1312.4	1023.8	1476.6	1546	1176.8	1206.5	1630.7	1433	1664
Prom. Mens (mm)	109.4	85.3	123.1	128.8	98.1	100.5	135.9	119.4	138.7
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Total (mm)	1557.7	1200.6	895.3	1561	1598.1	1558.8	1643	1173	1205
Prom. Mens (mm)	129.8	100.1	74.6	130.1	133.2	129.9	136.9	97.8	100.4
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Prom.	03/04
Total (mm)	1176.2	1501.2	2051	1122	1786.9	2083.9	2825.7	1496.4	1469.4
Prom. Mens (mm)	98.0	125.1	170.9	93.5	148.9	173.7	235.5	124.7	122.5

Fuente: Elaboración Propia (Mediante la Estación Meteorológica INIA Tacuarembó de la UEM).

En los Cuadros 28 y 29, se puede apreciar que las precipitaciones registradas en el año en que se realizó el experimento fueron inferiores al promedio de ambas series históricas consultadas. En el caso de la serie histórica presentada en el Cuadro 28, la diferencia es mucho mayor que para la serie histórica presentada en el Cuadro 29. La disparidad encontrada entre dichas series histórica puede explicarse por varios hechos; la información del período mayo – setiembre 2003, presentada en el Cuadro 28, fue

registrada en un pluviómetro manual de la UEG y no por la estación LOGGER–DELTA-T; la información proveniente de la UEM promedia un mayor número de años que la información proveniente de la UEG y existe una distancia entre ambas estaciones experimentales

Para la UEG, las precipitaciones registradas en todos años de la serie estudiada fueron superiores a las registradas en el año del experimento, a excepción del año 1997. En el caso de la información registrada en la UEM, no se presenta esta tendencia, ya que en 11 de los 25 años que compara la serie histórica, los valores son inferiores al los del año en que se realizó el experimento, no destacándose el mismo como un año atípico en comparación a esta serie.

Observando la información presentada en el Cuadro 30, se puede apreciar que la precipitación total acumulada en el período experimental (en base a dos fuentes de información diferentes) es inferior a la registrada en tres series históricas (diferentes períodos y diferentes fuentes de información). Para el caso de la comparación de dos fuentes de información de los registros durante el período experimental, se puede observar que los de la UEG (lugar donde se realizó el ensayo) fueron inferiores a los registrados en la UEM.

Cuadro 30. Precipitaciones mensuales promedio y total acumulado (milímetros), durante el período experimental para tres series históricas.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	T.A.
03/04*	55.2	169.2	117.4	49.0	59.0	449.8
03/04**	96.4	195.3	138.9	63.3	32.4	526.3
97/03-04*	178.5	179.9	123.0	140.2	87.1	708.7
78-02**	146.0	134.3	122.7	119.1	129.2	651.2
61-90***	122	118	115	100	131	586.0

Fuente: * Estación Experimental “Glencoe” (LOGGER – DELTA - T); ** Estación Meteorológica INIA Tacuarembó de la UEM y *** Estación Meteorológica Paysandú.

Nota: T.A. = Total Acumulado.

En la Cuadro 31, se puede observar que la evaporación total acumulada para el período experimental fue un 10% superior a la registrada en las series históricas para ambas fuentes de información. A su vez las precipitaciones registradas, durante el período experimental, fueron menores a las de la serie 97/2003-04 en la UEG, y la evaporación mayor, de lo cual se podría concluir que el balance hídrico para el período experimental fue potencialmente negativo, más aún si se cuenta las pérdidas por transpiración y crecimiento de la pastura y por escurrimiento.

Cuadro 31. Evaporación mensual y total acumulada (milímetros), para el período experimental.

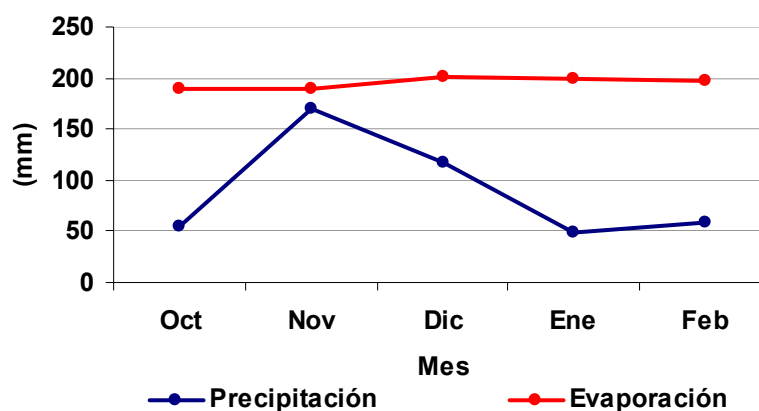
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	T.A.
03/04*	189.7	189	202	198.3	196.7	975.7
03/04**	149.9	168.3	182.4	198.3	196.7	895.6
97/03-04*	140.5	179.1	209.1	201.9	162.3	892.9
87/02**	144.4	170.3	213.3	116.6	137.8	782.2

Fuente: * Estación Experimental "Glencoe" (LOGGER – DELTA - T) y ** Estación Meteorológica INIA Tacuarembó de la UEM.

Nota: T.A. = Total Acumulado.

Observando la Figura 31, se aprecia que la evaporación fue mayor a las precipitaciones para todo el período experimental, de lo cual se desprende que el balance hídrico fue negativo durante todos los meses en que se realizó el experimento. Esto se puede explicar, en conjunto, a que las precipitaciones registradas durante el experimento fueron inferiores y las evaporaciones mayores respecto a los promedios históricos. En cambio, para la serie histórica, el balance fue negativo sólo en los meses de verano (diciembre, enero y febrero) pero no para octubre y noviembre.

Figura 31. Precipitación mensual y evaporación mensual (milímetros) para el período experimental.



Fuente: Estación Experimental "Glencoe" (LOGGER – DELTA - T).

La temperatura mínima promedio, fue inferior al promedio de la serie histórica e inferior a cada uno de los años de la serie mencionada (Cuadro 32). La temperatura máxima promedio fue levemente superior al promedio de la serie histórica, pero en general, muy similar a cada uno de los años. Para las temperaturas extremas, se observa

que la mínima fue inferior al promedio de la serie y a la de cada uno de los años que la integran. Respecto a la temperatura máxima extrema, fue muy similar al promedio de la serie bajo estudio. La mínima se registró en julio 2003 y la máxima en enero 2004.

Cuadro 32. Registros de temperaturas (°C) mínima y máxima promedio, valores mínimos y máximos extremos para la serie histórica y para el período experimental.

	97	98	99	00	01	02	Promedio	03-04
Prom. Temp. Mín. (°C)	2.53	3.39	2.90	3.34	3.98	2.68	3.14	0.64
Prom. Temp. Máx. (°C)	31.44	30.37	31.95	32.13	32.21	31.66	31.63	32.27
Mínima (°C)	-4.66	-1.14	-4.06	-2.36	-3.84	-6.19	-3.71	-6.48
Máxima (°C)	36.08	37.08	43.92	41.92	38.28	37.64	39.15	39.69

Fuente: Estación Experimental “Glencoe” (LOGGER – DELTA – T)

Comparando los resultados del período experimental con las tres series históricas consideradas para el mismo período, se desprende que las temperaturas máximas durante el desarrollo del ensayo fueron superiores a los promedios de las tres series para todos los meses, con excepción de la serie de la UEG en diciembre (Cuadro 33). En el caso de la temperatura mínima durante el período experimental, esta fue menor para todos los meses con respecto a las tres series. Por lo tanto, la amplitud térmica de los meses transcurrió el experimento fue superior que el de la serie histórica.

Cuadro 33: Promedio de temperaturas (°C) máximas y mínimas para tres series históricas y para el período en el que transcurrió el ensayo.

	T°C Máx				T°C Mín			
	61-90***	87-02/03**	97-02*	03/04*	61-90***	87-02/03**	97-02*	03/04*
Octubre	23.5	22.7	31.4	33.8	11.6	11.9	2.3	0.2
Noviembre	26.4	25.3	34.3	34.4	14.1	13.6	5.3	-0.9
Diciembre	29.7	28.0	37.8	34.2	16.8	15.9	7.4	4.6
Enero	31.5	29.3	37.9	39.7	18.3	17.3	9.1	7.7
Febrero	30.0	28.3	36.7	38.0	17.6	17.0	9.1	5.9

Fuente: * Estación Experimental “Glencoe” (LOGGER-DELTA-T); ** Estación Meteorológica INIA Tacuarembó; *** Estación Meteorológica Paysandú

3.3. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo experimental se llevó a cabo con el propósito de evaluar el efecto del tipo de alimentación (diferentes proporciones de ración y pastura en la dieta) en corderas cruza (Corriedale x Texel y Corriedale x Ile de France) sobre la producción, calidad de la canal y la carne y el valor nutritivo de esta última. El ensayo estuvo enfocado particularmente sobre el estudio del efecto de diferentes dietas en el perfil de ácidos grasos de la carne, dada su importancia referente a la salud humana y la importancia que los mismos tienen en relación a las tendencias de las preferencias observadas a nivel de los consumidores.

3.3.1. Animales utilizados

3.3.1.1. Descripción

Se utilizaron 52 corderas hembras, cruza Corriedale x Ile de France (33 animales) y Corriedale x Texel (19 animales), con una edad promedio, al inicio del experimento, de 13 meses, nacidas en agosto-setiembre del año 2002. Los animales ingresaron al experimento con un peso promedio de 32.7 ± 3.4 kg y una condición corporal promedio de $3,5 \pm 0,5$ unidades.

Cuadro 34. Peso vivo, desvío estándar (DE) y condición corporal al inicio del experimento para cada tratamiento y promedio de todos los animales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	Promedio
Peso Vivo (kg)	32.9	32.6	32.7	33.1	32.5	32.7
DE.(kg)	3.7	4.0	3.9	3.4	2.9	3.4
CC (unidades)	3.5	3.3	3.5	3.6	3.5	3.5±0.5

Un animal del tratamiento 5 (en confinamiento) murió debido a una peritonitis con herida en el cuajo y rumen según el diagnóstico veterinario³ (), aparentemente causada por la ingesta de algún objeto extraño (alambre, etc.). En la autopsia, se pudo percibir que el contenido ruminal era más ácido de lo normal. Este animal no fue suplantado por otro, ya que no era necesario restablecer la carga animal a nivel del tratamiento 5 (en confinamiento). Además, en este tratamiento, se partió con 12 animales, asumiendo así potenciales pérdidas, previendo futuros problemas por falta de animales que normalmente se presentan en este sistema de alimentación.

³ Menéndez, C. 2003. Com. personal.

3.3.1.2. Manejo sanitario

El manejo sanitario previo al experimento fue el convencional, las corderas fueron vacunadas contra clostridiosis ($2 \text{ cm}^3/\text{animal}$) y contra ectima contagioso (por escarificación) al momento de la señalada.

Previo al inicio del experimento, el 10 de octubre del 2003, todos los animales fueron dosificados con Ivermic plus™ (ivermectina + closantel) para el control de parásitos gastrointestinales y Albetil™ (albendazol 3.8%) para el control de parásitos gastrointestinales y pulmonares, ambos suministrados por vía oral a razón de 1 cm^3 cada 10 kg de peso vivo.

A las tres semanas de iniciado el experimento, el 13 de noviembre del 2003, todos los animales fueron dosificados, para prevenir la aparición de coccidiosis, con Sulfagel™, suministrado por vía oral, a razón de 25 cm^3 por animal; y se vacunó contra queratoconjuntivitis con Queratopili™ a los animales que consumían ración (tratamientos 2 al 5).

El 4 de diciembre del 2003, se les realizó a todos los animales, un baño podal con Sulfato de Zinc al 10% con una permanencia de 10 minutos.

En el transcurso del experimento, con el objetivo de tratar la aparición de una incipiente acidosis ruminal, se administró Glucafos™ (Gluconato de Calcio), inyectado subcutáneamente a razón de 15 cm^3 por animal, principalmente a los animales del tratamiento 5 y en una ocasión a todos los animales del tratamiento de pastura con mayor consumo de suplemento (tratamiento 4). El criterio de decisión utilizado para tomar dicha medida contra la acidosis ruminal, en algunos animales fue la aparición de ciertos de los siguientes síntomas de acidosis: disminución del consumo, de la actividad física, desaparición de los reflejos, apatía, hotras.

3.3.2. Experimento

3.3.2.1. Ubicación del ensayo

El ensayo (diagrama 1) se realizó en dos áreas contiguas, utilizadas durante el año 2001 y 2002 en otros trabajos de tesis (Camesasca et al., 2002). La primer área experimental tenía una superficie de 2.63 há, mientras que la segunda fue de 3.68 há, sumando un total de 6.31 hectáreas, todas ellas ubicadas en el potrero denominado “Los Paraísos”, donde permanecieron los 40 animales pertenecientes a los tratamientos 1 al 4, resultado en una carga promedio durante todo el ensayo para todos los tratamientos (1 al 4) de 6.3 corderos por hectárea.

El área menor (2.63 has) se dividió en cuatro parcelas, dos menores (4937 m² c/u) y dos mayores (8229 m² c/u) y el área mayor (3.68 has), se dividió en 6 parcelas, tres menores (4091 m² c/u) y tres mayores (8182 m² c/u). Algunas de estas parcelas fueron utilizadas más de una vez a lo largo del experimento, empleándose finalmente 14 parcelas durante el desarrollo de todo el experimento.

Ambas áreas y las parcelas experimentales dentro de éstas estaban delimitadas por alambrado eléctrico semipermanente de tres hilos y se subdividían dichas parcelas con malla polieléctrica para generar las subparcelas donde se ubicaron los animales de los diferentes tratamientos (Diagrama 1).

3.3.2.2. Pastura utilizada

La base forrajera utilizada fue una pradera convencional de cuarto año, compuesta por trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Zapicán), lotus (*Lotus corniculatus* cv. San Gabriel) y raigrás (*Lolium multiflorum* cv. LE 284). Este último, de carácter espontáneo. Dicha pradera fue sembrada bajo un sistema de siembra convencional en mayo del año 2000, a razón de 2 kg de trébol blanco y 8 kg de lotus por hectárea, fertilizada con 150 kg/ha de súperconcentrado nitrogenado (7-40-40-0), la cual fue refertilizada en los otoños de los años del 2002 y 2003, sobre una base de 100 kg/ha de súperconcentrado nitrogenado.

En el momento en que se desarrollo el ensayo, la pradera utilizada se encontraba dominada por trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Zapicán).

3.3.2.3. Tratamientos: descripción, alimentación, instalaciones y manejo

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos, en los cuales la variable de estudio fue el sistema de alimentación, con diferentes proporciones de ración y pastura, para la formulación de diferentes dietas. En el Cuadro X8, se describen los tratamientos aplicados.

En aquellos tratamientos en los cuales los animales consumieron ración (tratamientos 2 al 5), se realizó un período de acostumbramiento a la misma ya que los animales no estaban acostumbrados a consumir suplementos. Este período, comenzó el 24 de octubre del 2003 y se prolongó durante 7, 8, 10 y 11 días para los tratamientos 2, 3, 4 y 5 respectivamente, como se describe en el Anexo-Cuadro 1.

Área Menor (2.63 has)

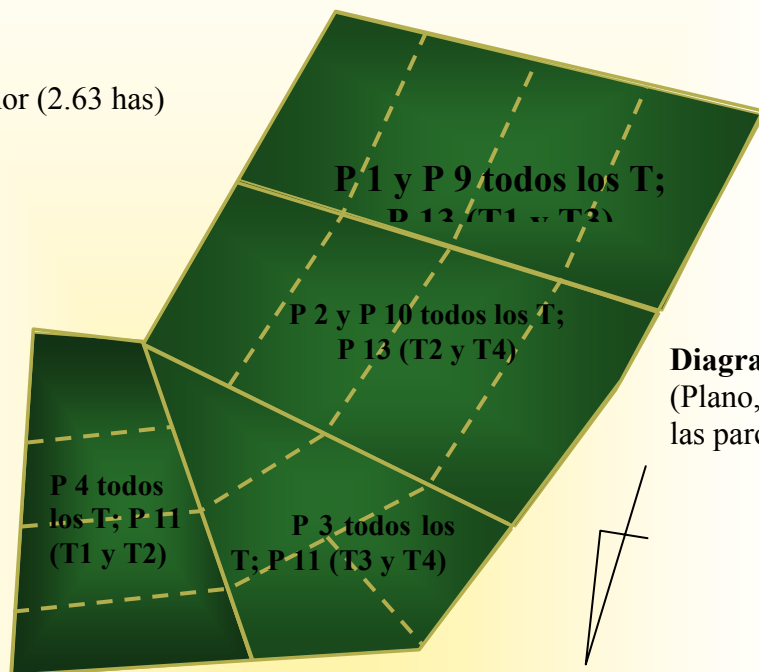
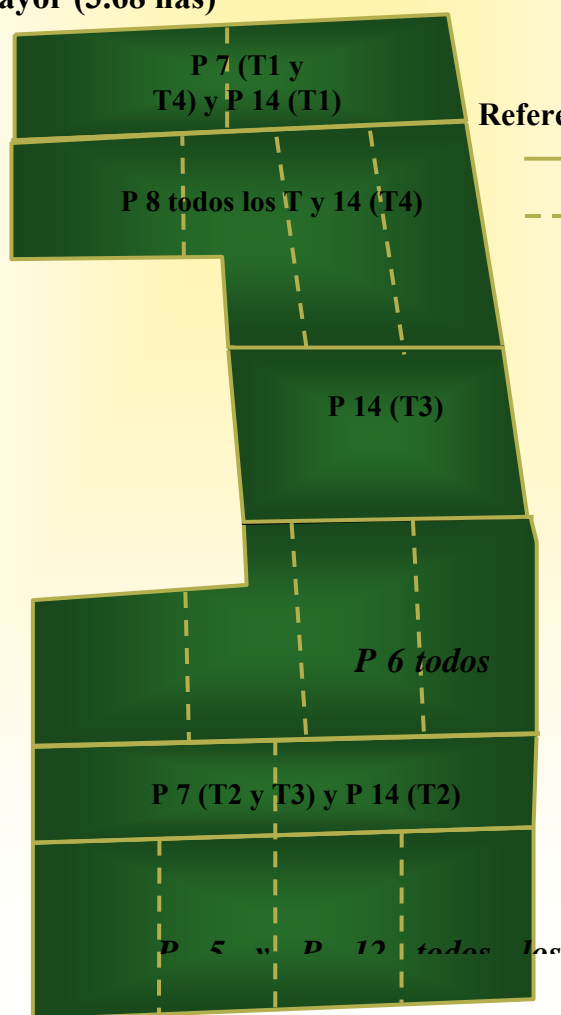


Diagrama 1: Área Experimental (Plano, distribución y área de las parcelas utilizadas)

Área Mayor (3.68 has)



Referencias

- Alambrado eléctrico semi-permanente de tres hilos
- - - Malla Polieléctrica
- T = Tratamiento
- P = Parcela

Cuadro 35. Área total, fecha de ingreso, fecha de salida y días de ocupación en cada parcela

Parcela	m ² /T	Ocupación		
		Ingreso	Salida	Días
1	2057	24-Oct	6-Nov	13
2	2057	6-Nov	13-Nov	7
3	1247	13-Nov	17-Nov	4
4	1247	17-Nov	21-Nov	3
5	2046	21-Nov	28-Nov	8
6	2046	28-Nov	4-Dic	6
7	2046	4-Dic	11-Dic	7
8	2046	11-Dic	17-Dic	7
9	2057	17-Dic	23-Dic	5
10	2057	23-Dic	30-Dic	7
11	2494	30-Dic	8-Ene	8
12	2046	8-Ene	15-Ene	7
13	2057	15-Ene	22-Ene	6
14	4303	22-Ene	5-Feb	14

La ración utilizada estuvo compuesta por grano de maíz y expeller de soja, en una proporción de 72 y 28%, respectivamente (en base fresca), ambos componentes molidos y mezclados para ser ofrecido a los animales sin procesamiento posterior. Para los animales en confinamiento (tratamiento 5), a la dieta se le agrego fardo de alfalfa, con el fin de balancear el porcentaje de fibra en la misma.

Se asumió, para todos los tratamientos un consumo potencial de materia seca del 3.5% del peso vivo. Para los animales en confinamiento (tratamiento 5), el fardo de alfalfa (entregado sin moler) representara un 16% de consumo total y el restante 84% correspondiera a la ración (base seca).

La composición de la dieta (porcentaje de fardo y ración) para los animales en confinamiento y dentro de ésta, la composición de la ración (porcentaje de grano de maíz y de expeller de soja) para todos los animales, se determino con un software específico: “Feedplan Diet Formulation, Version 4” Feedplan© (The Scottish Agricultural College, 1989, 91, Revision date – 1 March 1993).

Con la finalidad de definir los tratamientos se asumió como 100% de ración, la ofrecida a los animales en confinamiento (tratamiento 5), y se definieron en base a esto los restantes tratamientos (Cuadro 36).

Cuadro 36. Proporciones de ración como porcentaje del ofrecido en el confinamiento (% ración) y como porcentaje del peso vivo (ración % PV), número de animales totales por tratamiento y por tipo de craza.

	% Ración	Ración % PV	Nº de Animales	C x IF	C x T
Tratamiento 1 (T1)	0	0	10	6	4
Tratamiento 2 (T2)	25	0.83	10	7	3
Tratamiento 3 (T3)	50	1.65	10	7	3
Tratamiento 4 (T4)	74	2.48	10	6	4
Tratamiento 5* (T5)	100	3.35	12	7	5

Nota:* Producción en confinamiento (incluye fardo de alfalfa como fuente de fibra). Cruzas F1 de C= Corriedale; IF= Ile de France y T= Texel, resultantes de vientres C cruzados con carneros IF ó T.

La cantidad de ración (tratamiento 2 al 5) y fardo (tratamiento 5) ofrecida a los animales fue ajustada según las variaciones de peso vivo. Para esto, se definieron rangos cada 5 kg de peso vivo a partir de un peso vivo lleno promedio al inicio del experimento de 35 kg. El cambio de la cantidad de ración y fardo ofrecida se realizaba cada vez que el promedio de peso vivo de todos los animales que integraban cada tratamiento, superaba el peso inicial del siguiente rango mencionado.

Cuadro 37. Ración ofrecida por animal y por día (g/a/d) para cada tratamiento (T) según rango de peso vivo (PV) y día de ingreso (día ing.) de cada tratamiento a cada rango de PV (3 de noviembre = día cero).

Rango PV	T 2		T 3		T 4		T 5	
	g/a/d	día ing.	g/a/d	día ing.	g/a/d	día ing.	g/a/d	día ing.
35 – 40	300	0	600	0	900	0	1210	0
40 – 45	326	31	651	31	977	31	1302	49
45 – 50	366	45	733	57	1099	45	1465	84
50 – 55	407	74	814	74	1221	74	-	-

Nota: día cero, es el día en que terminó el acostumbramiento y comienza a suministrarse la ración correspondiente a cada tratamiento.

En los tratamientos que comprendieron el suministro de ración (tratamientos 2 al 5), se incluyó Carbonato de Calcio a razón del 1% del peso fresco de la ración ofrecida, con el fin de balancear la relación calcio-fósforo de la dieta, y a su vez evitar potenciales problemas de acidosis por el consumo de la misma.

A partir del 1^{er} de diciembre, a raíz de la muerte de un animal del tratamiento 5, donde se pudo percibir que el contenido ruminal fue más ácido de lo normal, se incrementó el nivel de suministro de Carbonato de Calcio de 1.0 a 1.5% de la ración (base fresca) para todos los tratamientos. Sobre los animales del tratamiento 5, se tomaron medidas preventivas adicionales, se comenzó a suministrar Carbonato de Calcio mezclado en el agua, a razón de 8 gramos dentro del recipiente en el cual se suministró el agua (balde de plástico de 8 a 10 L de capacidad) cada vez que se cambiaba el agua (dos veces al día). Asimismo, a los animales del tratamiento 5, se les suministró levadura de cerveza a razón de ocho gramos por día, mezclada en la ración. Por otra parte, se aumentó la cantidad de fardo ofrecida, pasando a representar de un 16% al 25% de la dieta (base seca), hasta que se lograron ganancias de peso más cercanos a lo proyectado. Posteriormente, se disminuyó la cantidad ofrecida de fardo hasta llegar a representar el mismo un 20% de la dieta durante el resto del desarrollo de experimento.

Los animales del tratamiento 5, permanecieron estabulados, durante todo el período del experimento, en corrales con sombra constante, en un área de concentración ubicada en las instalaciones principales (Figura 32) y centrales de la UEG. Los corrales fueron fabricados con bastidores de metal y la sombra fue provista por mallas de color negro tipo “sombrite” (malla 80%). Cada animal fue asignado a un corral individual de 4.5 m² (1.5 m de ancho y 3.0 m de largo) donde se le ofrecía por separado en baldes (8 a 10 litros de volumen) la ración, el fardo y el agua.

Figura 32. Vista general de los corrales (a) y del los animales dentro de estos (b).



En los tratamientos 2, 3 y 4, la ración fue ofrecida en forma grupal, en un comedero para cada tratamiento (60 cm de frente por animal). A partir de la primera semana de diciembre, a los tratamientos 1, 2, 3 y 4, se les proveyó de sombra, a partir de una estructura formada por tres bastidores (en forma de “U”) y cubierta con malla de sombra negra tipo “*sombrite*” (malla 80%) (Figura 33a).

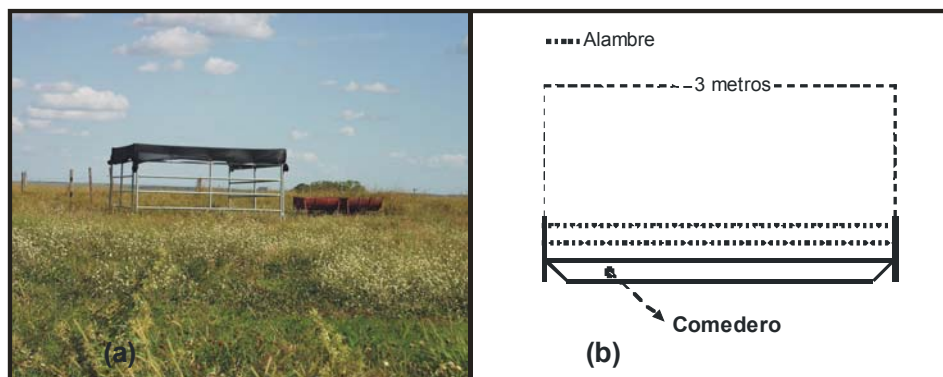
Los momentos de suministro de ración y fardo fueron dos; en la mañana (06:30 horas) y en la tarde (17:00 horas), para todos los tratamientos, ofreciendo la mitad de la ración asignada en cada momento de suministro. En el caso del tratamiento 5, se procedió de igual manera para el suministro de fardo. De este modo, se aprovecharon los momentos de mayor consumo del día, para favorecer el consumo la ración.

El agua se suministró *ad libitum* en todos los tratamientos (Figura 33a). En el caso de los animales en confinamiento (tratamiento 5) el agua fue suministrada en baldes individuales, donde se cambiaba la misma dos veces por día (6 L cada vez) junto con el suministro de alimento, y para el resto de los tratamientos (1 al 4) esta se proveía en bebederos compartidos, donde el agua se cambiaba día por medio (120 a 160 L).

En el tratamiento 4, a efectos de evitar que los animales defecaran y orinaran dentro de los comederos, se colocaron dos hilos de alambre a lo largo del comedero, únicamente en este tratamiento ya que fue el único que generó problemas de rechazo por esta causa (Figura 33b).

En el caso de los tratamientos sobre pastura (tratamientos 1 al 4) se utilizó un sistema de pastoreo rotativo (Diagrama 1). Cada parcela se hallaba dividida en cuatro subparcelas de igual área sobre las cuales se realizó el pastoreo (tratamientos 1 al 4). Se utilizó como criterio, para el cambio de los animales entre parcelas la altura promedio del forraje remanente de la subparcela. Cuando esta tenía una altura de aproximadamente 6 cm. se realizaba el cambio. Ya que se considera que a dicha altura se dificulta el acceso de los corderos al forraje y por ende se afecta el consumo de los mismos (Montossi et al., 2000). Cuando trasladaban los animales de todos los tratamientos a las siguientes parcelas de acuerdo a la disponibilidad de forraje de las mismas.

Figura 33. Visión general de las estructuras de: a) provisión de sombra (sombrites) y de agua (bebederos) y b) esquema de construcción de los comederos.



3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MODELO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico utilizado fue de parcelas al azar, donde los animales representan las repeticiones y el factor de evaluación fue el tipo de alimentación según nivel de pastura (PP) y ración (R) presupuestado en la dieta (100% PP; 75% PP-25% R; 50% PP-50% R; 25% PP-75% R y 100% R), quedando así conformados los cinco tratamientos del experimento. Los animales fueron asignados a los tratamientos mediante un proceso completamente aleatorio, tomando en cuenta su peso vivo y condición corporal y la distribución del biotipo animal.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i$$

Y_i : es el resultado (en unidades de la variable analizada) del efecto del i -ésimo tipo de alimentación o tratamiento.

μ : media general del experimento.

α_i : efecto aleatorio del tipo de alimentación, distribuidos normalmente con media 0 y varianza σ_α^2 y los α_i independientes.

ε_i : efecto aleatorio del error.

No se tuvo en cuenta el efecto del tipo de cruce en el modelo estadístico, ya que el experimento no se diseñó con el objetivo de evaluar este efecto.

Los análisis de varianza se realizaron mediante el procedimiento Proc GLM (SAS Institute, 1999) para evaluar si los efectos de los tratamientos sobre las variables estudiadas fueron estadísticamente diferentes entre sí, siendo las medias de los tratamientos contrastadas por el test LSD ($P < 0.05$).

Para el correcto análisis de algunas de las variables de respuesta analizadas se utilizaron las covariables que pudieran estar influyendo en la variable en cuestión (peso vivo lleno y vacío, condición corporal, área del ojo de bife (AOB), Punto C (cobertura de grasa subcutánea del AOB), GR (estimador del engrasamiento de la canal), peso de pierna, grasa del bife, características de lana, u otras). En estas situaciones, por lo tanto el modelo resultante fue:

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \gamma(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}) + \varepsilon_i$$

donde:

$\gamma(\mathbf{x}_i - \mathbf{x})$: efecto aleatorio de la covariable.

Para el caso de las variables que no presentaban una distribución normal, fueron utilizados tres parámetros de normalización ($\sqrt[3]{\cdot}$, Ln y 1/Ln), eligiendo para cada caso el que se adaptara en forma más ajustada al test de Normalidad para su posterior análisis. En el caso de la información de conformación y terminación de los canales, se utilizó el procedimiento CATMOD de SAS (SAS Institute, 1999), siendo las medias de los tratamientos comparadas por el test de CONTRAST.

Para la comparación entre grupos de tratamientos versus un tratamiento en particular u otro grupo de tratamientos, se empleó el test de contrastes ortogonales de CONTRAST de SAS (SAS Institute, 1999).

Para la determinación de la asociación entre las variables medidas, tanto en animales como en la pastura, y las relaciones entre ambos (correlaciones y regresiones), se utilizaron los procedimientos PROC CORR y PROC REG del SAS, respectivamente (SAS Institute, 1999).

3.5. DETERMINACIONES

3.5.1. En pastura, ración y fardo

3.5.1.1. Disponibilidad y altura del forraje

En el caso de los tratamientos donde los animales pastoreaban (tratamientos 1 al 4) se estimó la disponibilidad de forraje al entrar los animales a cada parcela (forraje disponible) y al salir de la misma (forraje rechazado). El tiempo de ocupación de cada parcela fue variable debido al criterio utilizado para cambiar los animales de una parcela a otra (umbral de 6 cm de altura del forraje remanente). Cuando el forraje remanente alcanzaba la altura mencionada, se estimó la disponibilidad que la misma representaba a partir de la realización de cinco muestras de forraje por tratamiento (subparcela) en cada momento de cambio de parcela. Los mismos debían ser representativos del estado general de cada subparcela, en términos de disponibilidad de materia seca y su composición botánica. Cada muestreo se realizó con un marco rectangular de 20 x 50 cm de lados (0.1 m² de área), con cortes realizados por tijera de aros al ras del suelo. Las muestras de forraje fresco obtenidas se colocaban en bolsas de nylon identificadas con la fecha de muestreo, tipo de corte (rechazo/ disponible), número de parcela, tratamiento y número de muestra (1 al 5).

Se efectuaron estimaciones de la altura del forraje con una regla graduada (apreciación 0.5 cm), realizándose cinco medidas dentro de cada rectángulo y 15 más al azar en el resto de la subparcela. Se tomó como criterio de medición de la altura el punto más alto de contacto del forraje verde, donde se concentra el consumo animal (Montossi et al., 2002b).

Las cinco muestras provenientes de los cortes de rectángulo de cada subparcela se pesaron individualmente en fresco, luego se mezclaron formando un pool homogéneo del cual se extraían dos submuestras, de aproximadamente 20 gramos cada una, para evaluar la composición botánica del forraje y del resto del pool se obtenían dos submuestras adicionales para determinación de porcentaje de materia seca y así posteriormente estimarse la disponibilidad de forraje y se efectuaba la preparación de la muestra para su eventual análisis del valor nutritivo. Estas submuestras eran pesadas en fresco y luego secadas en estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Con estos resultados se pudo estimar el porcentaje de materia seca (MS%) de las muestras, según la fórmula:

$$\text{MS (\%)} = \frac{\text{Peso Seco de la muestra en gramos}}{\text{Peso Fresco de la muestra en gramos}} \times 100$$

El porcentaje de materia seca de las dos muestras del pool se promedió y se obtuvo un único porcentaje, el cual se utilizó para estimar la disponibilidad del resto del área, fuera de los rectángulos y así se obtuvo una estimación del peso seco (PS) de cada una de la subparcela de cada tratamiento. Estos cinco resultados se promediaron para calcular la disponibilidad de forraje (kg MS/ha), de cada una de las subparcelas correspondientes a cada tratamiento.

$$\text{Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)} = \frac{\text{Promedio de PS de las 5 submuestras (Kg)} \times 10000 \text{ m}^2}{0.1 \text{ m}^2 \text{ (área del rectángulo)}}$$

Las muestras de forraje secadas se colocaron en bolsas de nylon individuales, con etiquetas identificatorias, para luego ser enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela para realizar los posteriores análisis de su valor nutritivo.

3.5.1.2. Composición botánica

Se extrajeron dos submuestras del pool mencionado, de aproximadamente 20 gramos cada una, y se procesaron por separado. Se separó la fracción verde de la fracción seca, y dentro de la fracción verde se discriminó: gramíneas (espontáneas, cultivadas o nativas, pero que aporten a la dieta), malezas y trébol blanco. Dentro de este último componente se discriminó entre, folíolo, pecíolo, estolón e inflorescencia. Todas las fracciones se pesaron en fresco, luego se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante y una vez secadas, se pesaron nuevamente. Todas las gramíneas presentes se consideraron dentro del componente “malezas”, siendo estas rechazadas por los animales durante todo el experimento y en todos los tratamientos sobre pastura (1 al 4), debido a que se encontraban en avanzado estado reproductivo (tallos endurecidos y poco apetecibles, y los animales no los seleccionaban).

3.5.1.3. Valor nutritivo

Se determinó el valor nutritivo de la pastura, de la ración y del fardo. Para ello, se tomaron muestras, en el transcurso del experimento, por parcela en el caso de las pasturas y semanales (período entre una medición de peso vivo y la siguiente) para la ración y el fardo.

Basándose en los momentos en que se realizaron las mediciones de peso vivo vacío, se definieron los ciclos de pastoreo. Sobre la base de la definición de cuatro ciclos de pastoreo, se realizaron las extracciones de muestras con las cuales posteriormente se formó un pool para cada ciclo. De este pool se tomó una muestra de al menos 20 gramos, la cual fue enviada al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela. Para determinar el valor nutritivo de la pastura se utilizaron las muestras provenientes de la estimación de disponibilidad de materia seca (ofrecido y rechazo).

Para determinar el valor nutritivo del fardo, se tomaron muestras de aproximadamente 100 gramos de cada fardo, las cuales tenían aproximadamente un peso individual fresco de 20 kg, donde se realizó un pool semanal, para su posterior análisis estadístico.

Las muestras de pastura y fardo fueron secadas a 60 °C para evitar la alteración del valor nutritivo de las mismas por exceso de temperatura de secado. Dichas muestras una vez secadas fueron molidas en un molino marca Willey Mill (modelo estándar No. 3), utilizando una malla de 1 milímetro.

En el caso de la ración, se tomaron muestras de aproximadamente 200 gramos de cada una de las bolsas de 50 kg de ración que se utilizaron, con las cuales se realizó un pool semanal, definido en el tiempo como la determinación del peso vivo lleno y la siguiente medición de éste parámetro.

Con las muestras ya procesadas de los diferentes alimentos, se formaron los pools por ciclo. Para la pastura, se formó un pool de forraje rechazado y otro de forraje ofrecido para cada ciclo y para cada tratamiento. De todas las muestras obtenidas, dos submuestras fueron enviadas a analizar al Laboratorio, resultantes de la combinación del muestreo por ciclo y por tratamiento.

Todas las muestras fueron enviadas para ser analizadas al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela. Allí se determinó el valor de Proteína Cruda (PC) por el método Kjeldhal (1984) con un analizador Tecator 1030, Fibra de Detergente Ácido (FDA) y Fibra Detergente Neutro (FDN) por el método Van Soest (1982). La Digestibilidad de la Materia Seca (DMS) fue calculada utilizando la fórmula de Holland y Kezar, citados por Montossi et al. (2000):

$$DMS = 88.9 - (\%FDA \times 0.779)$$

3.5.2. En animales

Se realizaron determinaciones en los animales vivos y post-mortem. En los animales vivos, se realizaron determinaciones diarias (consumo de ración y agua), semanales (peso vivo y consumo de pastura), quincenales (condición corporal, dentición y análisis coprológico), mensuales (peso vivo vacío y conducta animal). Al inicio del ensayo, se realizó el muestreo de un parche inicial de lana, mientras que al final del ensayo se determinó la medición de un parche final de lana, el peso vellón y el área de ojo del bife y punto C. Posteriormente al sacrificio, se realizaron mediciones en planta frigorífica (calidad de la canal y componentes no canal), mediciones en el Laboratorio de Tecnología de la Carne de INIA Tacuarembó (calidad de carne) y en el Laboratorio de Grasas y Aceites de Facultad de Química (ácidos grasos).

3.5.2.1. Determinación de peso vivo lleno (PV) y vacío (PVV)

El peso vivo lleno de los animales se determinó al inicio del experimento y luego semanalmente hasta el final del mismo. El peso vivo vacío (al menos con 15 horas de ayuno) se determinó por primera vez a las seis semanas de haber comenzado el experimento, luego cada 28 días y al finalizar el ensayo (previo a la faena). Las determinaciones se realizaron con una balanza electrónica TRU-TEST™, con una apreciación de 0.5 kg

3.5.2.2. Determinación de condición corporal (CC)

La condición corporal se determinó al inicio del experimento y luego cada 14 días coincidiendo con la determinación de peso vivo lleno. Se utilizó la escala de Russel et al. (1969), la cual determina la condición corporal palpando manualmente la cobertura de tejidos sobre las apófisis vertebrales (espinosas y transversas) y el músculo del lomo (*Longissimus lumborum*) detrás de la última costilla. La escala tiene un rango de seis puntos (0 al 5), donde 0 es un animal muy flaco próximo a la muerte y 5 un animal extremadamente gordo (**Anexo-Figura 5**).

3.5.2.3. Determinación de la dentición

La dentición se determinó cada 14 días coincidiendo con las determinaciones de peso vivo lleno y condición corporal. Al inicio del experimento los animales estaban próximos a cortar los dos dientes. Era esperable que en el transcurso del mismo la gran mayoría de los animales alcanzaran dicha dentición. Por ello y aprovechando la elevada frecuencia en que se realizaron las determinaciones, se utilizó la siguiente escala: diente de leche (DL), cortando un diente (C1D), cortando dos dientes (C2D) y dos dientes completamente desarrollados (2D).

3.5.2.4. Crecimiento y calidad de lana

Para poder calcular el crecimiento de la lana ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$) durante el período experimental se utilizó el método de parches (Coop, citado por Birgman, 1974), que se realiza esquilando al ras de la piel, un área de aproximadamente 10 x 10 cm de lado (100 cm^2) a la altura de la tercera costilla y del lado derecho del animal. Se realizó un parche al inicio del experimento y otro al final sobre la misma área del parche inicial. A dichos parches se les tomaron las medidas de los cuatro lados y de una diagonal para poder luego calcular el área total de corte. Las muestras de lana se pesaron (balanza con apreciación de 0.01 gramos), luego se secaron en las instalaciones de la sede central de INIA Tacuarembó, a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ en estufa de aire forzado durante dos noches (aproximadamente 24 horas) a efectos de eliminar la humedad de los mismos. Posteriormente, se pesaron nuevamente las muestras con el fin de determinar el crecimiento de la lana. Estas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Lanasy del Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL) para determinar el rendimiento al lavado, diámetro de fibra y coeficiente de variación del mismo, largo de mecha, resistencia a la ruptura, amarillamiento, luminosidad, según metodologías empleadas por el SUL.

El rendimiento al lavado de la fibra se determinó mediante un tren de lavado con agua caliente a 64, 60, 55, $50 \pm 3^\circ\text{C}$ en cuatro piletas secuenciales (3 minutos en cada una), de 70 litros cada una con detergente no iónico al 29% con concentraciones decrecientes (160, 90 y 60 ml, respectivamente), siendo la última pileta la de enjuague. Posteriormente, las muestras se secaron en una estufa de circulación de aire de $105 \text{ }^\circ\text{C}$, luego de lo cual se acondicionaron y pesaron.

Para la determinación del largo de fibra (mm), se tomaron diez fibras al azar por muestra, las cuales se midieron con regla milimetrada. El diámetro de fibra, su coeficiente de variación y el porcentaje de fibras por encima de 30.5 micras se determinaron con un equipo Laserscan.

Para la determinación de resistencia a la tracción o ruptura de la mecha (Newton / kilotex), el instrumento utilizado fue un Agritest Staple Breaker Modelo 2. En este procedimiento, la lana es tensada hasta su rotura. Primero, se mide la fuerza de rotura de la mecha, luego las fracciones resultantes son pesadas en una balanza y su valor corregido por el rendimiento, determinándose la posición de rotura (POB, expresada en porcentaje), señalando los puntos de ruptura a nivel de la base, medio o punta de la mecha.

Las determinaciones de color y luminosidad se efectuaron sobre una muestra de 2,5 g de lana limpia en condiciones controladas de temperatura y humedad. Se colocaron en una cámara circular de dimensiones estandarizadas perteneciente a un colorímetro Hunterlab™ y se realizaron 4 mediciones, obteniéndose luego un valor promedio.

3.5.2.5. Peso de vellón

La esquila se realizó al finalizar el experimento, el 6 de febrero, en todos los animales. Se esquiló con peine bajo para que la cantidad de lana remanente fuera mínima. De este modo, el peso del cuero de cada animal estaría afectado lo menos posible por el agua retenida por la presencia de lana. La esquila de todos los animales se realizó mediante el método *Tally-Hi*, determinándose el peso de vellón sucio de cada animal.

3.5.2.6. Conducta animal

Se realizaron tres conductas de pastoreo (Cuadro 38) a lo largo de experimento, la primera se realizó a un mes de iniciado el mismo y las dos siguientes en la primera semana de los meses siguientes. Se identificaron con pintura los animales con un número correlativo en ambos costillares y en el anca. La conducta animal se realizó durante todas las horas de luz del día, registrando cada quince minutos la actividad que realizaba cada animal: pastoreo (tratamientos 1 al 4), rumia, consumo de agua, consumo de ración (tratamientos 2 al 5), consumo de fardo (tratamiento 5) u otras actividades (incluye descanso, rascado, juegos, desplazamiento, etc.; tratamientos 1 al 5). Para los tratamientos sobre pastura (tratamientos 1 al 4), según la metodología de Jamieson y Hodgson (1979), se realizaron cuatro medidas de la tasa de bocado durante las horas de concentración de pastoreo, dos en la mañana y dos en la tarde, registrando el tiempo (segundos) en que demora el animal en realizar 20 bocados.

La conducta se llevó a cabo con tres observadores, dos de estos a cargo cada uno de los animales de dos de los cuatro tratamientos a campo (1 al 4) y el tercero a cargo del tratamiento en confinamiento (tratamiento 5). La medición de la conducta animal fue realizada durante las horas de luz del día y se dividió la misma en tres periodos de igual duración. Los observadores rotaron en los puestos de observación, con el objetivo de controlar la variación individual existente entre los observadores y así reducir el sesgo en las evaluaciones de las variables de componentes de la conducta animal. Durante los días de evaluación de la conducta animal se respetó la rutina de suministro de alimento.

Cuadro 38: Cronograma de las determinaciones de conducta animal.

Conducta	Ciclo	Fecha	Horario
Primera	2	27 Nov 2003	5:30 – 19:30
Segunda	3	7 Ene 2004	5:45 – 20:30
Tercera	4	4 Feb 2004	6:00 – 20:00

3.5.2.7. Consumo de ración

El consumo de ración se estimó por diferencia entre la cantidad de ración ofrecida y la rechazada. Para ello, se midió diariamente el rechazo de ración en todos los tratamientos. En el caso del tratamiento 5, se midió individualmente el consumo de ración y en los tratamientos que pastoreaban (2 al 4) se efectuaba en forma grupal.

Es importante recordar que el suministro de ración se realizó en dos momentos del día, la mitad de la ración y del fardo se ofrecía temprano en la mañana y la otra mitad en la tarde. El rechazo de ración del tratamiento 5 se midió en la tarde antes de suministrar la otra mitad de la ración. La ración rechazada se retiraba y se colocaba en bolsas individuales de nylon con el número correlativo del animal, se pesaba y devolvía al animal correspondiente. En la mañana siguiente, antes de suministrar la mitad de la ración del día, se retiraba la ración rechazada del día anterior en bolsas de nylon con el número correlativo del animal se pesaba y se descartaba. Este proceso, se realizó durante las dos primeras semanas, luego no se pesaba ni levantaba de los baldes el rechazo de la tarde, sólo en la mañana, obteniéndose el resultado de rechazo del total ofrecido el día anterior.

Para los tratamientos en que los animales pastoreaban (tratamientos 2 al 4) se midió diariamente el rechazo de ración por grupo, retirando y pesando el rechazo que dejaban las corderas en la batea. Los animales de los tratamientos 2 y 3 (oferta de ración presupuestada en la dieta 25 y 50% respectivamente) nunca dejaron rechazo de ración. En cambio, los animales del tratamiento 4 (oferta de ración presupuestada en la dieta 75% ración), durante gran parte del experimento dejaron rechazos de ración. Los días de lluvia dentro de los comederos se mojaba, no se pudieron obtener los datos de rechazo, y se descartaron estas estimaciones de las evaluaciones posteriores.

3.5.2.8. Consumo de agua

Se estimó el consumo de agua en todos los tratamientos, como el agua desaparecida.

En el caso de los animales en confinamiento, se ofrecían seis litros de agua cada vez que se ofrecía ración (repartida dos veces al día). El consumo individual de agua se estimó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado. El rechazo se midió cada vez que se ofrecía ración. Para ello, se volcaba el contenido del balde en un recipiente graduado. De este modo, los animales disponían de agua fresca y limpia durante todo el día.

Para los tratamientos 1 al 4, se utilizaron bebederos graduados cada 20 litros, en los cuales día por medio (con un recipiente graduado) se medía el consumo de agua. Se consideró el período de tiempo al cual correspondía la medición de agua y teniendo en

cuenta el número de animales por tratamiento, dónde se pudo estimar el consumo individual.

$$\text{Consumo individual aparente (lt/a/d)} = \frac{\text{L de agua desaparecidos en cierto período de tiempo}}{\text{Período de tiempo} \times \text{número de animales}}$$

3.5.2.9. Consumo de forraje

En el caso se los tratamientos 1 al 4 no se utilizaron métodos de estimación del consumo individual de forraje en los animales. Se estimó, por tratamiento, mediante los kilogramos de materia seca (kg MS) desaparecidos en un determinado tiempo de uso (pastoreo de esa parcela), por subparcela dividido el número de animales (No. anim.) y los días de ocupación de cada parcela (días).

$$\text{Kg MS desaparecida} = \text{Kg MS disponible} - \text{kg MS rechazada}$$

$$\text{Consumo de forraje aparente (kg MS/a/d)} = \frac{\text{Kg MS desaparecida}}{\text{N}^\circ \text{ de animales/días}}$$

3.5.2.10. Manejo sanitario

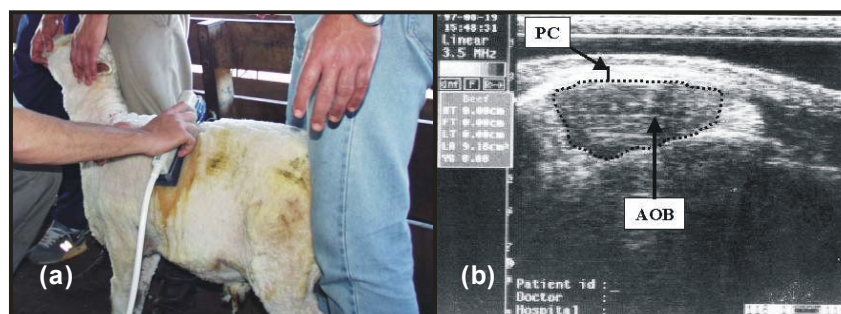
Se realizaron muestreos de materia fecales, cada 14 días, en la mitad más uno de los animales de cada tratamiento, con el objetivo de monitorear el nivel de infestación de parásitos internos. Las muestras eran enviadas al Laboratorio de Sanidad Animal de INIA Tacuarembó para efectuarles análisis coproparasitario y control de presencia de tenias. El procedimiento utilizado para estimar la concentración de parásitos gastrointestinales fue el conteo de los huevos por gramo de materia fecal (HPG) mediante la técnica McMaster, modificada por Williamson et al. (1994). Cuando el análisis resultaba en un conteo superior a 900 huevos por gramo de materia fecal, en la mitad más uno de los animales de cualquier tratamiento, se realizaba la dosificación de la totalidad de los animales del experimento con Baymetin™ según peso promedio (en general, las dosificaciones individuales variaron entre 16 y 20 ml por animal para 40 y 50 kg, respectivamente). Dicho procedimiento se realizó en una ocasión, el 8 de enero del año 2004.

3.5.2.11. Características de la canal *in vivo*

Mediante el uso de la ultrasonografía, el 4 de febrero previo a la faena, se le realizó a todos los animales del experimento la medición del área de ojo de bife (AOB) y de la cobertura de grasa (Punto C). Dichas determinaciones se realizaron en el espacio intercostal entre la 12ª y la 13ª costilla del flanco izquierdo, en base a tres medidas promedio del Punto C (Owen, citado por Russel, 1995). El equipo utilizado fue un ALOKA 500K con un transductor de 3.5 Mhz., 172 mm de largo y un acoplador

acústico para mejorar la calidad de la imagen obtenida (Figura 34). Las imágenes se almacenaban para su posterior procesamiento, utilizando un software específico.

Figura 34. Fotografía de la realización de la ultrasonografía (a) e imagen obtenida (b).



3.5.3. Relativas a la faena

De la totalidad de los animales vivos al final del experimento, 50 fueron a faena. Los animales fueron embarcados el 6 de febrero del año 2004, en el piso inferior del camión que los transporto a la planta frigorífica.

Los 50 animales que fueron a faena, se dividieron en dos grupos de 25 animales cada uno. Uno de los grupos contenía cinco animales de cada tratamiento, dos animales cruza Corriedale x Texel y tres animales cruza Corriedale x Ile de France. Estos fueron elegidos, teniendo en cuenta la condición corporal y peso vivo vacío previo a la faena, de modo que fueran representativos de cada tratamiento. El otro grupo estaba conformado por el resto de los animales. En el primer grupo, se realizaron todas las determinaciones de calidad de la canal, componentes no-canal y carne. En el segundo grupo no se realizaron determinaciones en componentes no-canal, y se realizaron un número menor de determinaciones en la canal y de calidad de la carne.

El día 7 de febrero del 2004, se realizó la faena de las corderas en las instalaciones del frigorífico San Jacinto – NIREA S.A., ubicado en el Departamento de Canelones, Uruguay. Los animales fueron pesados en pie previo a su faena.

Para identificar a los animales en la línea de faena, se les colocó un número en el garrón, correlativo al orden de entrada a la misma y se anotó el número de caravana al cual correspondía, con el objetivo de disponer de una correcta identificación de los animales y la información que se reuniría de cada uno de ellos.

3.5.3.1. Mediciones de la canal y sus componentes

El peso de canal caliente se registró al final de la línea de faena junto con la clasificación realizada por parte del personal del frigorífico. Posteriormente, las canales fueron ubicadas en una cámara de frío a temperaturas que oscilaron en el rango entre 2 y 4 °C, donde permanecieron allí durante 48 horas y previo al desosado se registró el peso de canal fría, obteniéndose por diferencia, el resultado de pérdidas de merma por frío.

De todas las canales, se obtuvieron los resultados de la conformación y terminación de las mismas, según el Sistema de Clasificación y Tipificación de Canales Ovinas de INAC (Robaina, 2002) (Anexo-Figura 6), el cual fue aplicado por parte de personal del frigorífico sobre las canales calientes y posteriormente aplicado por parte de los técnicos de INAC en las canales enfriadas. Estos resultados recolectados permitieron obtener información subjetiva de la calidad de la canal, basándose para ello en el tipo de conformación (desarrollo relativo de las masas musculares) y grado de terminación (cantidad y distribución del tejido adiposo) (Robaina, 2002).

Sobre las canales enfriadas, se realizaron estimaciones de la cobertura de grasa medidas en el punto GR, ubicado sobre el costillar izquierdo en la 12ava costilla a 11 centímetros de la columna vertebral (Kirton et al., 1984) (Anexo-Figura 7). El punto GR es considerado un buen indicador del grado de terminación de la canal (San Julián et al., 2002).

Composición tisular

Con el objetivo de realizar un análisis objetivo de la composición tisular de las canales, se realizó el despiece de las paletas derechas con hueso, de los 25 animales seleccionados. Para ello, dicho corte fue retirado del frigorífico, envasado al vacío, para realizar su posterior análisis en el Laboratorio de Tecnología de la Carne del INIA Tacuarembó.

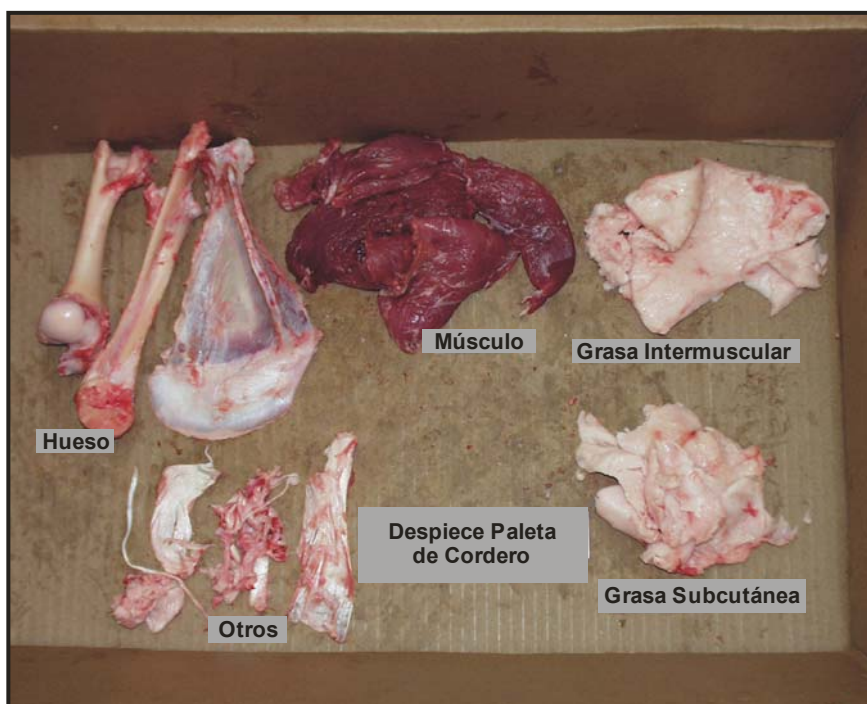
Previo al despiece, fue necesario estandarizar el corte de la paleta (Figura 35).

Figura 35. Corte de la paleta proveniente del frigorífico y estandarizada para el procedimiento de despiece, visión externa (izquierda) e interna (derecha).



Según los procedimientos propuestos por Colomer-Rocher et al. (1988) la disección de las mismas se realizó con bisturí y cuchilla, obteniéndose las siguientes fracciones: grasa subcutánea, grasa intermuscular, músculo, huesos y otros (que incluye vasos, nervios, ligamentos, tendones y fascias) (Figura 36).

Figura 36. Imagen de las diferentes fracciones obtenidas mediante el procedimiento de despiece.



Cortes valiosos

El desosado se efectuó 48 horas posterior a la faena. Al comienzo de la línea de desosado se retiraron los *racks* derechos de los 25 animales seleccionados, con el objetivo de determinar el perímetro del bife, posteriormente, para estimar el área de ojo de bife (AOB) en el Laboratorio de Tecnología de la Carne del INIA Tacuarembó. Esta determinación se realizó mediante el uso de un acetato con una cuadrícula punteada de 0.85 x 0.85 cm, el cual se superpuso sobre el contorno del bife y se realizó el conteo de puntos comprendidos dentro del contorno de cada bife. Cada punto equivalía a un área de 0.72 cm².

Con el propósito de obtener información adicional acerca de los cortes valiosos de la canal; fueron pesados, en la línea de desosado, dos cortes, el *Frenched Rack* izquierdo y derecho y ambas *piernas con cuadril y sin hueso*, de la totalidad de animales que ingresaron a faena. Como complemento de esta información, se dispuso del peso de las paletas derechas.

3.5.3.2. Medición de los componentes "no canal"

En la línea de faena se retiraron los componentes "no canal" de los 25 animales seleccionados. Primero, se extrajeron los cueros que fueron pesados y clasificados en pies (un pie equivale a 30.5 cm) según la clasificación estándar utilizado a nivel de las barracas. Luego se retiraron por separado las vísceras "rojas" y "verdes" junto con la cabeza y el aparato reproductor femenino del animal. También, se separó la grasa cavitaria. Las diferentes partes se pesaron por separado en una balanza electrónica (apreciación de 5 gramos).

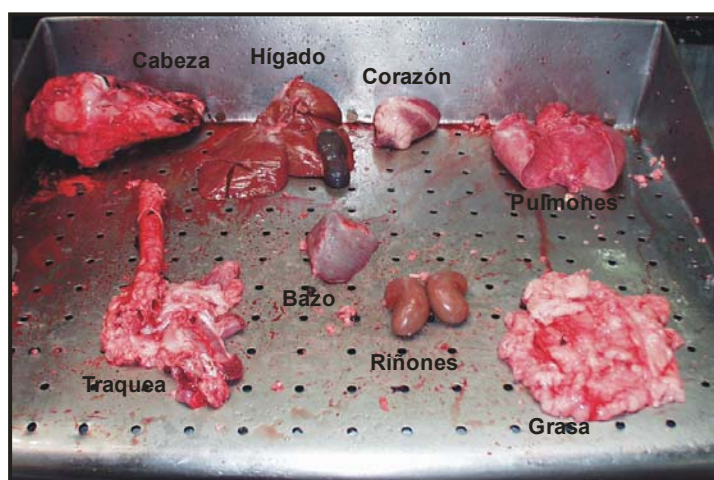
Se entiende por vísceras "verdes" todos los órganos que forman parte del sistema gastrointestinal. De éste se separó y pesó: esófago, retículo-rumen, omaso-abomaso, intestinos y colon con la grasa adherida a los mismos, recto y separadamente el resto de la grasa (Figura 37).

Figura 37. Imagen fotográfica de las diferentes partes del tracto digestivo (vísceras verdes).



Comprendido dentro de las vísceras rojas está el aparato respiratorio, parte del sistema circulatorio, hígado y riñones. Se pesaron separadamente, pulmones, traquea junto con otros conductos, el hígado junto con la vesícula, los riñones, el corazón, el bazo y la tela o grasa que los cubre (Figura 8).

Figura 38. Imagen fotográfica de los órganos agrupados como víscera “rojas”.



Por otro lado, se pesó la cabeza con ojos, cerebro y sin cuero. También se pesó el aparato reproductor del animal (útero, ovarios y trompas de Falopio). La grasa cavitaria también fue pesada por separado.

3.5.3.3. Calidad de la carne

pH y temperatura

En los 25 animales seleccionados, se evaluó en las canales previo al desosado el pH y la temperatura de las mismas a las 1, 3, 24 y 48 horas *postmortem* sobre el músculo *longissimus lumborum* entre la 12^{ava} y la 13^{ava} costilla. Para medir la temperatura se utilizó una termocupla BARNANT 115, y para medir el pH se utilizó un equipo manual ORION 210 A, ambos pertenecientes al Laboratorio de Tecnología de la Carne de INIA Tacuarembó.

Color y terneza

Para el resto de las medidas, en la línea de desosado, se adquirieron los dos bifes (músculo *longissimus lumborum*) de los 25 animales seleccionados y el bife derecho de los otros 25 animales. Los dos bifes se colocaron juntos, orientados de forma inversa (el extremo posterior de uno con el extremo anterior del otro) y se cortaron transversalmente en trozos de una pulgada (2.54 cm). Se pretendió obtener 4 pares de muestras de cada par de bifes, 3 pares de muestras correspondiente a cada uno de los tres períodos de maduración previstos para análisis (2, 5 y 10 días) y el cuarto par y las muestras obtenidas de los bifes derechos de los otros 25 animales se guardaron para realizar los análisis de ácidos grasos. Todas las muestras se identificaron con el número correlativo de faena y se envasaron al vacío en el frigorífico. La maduración hasta los 5 y los 10 días se realizó en la cámara de frío del Laboratorio de Tecnología de la Carne de INIA Tacuarembó.

Otro parámetro evaluado fue el color, el cual se midió para los 25 animales seleccionados, en la carne y en la grasa (grasa subcutánea que cubre al músculo *longissimus lumborum*) con un colorímetro MINOLTA C-10. El color se midió en tres momentos, a los 2, 5 y 10 días de maduración. La medición a los 2 días se realizó en planta frigorífica sobre el extremo posterior de los *racks* derechos que habían sido retirados de la línea de faena. Para las restantes mediciones, se emplearon las muestras de los bifes tomadas en el frigorífico al momento del desosado. Con el colorímetro se tomaron tres repeticiones de la medición de los parámetros L*, a* y b*, según sistema Hunter, donde; L* representa el grado de reflectancia de la luz desde la superficie de la carne o luminosidad; a* la escala de colores entre el rojo y el verde (valores más positivos de a* equivalen al color rojo) y b* la escala de colores entre el azul y el amarillo (valores positivos equivalen al amarillo) (De Barbieri et al., 2003). En esta instancia, también se midió el pH a los 5 y 10 días de maduración.

Para la evaluación de terneza fueron considerados tres períodos de maduración; 2, 5 y 10 días. Se procesaron las muestras de 2.54 cm de ancho tomadas de los bifes, para

cada período de maduración. Después de medir el color de carne y grasa, se pesó el par de muestras de músculo de cada animal y posteriormente fueron colocadas en una bolsita de polietileno con el número correlativo que traían del frigorífico, las cuales se cocinaron a baño María (instrumento Rost Frei™) a temperatura constante (70 °C) durante 90 minutos. Al retirarse las muestras del baño María, estas fueron pesadas y se dejaron enfriar a temperatura ambiente para luego extraerles seis trozos, de medidas estándar (1.3 x 1.3 cm) siguiendo la orientación longitudinal de las fibras. De cada uno de estos trozos, se determinó la terneza, a través de un instrumento Warner Bratzler Dillon Quantrol™, para medir la fuerza de corte (kg/cm²), con una apreciación de 0.01 kg fuerza.

Perfil de ácidos grasos

Las muestras del músculo *longissimus lumborum* de todos los animales que ingresaron a faena fueron enviadas al Laboratorio de Grasas y Aceites de Facultad de Química de la Universidad de la República, a efectos de realizar el análisis del contenido de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos. Dichos análisis fueron realizados con un Cromatógrafo de Gases, siguiendo el protocolo del propio laboratorio.

El procedimiento realizado en dicho Laboratorio cumple los siguientes pasos⁴:

1^{er} Se tritura de la muestra de carne con una picadora eléctrica casera, habiendo previamente removido la capa exterior de tejido conectivo.

2^{do} Tomar de la muestra homogeneizada, dos submuestras que pesen entre 4 y 5 g., una para la determinación del contenido de grasa y otra para la determinación del porcentaje de humedad.

3^{er} En la primer submuestra se le realiza la extracción de la grasa por agitación con una mezcla de Hexano/2-propanol (3/2).

4^{to} La grasa extraída de la primer submuestra se debe filtrar y rotaevaporar, para posteriormente pesarla y así determinar porcentaje de grasa contenida en la carne.

5^{to} Con la segunda submuestra se realiza la determinación del porcentaje de humedad en estufa al vacío hasta peso constante según NORMAS UNIT.

6^{to} La grasa que se obtiene como resultado del 4^{to} punto es procesada para obtener la estimación del contenido de ésteres metílicos (según AOCS Ce 2-66) y determinar el perfil de ácidos grasos en un Cromatógrafo de Gases con columna capilar sp2560, utilizando una llama de hidrógeno y nitrógeno como carrier (según AOCS Ce 1-62).

⁴ Pagano, T. 2005. Com. Personal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan y analizan los resultados del efecto principal de los sistemas de alimentación estudiados sobre las características de las pasturas, la performance animal, la calidad de canal y carne, y su potencial influencia sobre la salud humana.

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PASTURA

En esta sección se presenta la descripción de la pastura ofrecida y remanente, para los sistemas pastoriles (T1 al T4). La información es presentada con el objetivo de describir la situación en la cual se encontraba dicha pastura, comparando las condiciones de la misma al momento de entrada y salida de los animales de las parcelas de pastoreo.

Se comparó estadísticamente el efecto de los diferentes sistemas de alimentación sobre la variación de las características de la pastura durante el período de ocupación de cada parcela, por tanto, se comparó la situación de la misma al momento en que ingresan los animales con respecto al momento de salida de los mismos.

4.1.1. Disponibilidad del forraje ofrecido

En el Cuadro 39, se presenta la disponibilidad de forraje ofrecido promedio por ciclo de pastoreo y total del período experimental. No se observaron diferencias significativas de los tratamientos para ningún ciclo de pastoreo así como para el total del período experimental. Se observó una tendencia ($P=0.0521$) a favor del tratamiento 3 (T3) en el ciclo 4.

Al contrastar el sistema pastoril contra los sistemas pastoriles suplementados (Anexos Cuadro 2) tampoco se encontraron diferencias significativas para ningún ciclo de pastoreo y la totalidad del período experimental.

Cuadro 39. Disponibilidad del forraje ofrecido (kg MS/ha) por ciclo y total según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
1	2640	2877	2786	2372	ns
2	2355	2080	2340	2569	ns
3	2718	2490	2438	2462	ns
4	2264	2407	2895	2541	ns
Total	2547	2476	2550	2473	ns

t: tendencia ($P<0.1$) y ns = no significativo ($P>0.1$).

En el Cuadro 40, se presenta la disponibilidad de materia verde (Verde) y hoja verde (Foliolo) de la leguminosa ofrecida (trébol blanco). La relevancia de esta información radica en que, según Montossi et al. (2000), debido a la selectividad animal, el material verde es un importante factor en determinar el horizonte de pastoreo. Dichos autores a su vez, afirman que ha sido demostrado científicamente que los animales en pastoreo prefieren hojas verdes en contraposición a tallos verdes y éstos a material muerto.

Como se puede apreciar en el Cuadro 40, se presentaron diferencias muy significativas ($P < 0.01$) para disponibilidad de forraje verde en el ciclo 2 y 3 a favor de los T4 y T2, respectivamente, y para disponibilidad de hoja verde en el ciclo 3 y 4 a favor de los T1 y T2 y del T3, respectivamente. Estos resultados no concuerdan con el criterio utilizado al momento de asignar las parcelas a cada tratamiento. Dicho criterio pretendía asignar la parcela de menor disponibilidad de trébol blanco al tratamiento con mayor nivel de suplementación y viceversa. Las otras diferencias encontradas son más acordes a dicho criterio. Para la variable disponibilidad de hoja verde en el ciclo 2, se registró una tendencia ($P = 0.0935$) a favor del sistema pastoril con mayor nivel de suplementación (T4).

Cuadro 40. Disponibilidad de forraje verde (Verde) y hoja verde (Foliolo) de leguminosa disponible (kg MS/ha) por ciclo de pastoreo y total según tratamiento.

Ciclo	Fracción	T1	T2	T3	T4	P
1	Verde	1526	1943	1878	1243	ns
	Foliolo	575	529	547	270	ns
2	Verde	930 b	1009 b	783 b	1510 a	**
	Foliolo	257 ab	242 ab	179 b	347 a	t
3	Verde	1170 ab	1229 a	919 bc	847 c	**
	Foliolo	213 a	216 a	116 b	120 b	**
4	Verde	1765	1717	2096	1762	ns
	Foliolo	426 b	622 a	760 a	416 b	**
Total	Verde	1252	1418	1263	1243	ns
	Foliolo	354	351	318	259	ns

** : $P < 0.01$; t: tendencia ($P < 0.1$) y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Verde = kg de material verde, Foliolo = kg de foliolo de trébol blanco.

A pesar de las diferencias encontradas en los distintos ciclos, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para la totalidad del período experimental. Por lo tanto, se puede considerar que las condiciones de disponibilidad de materia seca y sus diferentes fracciones el total de experimento fueron iguales para todos los

tratamientos. De esta manera, se demuestra que se cumple en general el objetivo de asignar similares condiciones de forraje disponible a los diferentes tratamientos.

4.1.2. Altura del forraje ofrecido

En el Cuadro 41, se presenta la altura del forraje ofrecido medida con regla graduada dentro del área donde se realizó el corte para estimación de materia seca (rectángulo de 20 cm x 50 cm). En el ciclo 4, se pueden observar diferencias significativas a favor del tratamiento 3. Este comportamiento acompaña la disponibilidad de hoja verde (Cuadro 40) en este ciclo, mientras que la disponibilidad de materia seca total no presentó diferencias estadísticamente significativas. Al igual que en el caso del forraje ofrecido, la altura no presentó diferencias significativas entre tratamientos para el total del período experimental.

Cuadro 41. Altura del forraje ofrecido (cm) medida dentro del rectángulo por ciclo y total según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
1	11.1	10.1	10.0	9.5	ns
2	9.4	8.8	8.3	8.6	ns
3	8.9	8.0	8.2	8.3	ns
4	6.0 b	6.2 b	9.6 a	5.8 b	*
Total	9.5	8.7	9.2	8.6	ns

* = $P < 0.05$, ns = no significativo ($P > 0.05$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Sin embargo, como se aprecia en el Cuadro 42, la altura del forraje ofrecido medida con regla graduada dentro de la parcela, presentó diferencias significativas para los ciclos 1, 2 y 3 con variaciones entre tratamientos por ciclo, coincidiendo con el total del período experimental, donde se observó una mayor altura para el T1 en relación al resto de los tratamientos.

Cuadro 42. Altura del forraje ofrecido (cm) medida en la parcela por ciclo y total según tratamiento.

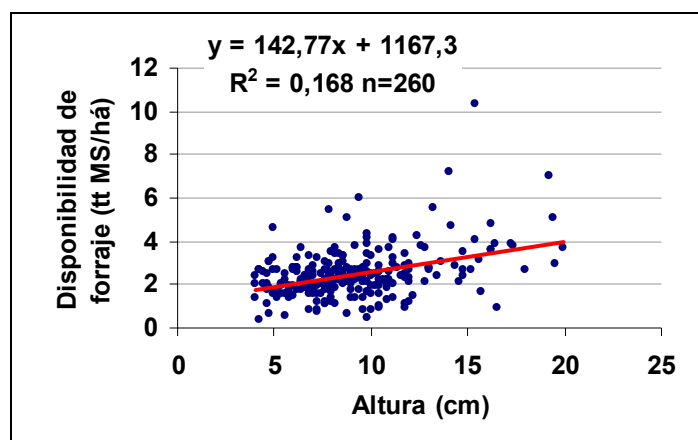
Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
1	13.5 a	11.0 b	10.9 b	9.0 c	*
2	10.7 a	10.1 ab	10.9 a	9.0 b	*
3	8.8 a	7.8 b	7.8 b	8.9 a	t
4	7.2	6.7	7.9	6.5	ns
Total	10.7 a	9.4 b	9.6 b	8.8 b	*

* = $P < 0.05$; t: tendencia ($P < 0.1$) y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la Figura 38, se presenta la asociación entre la altura del forraje ofrecido medida dentro del rectángulo (con regla graduada) y la disponibilidad de materia seca estimada, para el total del período experimental. Las asociaciones por ciclo se presentan en Anexos-Figura 8.

Figura 39. Relación entre la altura del forraje ofrecido medida dentro del rectángulo y la disponibilidad de materia seca, para el total del período experimental.



Como se puede observar en la Figura 39, la relación existente entre estas variables es lineal y positiva, donde por cada aumento en 1 cm de altura del forraje ofrecido, el nivel de disponibilidad de materia seca ofrecida se incrementó en, aproximadamente 143 kg MS/ha. A su vez, como lo expresa el coeficiente de regresión (R^2), la altura de regla explicó sólo el 16.7% de la variación en la disponibilidad de materia seca ofrecida. Estas diferencias de concentración de forraje por cm de altura se pueden explicar, en parte, por las diferencias generales de madurez fisiológica del forraje. En el presente experimento las mediciones se realizaron esencialmente en el período estival. Adicionalmente la estructura del forraje de pasturas dominadas por trébol blanco, debido a su perfil vertical, donde la mayoría de los folíolos se encuentran en un horizonte superior, no permitió encontrar una alta asociación entre la disponibilidad de materia seca y la altura del forraje, particularmente durante el período estival⁵.

Iglesias y Ramos (2003), trabajando sobre un mejoramiento de campo de segundo año dominado por trébol blanco (mayo a setiembre del 2001), encontraron un incremento de 73.7 kg de MS por cada centímetro de aumento en la altura de regla, explicando la altura en este caso el 30.5% de la variación. Camesasca et al. (2002), trabajando sobre la misma pradera utilizada en el presente experimento, en su 2^{do} año de crecimiento (mayo a setiembre del 2001), encontraron que por cada cm que aumentaba

⁵ Montossi, F. 2005. Com. personal.

la altura de regla, se incrementaba en 76 kg de MS la disponibilidad total de forraje, explicando la altura un 70% de dicha variación.

Camesasca et al. (2002), Iglesias y Ramos (2003), Urrestarazú (2004), todos ellos obtuvieron coeficientes de determinación (R^2), entre las variables altura y materia seca, superiores a los obtenidos en las asociaciones para el presente experimento. Además de los factores mencionados previamente, este resultado se puede explicar adicionalmente por la edad de la pastura y al nivel de enmalezamiento que ésta presentaba. Estas dos particularidades conforman un tapiz heterogéneo, con una presencia mayor de diversidad de especies de malezas, con diferentes estructuras y en diversos estados fisiológicos. Al mismo tiempo, estos aumentos se corresponden con lo planteado por Grennan y O’Riordan, citados por Correa et al. (1999), quienes afirman que el estado fisiológico al momento de realizar las mediciones puede producir errores cuando las pasturas están tallosas, explicando las bajas correlaciones entre altura y disponibilidad obtenidas, más aún si se tiene en cuenta que el experimento se realizó en verano cuando las pasturas ya están florecidas. Esto explica el hecho de que los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos son inferiores a los obtenidos por Camesasca et al. (2002), trabajando sobre la misma pradera pero en su segundo año de crecimiento y en invierno.

4.1.3. Composición botánica del forraje ofrecido

En el Cuadro 43, se presenta la composición botánica promedio del forraje ofrecido para el total del período experimental, dicha información se presenta desglosada por ciclos en los Anexos-Cuadros 10 al 13.

Cuadro 43. Composición botánica del forraje ofrecido total (%) según tratamiento para todo el período experimental.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	50.4	45.0	52.8	51.0	ns
FTB	13.5	13.8	12.3	10.2	ns
PTB	10.6	11.5	11.6	9.8	ns
ETB	8.4	10.1	8.8	10.1	ns
ITB	3.9 a	3.2 a	1.8 b	0.7 b	*
GR	0.9	1.8	3.4	5.0	ns
MZ	12.3	13.0	10.0	14.6	ns
RG	0.0	1.7	0.2	0.9	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$). a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

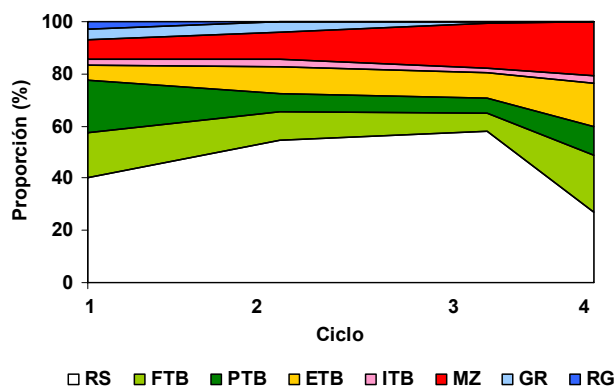
Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

La única fracción que presentó diferencias significativas entre los tratamientos fue la ITB, con una mayor presencia de esta en los tratamientos 1 y 2 con respecto a los tratamientos 3 y 4. De cualquier manera, esta tuvo una baja contribución respecto al total de MS (<3.9%).

En la Figura 39, se muestra la evolución en porcentaje de las distintas fracciones que hacen a la composición botánica del forraje disponible. En dicha Figura se puede apreciar que la fracción MZ incrementa su proporción en el total de materia seca, a medida que transcurre el experimento. A su vez, se aprecia que la proporción de restos secos muestra un ascenso durante los primeros tres ciclos, para declinar posteriormente de forma drástica. Estos resultados no son estrictamente comparables con los de otros trabajos sobre pasturas (Correa et al. 1999, Camesasca et al. 2002, Iglesias y Ramos 2003 y Urrestarazú 2004), entre otros factores, debido a la mayor proporción de malezas presente en la pastura en el presente experimento, estado fisiológico, tipo de vegetación, etc.

El análisis estadístico por ciclo de pastoreo se presenta en los Cuadros 10 al 13 de la sección Anexos. En dichos Cuadros se aprecia que no se presentaron diferencias significativas para ninguna de las fracciones estudiadas, mientras que la fracción GR muestra una tendencia ($P=0.0706$), a favor del T4. En el ciclo 3, las fracciones RS, PTB, ITB y GR muestran tendencias ($P=0.0739$, 0.095 , 0.0991 y 0.0957 , respectivamente) y diferencias significativas a favor del T2 para la fracción ETB; en el ciclo 4, la fracción ETB presentó una tendencia ($P=0.878$), mientras que FTB y PTB presentan diferencias significativas a favor del T2 y T3. Los contrastes de medias para todo el experimento y por ciclo de pastoreo se presentan en Anexos-Cuadros 27 a 31.

Figura 40. Contribución relativa (%) de los diferentes componentes de la pastura ofrecida (en base seca), por ciclo de pastoreo.



Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo trébol blanco), PTB (peciolo trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

4.1.4. Valor nutritivo del forraje ofrecido

En el Cuadro 44, se presenta la información de valor nutritivo del forraje ofrecido según tratamiento para el total del período experimental.

No se observaron diferencias significativas en ninguno de los componentes del valor nutritivo del forraje ofrecido para el total del período experimental, concordando con lo hallado por Camesasca et al. (2002), quienes tampoco encontraron efecto de la suplementación sobre las mencionadas variables, aún en el análisis por ciclo. Sin embargo, en el presente experimento, al realizar el análisis estadístico por ciclo de pastoreo (Anexos-Cuadros 15 al 18), se aprecian diferencias significativas ($P < 0.05$) y muy significativas ($P < 0.01$) para los ciclos 2 y 3, respectivamente, para la fracción FDN. En el ciclo 2, dicha diferencia fue a favor de los tratamientos 1 y 3, y en el ciclo 4 a favor del tratamiento 4. Por otra parte, en el ciclo 4 se aprecian diferencias muy significativas para PC, FDA y DMS. El contenido de PC fue menor para el tratamiento 3. El tratamiento 2 mostró el mayor contenido de FDN y FDA y por lo tanto menor DMS. Estas diferencias halladas en el ciclo 4 pueden estar asociadas a la mayor heterogeneidad de las praderas debido al mayor nivel de enmalezamiento y al estado fisiológico más avanzado. Los contrastes de medias para todo el experimento y por ciclo de pastoreo se presentan en Anexos-Cuadros 39 y 41.

Durante el diseño del experimento se planteo como objetivo ofrecer forraje de igual valor nutritivo a todos los tratamientos. Dicho objetivo fue alcanzado en el promedio del período experimental, mientras que al analizar por ciclo de pastoreo existen diferencias entre tratamientos, como se describe en el párrafo anterior.

Cuadro 44. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total según tratamiento para el total del período experimental.

Componente	T1	T2	T3	T4	P
PC	13.1	13.3	12.8	13.4	ns
FDA	28.0	27.8	28.2	27.7	ns
FDN	37.5	38.0	37.5	38.0	ns
DMS	67.1	67.2	66.9	67.3	ns

ns = no significativo ($P > 0.1$).

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

4.1.5. Disponibilidad del forraje remanente

En el Cuadro 45, se presenta la disponibilidad de forraje remanente promedio por ciclo de pastoreo y total del período experimental. Se observa que al inicio del período experimental las disponibilidades fueron iguales entre los diferentes tratamientos y al transcurrir los ciclos de pastoreo no se evidenciaron diferencias significativas sobre el forraje remanente.

Cuadro 45. Disponibilidad del forraje remanente (kg MS/ha) por ciclo y total según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
1	2529	2124	1960	1633	ns
2	1968	1570	1768	1816	ns
3	1967	2102	2041	2101	ns
4	1709	1985	2409	2356	ns
Total	2164	1979	1975	1875	ns

ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 46, se presenta la disponibilidad de materia verde (Verde) y hoja verde (Folículo) de leguminosa del forraje remanente expresado en base seca, donde se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) en la variable disponibilidad de hoja verde para los ciclos 2 y 4 a favor de los tratamientos 1 y 4, respectivamente. En el caso de la variable disponibilidad de material verde, se observó una tendencia ($P = 0.0872$) a favor de los sistemas pastoriles suplementados con mayores niveles de suplementación (T3 y T4). Estas diferencias se deben a variaciones en la composición de la pastura y no se ven explicadas por la cantidad de materia seca disponible ya que ésta no mostró diferencias entre las diferentes parcelas para ningún ciclo en particular o para el total del período experimental.

Cuadro 46. Disponibilidad de forraje (verde) y hoja verde (foliolo) de leguminosa remanente (kg MS/ha) por ciclo de pastoreo y total según tratamiento.

Ciclo	Fracción	T1	T2	T3	T4	P
1	Verde	1182	857	817	663	ns
	Foliolo	254	212	240	138	ns
2	Verde	800	609	695	846	ns
	Foliolo	48 a	39 b	35 b	40 b	*
3	Verde	794 b	1019 a	1065 a	1047 a	t
	Foliolo	68	92	90	88	ns
4	Verde	1423	1682	1754	1685	ns
	Foliolo	29 b	19 b	56 a	28 b	*
Total	Verde	993	913	938	902	ns
	Foliolo	132	120	132	91	ns

* = $P < 0.05$, ns = no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Verde = kg de material verde y foliolo = kg de foliolo de trébol blanco.

Al igual que en el caso de la disponibilidad de materia seca ofrecida, no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos, para la disponibilidad de materia seca remanente en el total del período experimental.

4.1.6. Altura del forraje remanente

En el Cuadro 47, se presenta la altura del forraje remanente medida con regla graduada dentro del área donde se realizaba el corte para estimación de materia seca. Puede observarse que no existieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para la totalidad del período experimental, ni para ningún ciclo en particular, así como tampoco se habían hallado diferencias en disponibilidad de materia seca (Cuadro 7).

Cuadro 47. Altura del forraje remanente (cm) por ciclo y total según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
1	6.2	6.0	6.5	5.8	ns
2	4.9	4.6	7.2	5.0	ns
3	5.3	5.1	5.5	6.0	ns
4	4.1	3.3	3.7	3.6	ns
Total	5.5	5.0	6.1	5.5	ns

ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 48, se aprecia la altura del forraje remanente medida con regla graduada dentro de toda la parcela, donde puede observarse que existieron diferencias

significativas en el ciclo 2 a favor de los tratamientos 2, 3 y 4, en el ciclo 3 a favor del tratamiento 4 y en el ciclo 4 a favor del tratamiento 4. Esta información no concuerda con lo obtenido para la altura dentro del área del corte para estimación de materia seca (Cuadro 47), ni con la de disponibilidad de materia seca, en donde para ambas variables no se detectaron diferencias significativas.

El objetivo planteado de retirar los animales de las parcelas cuando la altura promedio de la pastura fuera en promedio 6 cm, fue alcanzado para el promedio del período experimental y para todos los ciclos a excepción del ciclo 4. Esto puede asociarse al hecho que en dicho ciclo los animales ocuparon las parcelas durante una mayor cantidad de días.

Cuadro 48. Altura del forraje remanente (cm) medida en la parcela por ciclo y total según tratamiento.

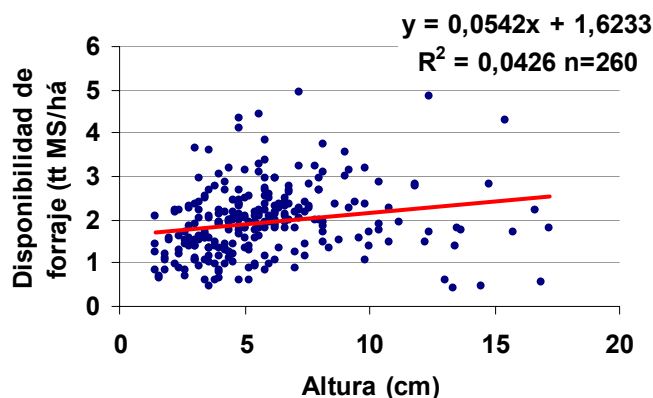
Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
1	6.7 a	5.4 b	6.1 ab	5.4 b	ns
2	4.8 b	6.6 a	6.7 a	6.8 a	*
3	6.9 ab	5.4 c	6.0 bc	7.7 a	**
4	3.6 ab	2.7 b	4.6 a	3.0 b	*
Total	6.0	5.6	6.1	6.3	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En la Figura 40, se presenta la asociación entre la altura del forraje remanente medida dentro del rectángulo (con regla graduada) y la disponibilidad de materia seca estimada, expresado en base seca, para el total del período experimental. Las asociaciones por ciclo se presentan en Anexos-Figura 8.

Figura 41. Relación entre la altura del forraje remanente medida dentro del rectángulo y la disponibilidad de materia seca, para el total del período experimental.



Como se observa en la Figura 40, las variables altura y disponibilidad de MS, presentan una relación lineal y positiva, donde por cada aumento en 1 cm de altura, la disponibilidad del forraje remanente se incrementó en 54 kg de MS/ha, explicando la altura tan solo el 4% de la variación en la disponibilidad.

Iglesias y Ramos (2003), trabajando sobre un mejoramiento de campo de 2^{do} año con trébol blanco, encontraron un incremento de 79.4 kg de MS por cada cm de aumento en la altura de regla, explicando la altura en este caso el 72.8% de la variación. Camesasca et al. (2002), sobre la misma pradera utilizada en el presente experimento, en el 2^{do} año de crecimiento y bajo pastoreo rotativo, encontraron que por cada cm que aumentaba la altura de regla, se incrementaba en 118 kg de MS la disponibilidad total de forraje, explicando la altura un 27% de dicha variación.

Al igual que para la disponibilidad, todos los autores nombrados previamente (Correa et al. 1999, Camesasca et al. 2002, Iglesias y Ramos 2003, Urrestarazú 2004), obtuvieron coeficientes de determinación (R^2) superiores a los obtenidos en las asociaciones del presente experimento. Estas diferencias estarían explicadas, al igual que en el caso de la variable disponibilidad del forraje ofrecido, por la edad, nivel de enmalezamiento, diversidad de especies de malezas, estructuras y estados fisiológicos, pudiendo producirse variaciones importantes al momento de realizar las mediciones Grennan y O'Riordan, citados por Correa et al. (1999). En este caso, este efecto está más acentuado, ya que la pastura sufrió la selección del pastoreo de los animales, llevando a un mayor el nivel de enmalezamiento, y por ende aumentando la heterogeneidad de la pastura.

4.1.7. Composición botánica del forraje remanente

En el Cuadro 49, se presenta la composición botánica promedio del forraje remanente para el total del período experimental, dicha información se presenta separada por ciclos en los Cuadros 19 al 22 de la sección Anexos.

En todo el período experimental, no se presentaron diferencias significativas en ninguna de las fracciones botánicas. El mismo comportamiento se observó cuando se realizó el análisis por ciclo (Anexo-Cuadro 19 al 22), resultados que concuerdan con los obtenidos por Camesasca et al. (2002). La única variable que presentó diferencias significativas entre las parcelas asignadas a los distintos tratamientos fue ETB en el ciclo 2 y a favor del T1.

Cuadro 49. Composición botánica del forraje remanente total (%) según tratamiento para todo el período experimental.

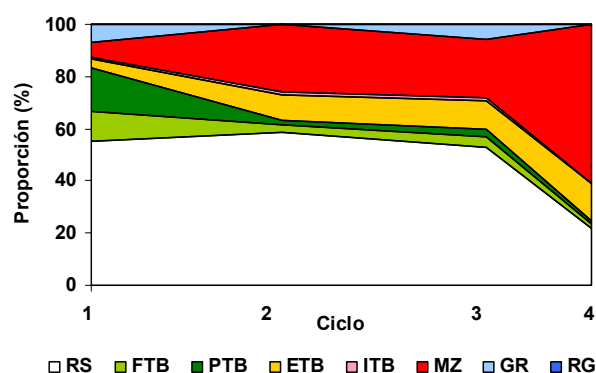
Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	54.2	51.3	51.0	51.9	ns
FTB	6.0	6.7	8.8	5.6	ns
PTB	9.7	8.3	9.3	7.7	ns
ETB	8.7	9.0	6.1	7.7	ns
ITB	0.5	0.7	0.6	1.2	ns
GR	3.4	5.8	2.1	7.7	ns
MZ	17.2	18.3	23.8	20.2	ns
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

ns = no significativo ($P > 0.1$). a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

En la Figura 41, se muestra la evolución en porcentaje de las distintas fracciones que hacen a la composición botánica del forraje remanente. En dicha Figura, se puede apreciar que la fracción malezas aumenta a medida que transcurre el experimento. A su vez, se aprecia un marcado descenso en la proporción de restos secos, al igual que en el forraje disponible a partir del ciclo 3. Las fracciones folíolo y peciolo de trébol blanco prácticamente desaparecen al final del experimento. En el ciclo 4, la permanencia de los animales en la parcela fue de mayor extensión (14 vs.7 días), esto podría explicar el bajo porcentaje de dichas fracciones. Los contrastes de medias para todo el experimento y por ciclo de pastoreo se presentan en Anexos-Cuadros 31 a 36.

Figura 42. Contribución relativa de los diferentes componentes de la pastura remanente (en base seca), por ciclo de pastoreo.



Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

En el Cuadro 50, se presenta la información del valor nutritivo promedio del forraje remanente según tratamiento para el todo el período experimental. La información por ciclo de pastoreo se presenta en los Anexos 23 al 26. Los contrastes de medias para todo el experimento y por ciclo de pastoreo se presentan en Anexos-Cuadros 40 a 42.

Cuadro 50. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje remanente total según tratamiento para el total del período experimental.

Componente	T1	T2	T3	T4	P
PC	13.2	12.8	12.3	12.0	ns
FDA	30.6	29.6	28.7	29.9	ns
FDN	40.9	39.3	42.4	43.3	ns
DMS	65.1	65.9	66.5	65.6	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra de detergente ácido; FDN = fibra de detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Para el total del período experimental, no se encontraron diferencias significativas, en ninguno de los componentes del valor nutritivo del forraje remanente, resultados que concuerdan con los obtenidos por Camesasca et al. (2002), quienes no hallaron diferencias en ningún componente en el total del período experimental y en ninguno de los ciclos de pastoreo. Sin embargo, en el análisis por ciclo, del presente experimento, aparecen diferencias entre las distintas parcelas (Anexo-Cuadros 23 al 26). En el Ciclo 1 y 4 todas las variables mostraron diferencias muy significativas ($P < 0.05$), en el ciclo 2 la PC, la FDA y por lo tanto la DMS presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), mientras que en el ciclo 3 ninguna de las fracciones mostró diferencias significativas.

4.1.8. Comparación entre forraje disponible y forraje remanente

En este ítem se analiza la variación de las características de la pastura, entre el forraje ofrecido y el forraje remanente, con el objetivo de apreciar el efecto generado por la selección ejercida por los animales.

La selectividad del forraje resulta de complejas interacciones entre tres tipos de variables que operan en el tiempo: los animales que pastorean, las plantas que son consumidas y el interacción de ambos (Montossi et al., 2000).

La dieta consumida por animales en pastoreo, contiene generalmente mayor proporción de hojas, tejidos vivos y menor proporción de tallos y tejidos muertos, que la que se encuentra en el forraje ofrecido (Chacon y Stobbs, Van Dyne, Arnold, Clark et al., Hodgson, L'Huillier et al., Vallentine, citados por Montossi et al., 2000).

En la Figura 42 y en Anexos-Cuadro 14, se representa gráficamente las diferencias entre la composición botánica del forraje ofrecido y remanente para el total del período experimental.

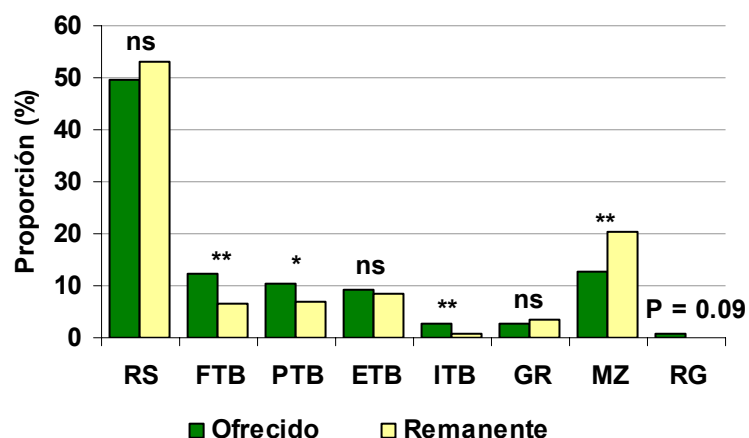
Se observan diferencias muy significativas ($P < 0.01$) en las fracciones FTB e ITB a favor del forraje ofrecido, mientras que la fracción MZ se incremento en el forraje remanente. Estas tendencias concuerdan con lo expresado anteriormente por Montossi et al. (2000) y con lo señalado por Camesasca et al. (2002), quienes obtuvieron diferencias muy significativas para la fracción FTB a favor del forraje disponible. La menor proporción de FTB en el forraje post pastoreo refleja la selectividad ejercida por los animales sobre esta fracción. Arnold, Poppi et al., citados por Urrestarazú (2004), quienes señalan que las hojas tienen mayor accesibilidad, contienen menores estructuras rígidas y ejercen una menor fuerza al corte. Es importante destacar se puede apreciar que no se encontraron diferencias significativas en los RS entre tratamientos.

Por otra parte, se aprecian diferencias significativas ($P < 0.05$) para la fracción PTB a favor del forraje ofrecido, concordando ello con el trabajo de Camesasca et al. (2002), quienes hallaron diferencias significativas para la fracción pecíolo de trébol blanco. Las fracciones RS, ETB y GR no exhiben diferencias significativas, mientras que la fracción RG presento una tendencia ($P = 0.0902$) a favor del forraje ofrecido.

Los resultados obtenidos para la fracción RS no concuerdan con lo expresado por Arnold, Poppi et al., citados por Urrestarazú (2004), quienes manifestaron que el forraje remanente presenta mayor proporción de restos secos debido a su baja preferencia y accesibilidad por los animales, por ubicarse en los estratos inferiores del tapiz. Asimismo, el forraje remanente también presenta menores proporciones de hoja verde, por ubicarse estas en la superficie de la pastura y ser preferidas por los animales. Los resultados tampoco concuerdan con lo obtenido por Camesasca et al. (2002), Urrestarazú (2004), quienes hallaron diferencias muy significativas ($P < 0.01$) en la proporción de restos secos, a favor del forraje remanente.

En términos generales, las fracciones botánicas correspondientes a la principal leguminosa presente en la pastura disminuyen, mientras que el componente maleza es el único que aumenta de forma muy significativa.

Figura 43. Comparación de la composición botánica promedio del forraje ofrecido y de remanente para todo el período.



* = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; ns = no significativo ($P > 0.1$).

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

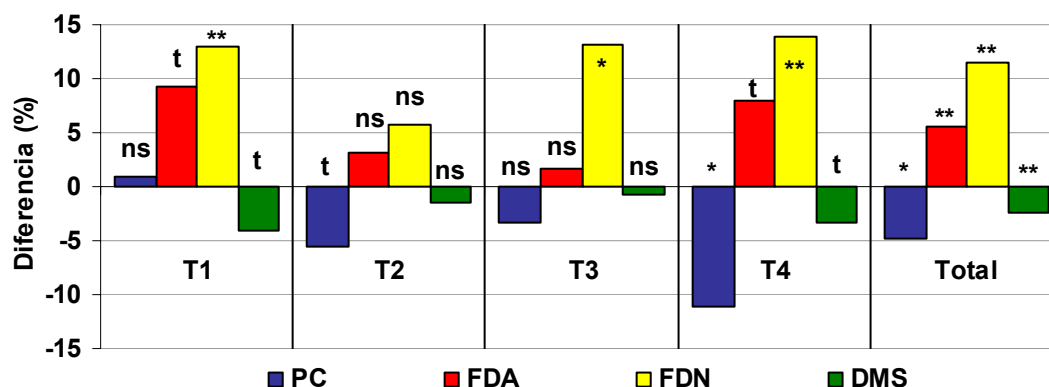
4.1.9. Valor nutritivo del forraje ofrecido y remanente

La selectividad animal tiene influencia marcada sobre la digestibilidad de la dieta consumida en comparación con la pastura ofrecida y afecta directamente el consumo a través de la influencia sobre el tamaño de bocado (Poppi et al., citados por Montossi et al., 2000).

Ulyatt, Minson, citados por Montossi (1995), mostraron que el 50% de las diferencias en el valor nutritivo entre diferentes pasturas puede estar atribuido a diferencias en el consumo voluntario.

En la Figura 43, se presenta la evolución del valor nutritivo de la pastura para cada tratamiento para todo el período experimental. La información se presenta como la diferencia entre el forraje remanente y el forraje ofrecido, en porcentaje del ofrecido. La información por ciclo para cada tratamiento y para el total del período experimental se presenta en los Cuadros 41 y 42.

Figura 44. Evolución de los componentes del valor nutritivo promedio, como la diferencia porcentual entre el forraje remanente y el ofrecido para cada tratamiento y para el total del período experimental.



*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ns = no significativo ($P > 0.05$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

Nota: PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro y DMS: digestibilidad de la materia seca.

El nivel de PC post pastoreo disminuyó en todos los tratamientos a excepción del tratamiento 1, esta diferencia de contenido de PC entre el forraje remanente y el ofrecido fue significativa para el tratamiento 4 y para el total de los animales, y mostró una tendencia para el tratamiento 2.

En el tratamiento 4 es en el que se presenta la mayor diferencia en el contenido de PC entre el forraje remanente y disponible. Esto se puede explicar debido a un mayor efecto de sustitución de pastura por suplemento, donde el consumo total de pastura sería menor, y los animales lograrían mediante el proceso de selectividad cosechar una dieta con mayor valor nutritivo (mayor porcentaje de proteína y menores porcentajes de fibra) que el forraje ofrecido (Montossi et al., 2000).

Por otra parte, en el caso de los tratamientos que no se ofrecía suplemento (T1) y en aquellos que se ofrecía menores cantidades (T2 y T3), se generaba una mayor presión de pastoreo, y por lo tanto menor oportunidad de selección gradual para los animales, mostrándose en este caso menores diferencias para el contenido de PC.

La FDA y por lo tanto la DMS, no presentaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos, existieron tendencias para el tratamiento 1 ($P = 0.0515$), tratamiento 2 ($P = 0.0559$) y tratamiento 4 ($P = 0.0657$).

Sin embargo, para la totalidad del período experimental se presentan diferencias muy significativas, siendo superior el contenido de FDA, y por lo tanto menor la DMS

del forraje remanente con respecto al ofrecido, lo cual indica que existió selección a favor del forraje más digestible. Se refleja, de este modo, lo ocurrido con los componentes botánicos de la pastura (Figura 43), donde las fracciones más digestibles, folíolo y pecíolo, descendieron de forma muy significativa y significativa, respectivamente, a la vez que ascendió de forma muy significativa una fracción de menor digestibilidad como lo son las malezas.

Por otra parte, el contenido de FDN fue significativamente superior en el forraje remanente con respecto al ofrecido, para todos los tratamientos a excepción del tratamiento 2, reflejándose nuevamente la selección por parte de los animales.

Los resultados obtenidos concuerdan con el concepto planteado por Arnold (1981), quien afirma que cuando se compara el material ofrecido con la dieta ingerida, esta última contiene proporcionalmente más nitrógeno (N) y energía metabolizable, menos fibra y una mayor digestibilidad.

4.1.10. Valor nutritivo de la ración y del fardo suministrado

En el Cuadro 51, se presenta la concentración del valor nutritivo de la ración ofrecida, promedio para cada ciclo. En el segundo ciclo el contenido de proteína cruda de la ración fue mayor que en el resto de los ciclos.

La información se presenta por ciclo y no para cada tratamiento debido a que las muestras se tomaron de este modo, ya que la ración ofrecida en todos los tratamientos era la misma.

Según los valores promedio presentados por Mieres (2004), una ración compuesta por 72% de grano de maíz y 28% de expeller de soja debería contener 19.4% de PC, 7.5% de FDA y 23.0% de FDN. Estos valores son similares a los obtenidos para la ración de utilizada en el total del experimento, ponderando, los valores fueron de 19.7%, 7.1% y 24.7%, respectivamente para PC, FDA y FDN.

Cuadro 51. Componentes del valor nutritivo (%) de la ración ofrecida según ciclo.

Ciclo	PC	FDA	FDN	DMS
1	18.4	6.8	24.2	83.6
2	24.9	7.4	25.8	83.2
3	17.8	7.2	25.5	83.3
4	17.8	6.9	22.0	83.5

Nota: PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro y DMS: digestibilidad de la materia seca.

En el Cuadro 52, se presenta el valor nutritivo del fardo utilizado, que fuera suministrado a los animales pertenecientes al tratamiento 5. Como se puede observar, al igual que para la ración, el contenido de PC del fardo ofrecido durante el segundo ciclo fue mayor que en el resto de los ciclos, esto puede estar asociado a alguna variación en el muestro o en el almacenaje de las muestras asociado al momento en que se realizaron, no se descarta también que esta diferencia pudiera estar asociado a la calidad de la partida de fardo que se utilizo. Sin embargo, los valores promedios obtenidos son similares a los reportados por Mieres (2004), el cual obtuvo un promedio de 18.8% de PC, 34.7% de FDA y 43.5% de FDN para el heno de alfalfa. Se observa un mayor contenido de FDA a través de los ciclos que se refleja en una disminución de la digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 52. Componentes del valor nutritivo (%) del fardo ofrecido según ciclo.

Ciclo	PC	FDA	FDN	DMS
1	17.8	33.8	40.5	62.6
2	22.0	34.3	44.0	62.2
3	19.5	37.9	45.9	59.4
4	18.8	40.5	44.5	57.4

Nota: PC = proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANIMALES

En esta sección se presenta el análisis de los resultados obtenidos de las variables estimadas en los animales, comparando el efecto de los diferentes sistemas de alimentación.

Los animales evaluados fueron corderas de dos biotipos: Corriedale x Texel y Corriedale x Ilê de France, y están balanceados por biotipo en número de animales en cada tratamiento. El objetivo del presente experimento no fue evaluar el efecto del biotipo, por lo cual los resultados se presentan para la totalidad de los animales de cada tratamiento sin incluir el efecto del biotipo.

4.2.1. Actividades comportamentales

Según Hodgson (1990), los tres principales componentes del comportamiento ingestivo son: el tiempo dedicado a pastoreo, la tasa de bocado y la cantidad de forraje que contiene cada bocado individualmente (peso del bocado) y estos están influenciados por la altura y la masa del forraje (Allden y Whittaker, Hodgson, Poppi et al., citados por Montossi, 1995).

En los Cuadros 53 al 55 y Figura 44, se presentan los resultados del tiempo dedicado a cada actividad y la tasa de bocado según sistema de alimentación, para los ciclos 2, 3 y 4. Los ciclos no pueden ser comparados entre sí debido a que el período de evaluación fue diferente para cada uno y a su vez fueron realizados en distintos meses. La información climática para los días correspondientes a las mediciones se presenta en el Anexo-Cuadro 43. Los resultados promedio para todo el período experimental se presentan en Anexos-Cuadro 50.

Para el sistema de confinamiento (T5), no fue evaluada la variable tasa de bocado, ya que no fue posible realizar la observación, debido a que el alimento fue ofrecido en baldes.

Las mediciones para los ciclos 2 y 3 se realizaron en el séptimo día de ocupación de la parcela, previo al cambio a la siguiente parcela. Para el ciclo 4, se realizó en el día 13 de ocupación, previo al embarque. Teniendo en cuenta estas fechas de determinación, se pueden considerar los resultados de disponibilidad del forraje rechazado, como disponibilidad de materia seca al momento de realizadas las mediciones de conducta animal (Cuadro 7 en sección 1.1.5.).

Cuadro 53. Actividades comportamentales de los animales (minutos) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:30 – 19:30 horas), según tratamiento para el Ciclo 2.

Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	P
P	500 a	480 a	305 b	315 b	-	**
R	82 b	117 a	77 b	72 b	70 b	**
D	257 c	208 c	393 b	372 b	598 a	**
A	2	5	3	3	8	ns
S	-	30 c	63 b	78 b	114 a	**
F	-	-	-	-	51	-
TB	36	35	34	33	-	ns

** = $P < 0.01$, y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), R (rumia), D (descanso, juego, otros, etc.), A (consumo de agua), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo) y TB (tasa de bocado).

Cuadro 54. Actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:45 – 20:30 horas), según tratamiento para el Ciclo 3.

Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	P
P	313 a	342 a	243 b	177 c	-	**
R	107 a	115 a	26 b	27 b	38 b	**
D	460 b	385 b	561 ab	615 a	728 a	**
A	5	12	8	17	10	ns
S	-	32 b	48 ab	50 ab	61 a	**
F	-	-	-	-	48	-
TB	33 b	35 ab	38 a	37 ab	-	**

** = $P < 0.01$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), R (rumia), D (descanso, juego, otros, etc.), A (consumo de agua), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo) y TB (tasa de bocado).

Cuadro 55. Actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (6:00 – 20:00 horas), según tratamiento para el Ciclo 4.

Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	P
P	367 a	318 b	252 c	185 d	-	**
R	42 b	105 a	35 b	18 b	38 b	**
D	432 c	373 c	494 bc	518 b	691 a	**
A	0	10	3	5	10	ns
S	-	33 b	57 b	116 a	60 b	**
F	-	-	-	-	45	-
TB	35 a	36 a	36 a	31 b	-	*

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b, c y d = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), R (rumia), D (descanso, juego, otros, etc.), A (consumo de agua), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo) y TB (tasa de bocado).

El tiempo dedicado a la actividad de pastoreo (P), presentó diferencias muy significativas entre tratamientos en todos los ciclos. Los resultados muestran que los animales de los tratamientos con menor proporción de ración en la dieta dedican mayor tiempo a la actividad de pastoreo que aquellos que reciben mayor cantidad de ración. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Arocena et al. (1999), Correa et al. (2000), Camesasca et al. (2002), De Barbieri et al. (2002), quienes hallaron que los animales que recibieron suplementación dedicaron menos tiempo al pastoreo que aquellos que solo tenían acceso a pasturas. Estos resultados, corresponden con la respuesta encontrada en el análisis de contrastes ortogonales, donde se hallaron diferencias muy significativas, en cuanto al tiempo de pastoreo, a favor del T1 con respecto a todos los tratamientos suplementados (T2 al T4) (Anexos-Cuadros 44 al 49).

Los autores, citados (Arocena et al. 1999, Correa et al. 2000, Camesasca et al. 2002, De Barbieri et al. 2002) y los resultados obtenidos en el presente experimento concuerdan con lo planteado por Krysl y Hess, citados por Caton y Dhuyvetter (1997), quienes evaluaron la influencia de la suplementación en el tiempo de pastoreo y concluyeron que a medida que incrementa el nivel de suplementación con grano (almidón) decrece la cantidad de tiempo dedicado al pastoreo.

En ningún ciclo y para ningún tratamiento, el tiempo dedicado al pastoreo excedió las 8 o 9 horas por día (considerando solamente las horas luz), tiempo que Hodgson (1990), sugiere como indicador de condiciones limitantes de pastoreo; mientras que plantea que el tiempo dedicado a dicha actividad se puede ubicar en un rango aproximado de 6.5 a 13.5 horas por día. En los ciclos 3 y 4, el tiempo dedicado al pastoreo no alcanzó a las 6.5 horas, indicando de que las condiciones de pastoreo aparentemente no fueron limitantes.

Sin embargo, Arnold, citado por Arocena et al. (1999), sugiere que en los días calurosos (noches de más de 25 °C) los animales pueden realizar un 70% del pastoreo diario durante la noche. Debido a las temperaturas registradas los días de evaluación (Anexos-Cuadro 43) puede existir la probabilidad de que parte del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo haya transcurrido durante la noche, periodo que no fue evaluado en este trabajo.

La disponibilidad de forraje de la pastura en los momentos en que se realizaron las conductas no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Por lo cual, esta variable no tendría un efecto diferenciador, ya que según lo planteado por Caton y Dhuyvetter (1997), el incremento en tiempo dedicado al pastoreo, cuando la disponibilidad de forraje disminuye, se debe al incremento del trabajo asociado con la actividad de pastoreo. Por lo tanto, las diferencias halladas para tiempo dedicado al pastoreo no pueden ser explicadas por la disponibilidad de la pastura.

El tiempo dedicado a la actividad de rumia (R), presentó diferencias muy significativas entre tratamientos para todos los ciclos. En los Cuadros 39 al 41, se observa que el sistema pastoril suplementado con menor nivel de suplementación (T2) fue el que dedicó mayor tiempo a la rumia, en los ciclos 2 y 4; y en el ciclo 3 se agrega el sistema pastoril (T1).

Arocena et al. (1999), Correa et al. (2000), Camesasca et al. (2002), De Barbieri et al. (2000), encontraron que los animales que recibieron suplementación dedicaron más tiempo a la rumia que aquellos que solo tenían acceso a pasturas. Esto difiere con lo encontrado mediante el análisis de contrastes ortogonales, que se presentan en los Cuadros 44 al 49 de los , donde se hallaron diferencias muy significativas a favor del sistema pastoril sin suplementar con respecto a todos los tratamientos suplementados (T2 al T4) para el ciclo 3, mientras que para los ciclos 2 y 4 las diferencias no fueron significativas.

Dentro de la actividad denominada descanso (D), se incluyen otras actividades como juego, traslado, etc., o sea se definió como toda actividad diferente de pastoreo, consumo de agua, consumo de fardo o suplemento y rumia. Esta variable mostró diferencias muy significativas entre tratamientos en todos los ciclos. Los resultados muestran que cuanto más se intensificó el sistema de alimentación más tiempo dedican los animales a la actividad de descanso, siendo los animales del sistema de confinamiento los que mayor tiempo dedicaron al D en todos ciclos y los del sistema pastoril fueron los que menos tiempo dedicaron a dicha actividad. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Arocena et al. (1999), Correa et al. (2000), Camesasca et al. (2002), De Barbieri et al. (2000).

La variable consumo de agua (A), no presentó diferencias significativas en ningún ciclo ni para el promedio del período experimental, lo cual concuerda con lo obtenido

por Correa et al. (2000), quienes tampoco destacan diferencias en el tiempo dedicado a esta actividad (Cuadros 52 al 55 y Figura 44). Sin embargo, Camesasca et al. (2002) hallaron diferencias muy significativas a favor de la suplementación en el consumo de agua.

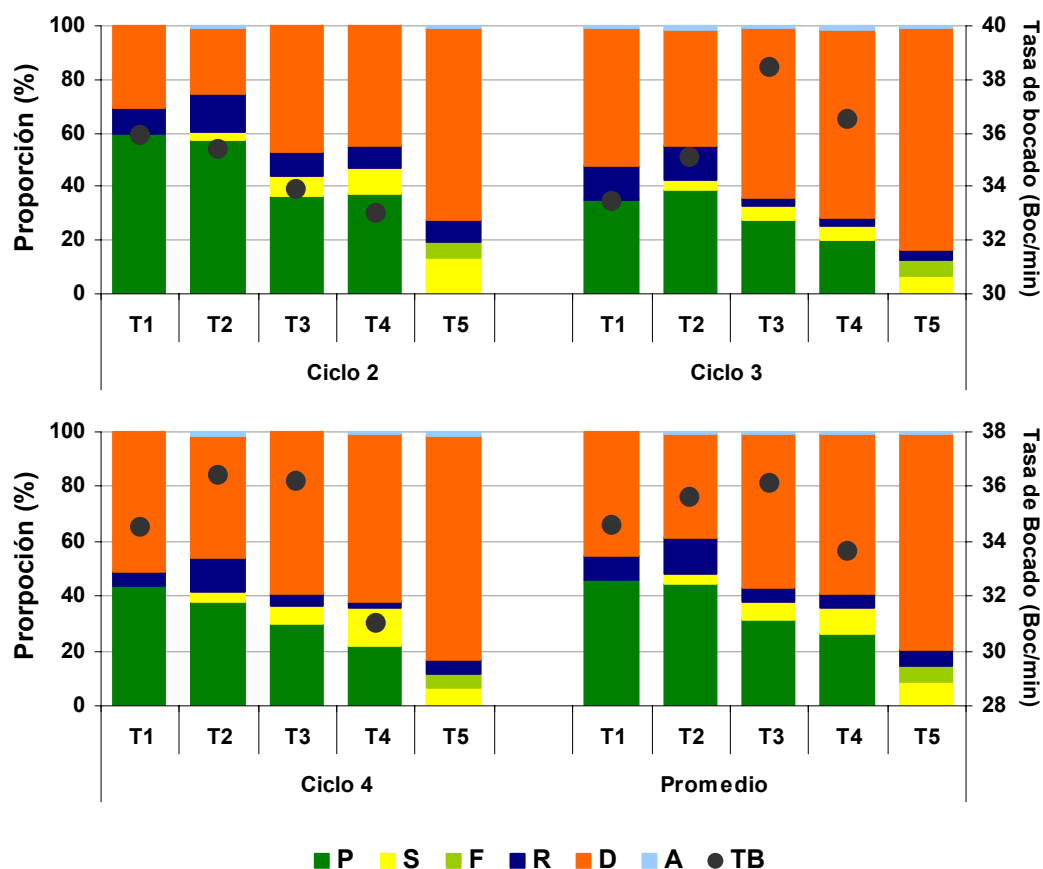
La variable tiempo dedicado al consumo de suplemento (S), presentó diferencias muy significativas entre tratamientos en todos los ciclos, aumentando en general a medida que se aumenta el nivel de suplementación.

En cuanto a la tasa de bocado, no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos en el ciclo 2, mientras que para el ciclo 3 se observan diferencias muy significativas, no observándose un claro comportamiento. En el ciclo 4, se observaron diferencias significativas en favor de los tratamientos 1, 2 y 3.

Las tasas de bocado observadas en el presente experimento se encuentran dentro del rango que Vallentine (1990) indica como usuales para ovinos y vacunos, dicho rango fluctúa entre 30 y 50 bocados por minuto.

Generalmente hay una relación inversa entre la tasa de bocado y la altura o masa del forraje (Chacon y Stobbs, Hodgson y Jamieson, Milne et al., Phillips y Leaver, Burlison, Penning et al., Mitchell et al., citados por Montossi, 1995). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la tasa de bocado en algunos de los ciclos, mientras que para la altura y disponibilidad de materia seca, las diferencias no fueron significativas.

Figura 45. Conducta animal según tratamiento para cada ciclo de pastoreo y promedio del período experimental.



Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso, juego, otros, etc.), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocado).

4.2.2. Consumo, performance animal y eficiencia de conversión del alimento

4.2.2.1. Consumo de materia seca y agua

Con el objetivo de analizar la información de consumo individual de materia seca, se estimó el consumo de pastura como la diferencia entre la materia seca de forraje disponible y el rechazado. El consumo de ración se determinó por diferencia entre la materia seca de la ración ofrecida y la rechazada, mientras que el consumo de fardo en el caso del T5, se asumió que los animales consumían la totalidad de lo que se les ofrecía (situación muy cercana a lo que realmente ocurrió). Al sumar el consumo de materia

seca de cada alimento se obtuvo la estimación del consumo de materia seca de todos los componentes de la dieta. En este análisis no se presentan los resultados para el primer ciclo, ya que no se dispone de la totalidad de la información para dicho ciclo y a su vez, incluye el período de acostumbramiento, período en el cual no se les ofrecía a los animales el total de la dieta, por lo tanto, no tiene sentido su análisis estadístico.

En el Cuadro 56, se puede apreciar el consumo diario, total de materia seca, en gramos por animal por día, variable en la cual el sistema de alimentación tuvo efectos muy significativos para todos los ciclos analizados y para el total del período experimental. Los animales del sistema de confinamiento presentaron los menores niveles de consumo de MS para todos los ciclos. En el ciclo 2, no se obtuvieron diferencias significativas entre los otros tratamientos (T1 al T4) respecto al T5. En el ciclo 3, el T3 y el T4 mostraron menores niveles de consumo de MS y en el ciclo 4, el T1 y el T3 fueron superiores. En el total del período experimental, el T5 fue el que menor nivel de consumo presentó, diferenciándose de forma muy significativa de los demás; le siguen los T2 y el T4, diferenciándose este último sólo del T5, mientras que el T1 y el T3 fueron los que presentaron mayores niveles de consumo.

Caton y Dhuyvetter (1997), citan a Matejovsky y Sanson, con el cual coinciden en que el consumo de forraje puede verse estimulado por bajos niveles de suplementación con grano, comportamiento que no se observó en el presente experimento.

Los menores niveles de consumo presentados por el T5, se explican principalmente por dos razones. En primer lugar hay que considerar que estos animales al recibir en su dieta sólo alimentos concentrados, debían consumir una menor cantidad de materia seca para obtener la misma cantidad de nutrientes que aquellos animales que incorporaron pasturas en su dieta. Aún así, si observamos los Cuadros 58 y 59, referidos al consumo diario aparente de proteína cruda (PC) y de materia seca digestible (MSD), se puede observar que el consumo de nutrientes del T5 fue menor con respecto a los demás tratamientos. Esto se explica por la segunda razón dónde, estos animales presentaron dificultades en el acostumbramiento a la dieta, mostrando menores niveles de consumo, lo que los llevó a menores ganancias de peso vivo al inicio del experimento (Cuadro 68). De este modo, los animales del T5 presentaron menores pesos vivos que los animales de los demás tratamientos, y por lo tanto menores requerimientos de materia seca y proteína. Esto se refleja en que los niveles de consumo de MS, MSD y PC fueron menores para todos los ciclos para el mencionado tratamiento.

Cuadro 56. Consumo aparente (g MS/animal/día) de materia seca total (forraje y/o suplemento y/o fardo) según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	1490 a	1688 a	1528 a	1662 a	1097 b	**
3	2259 a	1593 b	1765 b	1920 ab	1204 c	**
4	1933 a	1691 b	2851 a	1657 b	1156 c	**
Media	1929 a	1647 b	1956 a	1756 ab	1152 c	**

** = $P < 0.01$; a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 57, se presenta el consumo de MS, pero en este caso como porcentaje del PV. De este modo, se puede comparar el consumo relacionado con el peso vivo. Los animales del T5 vuelven a presentar los menores valores, explicado por la concentración de nutrientes de la dieta. El resto de los tratamientos mostraron un comportamiento variado a lo largo de los ciclos. Para el total del período experimental el T5 fue el que menor consumo presentó, mientras que los demás tratamientos fueron iguales entre sí. En algunos casos los sistemas pastoriles presentaron consumos superiores al 3.5% del PV, valor utilizado para definir la cantidad de MS ofrecida al T5, y consecuentemente el nivel de suplementación para los restantes tratamientos. Esto se puede explicar, en parte, por problemas de estimación en las determinaciones de disponibilidad de la pastura, debido al pisoteo de la misma, lo que lleva a una sobreestimación de la MS desaparecida. De todas maneras, Bell et al. (2003), Seymour (2000), manejan valores de consumo voluntario de MS entre 3.3-3.6% y 4% del peso vivo, respectivamente, para corderos entre 30 y 50 kg de PV con ganancias en el rango 200 y 350 gramos diarios.

En Anexos-Cuadros 51 a 54 se presentan los contrastes de medias de las variables presentadas en los Cuadros 56 y 57, donde se puede observar que el T5 siempre mostró menores valores que la media de los demás tratamientos.

Cuadro 57. Consumo aparente de MS desaparecida como porcentaje (%) del peso vivo según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	3.5 ab	4.0 a	3.6 ab	3.2 a	2.9 b	**
3	4.7 a	3.3 bc	3.7 b	4.0 ab	2.8 c	**
4	3.8 b	3.3 bc	5.6 a	3.2 bc	2.8 c	**
Media	4.1 a	3.5 a	4.2 a	3.8 a	2.9 b	**

** = $P < 0.01$; a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En los Cuadros 58 y 59, se observan diferencias muy significativas en el consumo diario de PC y MSD, respectivamente, para todos los períodos evaluados a excepción de la MSD en el ciclo 2. Estos resultados reflejan el concepto planteado por Ulyatt, Minson, citados por Montossi (1995), quienes mostraron que el 50% de las diferencias del valor

nutritivo de la dieta consumida puede explicarse a través de las diferencias en el consumo voluntario.

Cuadro 58. Consumo diario aparente de proteína cruda (g/animal/día) según tratamiento, por ciclo y para el promedio del ciclo 2 al ciclo 4.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	254	251	254	323	264	ns
3	356 a	270 b	302 ab	333 ab	220 c	**
4	277 b	246 bc	479 a	479 a	209 c	**
Media	305 b	258 bc	324 ab	362 a	235 c	**

** = $P < 0.01$; ns = no significativo ($P > 0.1$)

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En los Cuadros 65 y 66 de la sección Anexos, se presentan los resultados de utilización (% desaparecido) de la proteína cruda y materia seca digestible ofrecida en el total de la dieta según tratamiento. En estos Cuadros se puede apreciar que la utilización posee un comportamiento inverso al consumo, siendo siempre mayor la utilización de PC y MSD en el T5, y menor para el T1. En el caso de la PC, el T5 fue el único que se diferenció de los demás y el que presentó utilidades aproximadamente del 100% superiores, considerando el promedio de todo el período experimental. Para el caso de la MSD, esta respuesta al sistema de alimentación se repite para los cuatro períodos presentados, con la excepción del ciclo 2 donde el T3 es igual a todos los demás tratamientos. Los contrastes de medias se presentan en Anexos-Cuadros 55 a 58.

Cuadro 59. Consumo diario aparente de materia seca digestible (g/animal/día) por ciclo y para el promedio del ciclo 2 al ciclo 4 según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	874 ab	884 ab	898 ab	1107 a	843 b	*
3	1370 a	1071 bc	1245 ab	1396 a	924 c	**
4	1610 b	882 c	2070 a	1658 b	881 c	**
Media	1254 a	960 b	1305 a	1329 a	884 b	**

** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 60, se presentan los porcentajes de utilización del total de la materia seca ofrecida, o sea de la suma de materia seca de la ración, pastura y fardo. Como se puede apreciar se encontraron diferencias muy significativas para todos los ciclos y también para el total del período experimental. En el sistema de confinamiento se asignaba a los animales el 3.5% del peso vivo en materia seca, mientras que a los animales de los sistemas pastoriles se les asignó, en promedio, para todos los tratamientos y todos los animales, aproximadamente el 15% del PV. Esto explica la gran diferencia en el porcentaje de utilización entre el T5 y los demás tratamientos, mientras

que no se hallaron diferencias significativas entre los distintos sistemas pastoriles, aún cuando no se incluyó el T5 en el modelo. Los contrastes de medias se presentan en Anexos Cuadros 59 y 60.

Cuadro 60. Utilización (%) de la materia seca total ofrecida (forraje y/o suplemento y/o fardo) por ciclo de pastoreo y para el promedio del T2 al T4, según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	29.9 b	36.5 b	35.9 b	31.3 b	74.1 a	**
3	38.5 b	25.7 b	29.1 b	30.8 b	75.8 a	**
4	19.8 b	15.7 b	20.3 b	13.7 b	70.0 a	**
Media	31.6 b	27.2 b	28.9 b	26.7 b	74.0 a	**

** = $P < 0.01$; a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 61, se presentan los porcentajes de utilización del material verde y de la hoja verde disponible por ciclo de pastoreo y total según tratamiento. Se observa que, los porcentajes de utilización son siempre mayores para la fracción hoja verde que para el total de material verde, existiendo importantes variaciones en las tendencias entre ciclos. Para el total del período no se observan diferencias entre tratamientos ya sea para hoja verde como material verde. Al realizar el contraste de medias no se encontraron diferencias estadísticas para utilización de foliolo en ningún ciclo ni para el total del período experimental (Anexos-Cuadro 38).

Cuadro 61. Utilización (%) del forraje verde y hoja verde disponible por ciclo de pastoreo y total según tratamiento.

Ciclo	Fracción	T1	T2	T3	T4	P
1	Verde	62.3	73.9	65.4	70.0	ns
	Foliolo	75.2 ab	78.9 a	64.9 ab	60.2 b	t (0.0688)
2	Verde	46.1 b	66.7 a	46.8 b	42.5 b	*
	Foliolo	86.7 ab	91.5 a	84.2 ab	80.1 b	*
3	Verde	46.3 a	29.1 ab	25.5 b	31.6 a	t (0.0875)
	Foliolo	71.2 a	54.5 b	66.2 ab	76.7 a	t (0.0726)
4	Verde	35.6	35.5	58.8	31.2	ns
	Foliolo	94.5 b	97.9 a	96.4 ab	95.1 ab	*
Total	Verde	51.0	52.9	51.1	49.4	ns
	Foliolo	78.6	76.0	71.1	73.8	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes. Nota: Verde = forraje verde y Ftb = foliolo de trébol blanco.

En el Cuadro 62, se presenta el consumo diario aparente por animal de materia seca del forraje, el cual presentó diferencias muy significativas a favor del sistema pastoril para todos los ciclos y para el total del período experimental. Como se observa en el

Cuadro 62 a medida que se incrementa el nivel de suplementación baja el consumo de forraje. Según Caton y Dhuyvetter (1997), cuanto más aumenta el nivel de suplementación energética, se disminuye el consumo de forraje, debido a un efecto de sustitución. Karnezos et al. (1994) también afirman que la cantidad de MS de forraje desaparecido decrece con el incremento de los niveles de suplementación. El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadro 61.

Cuadro 62. Consumo diario aparente de materia seca del forraje (g/MS/animal/día) según tratamiento, por ciclo y promedio del ciclo 2 al ciclo 4.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
2	1490 a	1377 ab	930 bc	728 c	**
3	2260 a	1233 b	1065 b	948 b	**
4 ⁽¹⁾	1933	1297	2063	569	-
Media	1929 a	1296 b	1265 b	770 c	**

** = P<0.01; a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota:⁽¹⁾ en el ciclo 4 la cantidad de datos no es suficiente para realizar el análisis estadístico, por lo cual en el cuadro se presenta sólo las medias estimadas.

En el Cuadro 63, se pueden apreciar los resultados de consumo individual de ración expresado en gramos de materia seca por día. Las diferencias fueron muy significativas para todos los ciclos y para el total del período experimental. Los niveles de consumo, en general, se correspondieron con las cantidades de ración ofrecida en todos los tratamientos, a excepción del T5, el cual presentó menores consumos con respecto a lo que le fue ofrecido, lo cual se vio reflejado en la utilización de MS (Cuadro 64). El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadro 62.

Cuadro 63. Consumo diario de ración (g/MS/animal/día) según tratamiento.

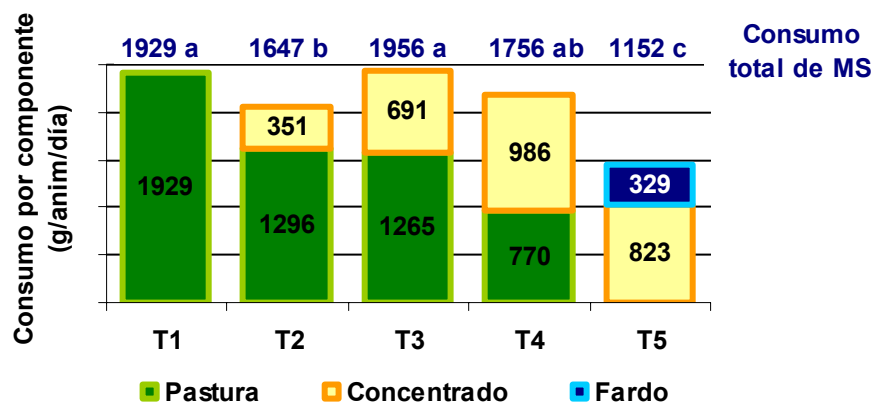
Ciclo	T2	T3	T4	T5	P
2	296 c	579 bc	905 a	767 ab	**
3	360 b	701 a	972 a	874 a	**
4	394 b	788 ab	1087 a	827 a	**
Media	342 c	678 b	969 a	823 ab	**

** = P<0.01; a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En la Figura 45, se representa gráficamente por tratamiento y para la totalidad del período experimental, la relación entre el consumo de cada uno de los componentes de la dieta (ración, forraje y fardo) respecto al consumo total de materia seca del T1. Esta permite visualizar el efecto de la suplementación sobre el consumo de MS total y del forraje. Esta información, desagregada por ciclo, se presenta en la sección Anexos-Figura 12.

Según Allden y Jennings, Langlands, citados por Newton y Young (1974), el consumo total de MS puede aumentar mediante la adición de suplemento, si la tasa de sustitución de la pastura por suplemento es inferior a 1. En el T2 se redujo el consumo total con respecto al T1 (testigo), por lo que se puede afirmar que se presentó un efecto de sustitución con depresión. En el caso del T3, el efecto fue sólo de sustitución ya que no disminuyó el consumo total de materia seca. Cabe destacar que en el caso del T2 y T3, los animales consumieron la totalidad de la ración que les fue ofrecida durante todo el experimento (Cuadro 65). En el caso de T4, donde la utilización de la ración fue casi total, y se observó un efecto de sustitución con depresión, pero de menor magnitud que en el caso del T2. La depresión señalada en el consumo de MS fue de 15% y 9% para los T2 y T4, respectivamente, respecto al T1. El T5 como se mencionó y explicó anteriormente presentó consumos inferiores a los demás tratamientos.

Figura 46. Representación gráfica de la relación (promedio de todo el experimento) entre el consumo de MS total y de MS de cada uno de los componentes de la dieta (g/animal/día) según tratamiento.



En el Cuadro 64, se presenta el porcentaje de utilización de la pastura disponible. Como se puede apreciar, el comportamiento es similar al del consumo de pastura. Esto se puede explicar debido a que la disponibilidad de MS no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos para ninguno de los ciclos. De este modo, cuanto mayor fue el nivel de suplementación menor fue el porcentaje de utilización. Estas diferencias fueron significativas para el ciclo 2, no significativas para el ciclo 3 y muy significativas para el ciclo 4 y para el total del período experimental. El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadro 63.

Gibb et al., citados por Akiki et al. (1992), trabajando con corderos sobre pasturas sembradas, hallaron que el consumo se veía limitado si los animales no tenían acceso a un 300% más del forraje que lo que efectivamente iban a consumir, o sea 33% de

utilización. Por lo tanto, se puede considerar, para el presente experimento, que el forraje disponible no fue limitante para afectar al consumo voluntario, ya que los valores de utilización obtenidos fueron inferiores a este valor “umbral” mencionado, con excepción del T1 en el C3 donde se presentan valores levemente superiores, pero de cualquier manera son inferiores a los normales, citados por Hodgson (1990), los cuales se sitúan en un rango de 40 a 80 % (estimado como energía consumida y no como MS consumida).

Cuadro 64. Utilización (% desaparecido) de la materia seca del forraje disponible según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	P
2	29.9 a	31.8 a	25.9 ab	16.3 b	*
3	38.5	20.6	19.4	17.0	ns
4 ⁽¹⁾	19.8	12.5	15.6	5.2	-
Media	31.5 a	22.7 b	20.2 bc	13.8 c	**

Nota: ⁽¹⁾ en el ciclo 4 la información no posee la variabilidad necesaria para ser analizada estadísticamente, por lo cual en el cuadro se presentan solo las medias.

** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativo (P>0.1).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 65, se presenta el consumo de suplemento como porcentaje del total de suplemento ofrecido. Se puede apreciar que este coeficiente para el caso del sistema en confinamiento fue inferior, y se diferenció en forma significativa de todos los demás tratamientos para todos los ciclos y para el promedio del ciclo 2 al ciclo 4, mientras que los sistemas pastoriles suplementados no se diferenciaron entre sí. El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadro 64.

Cuadro 65. Consumo de suplemento como porcentaje del total de suplemento ofrecido según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	n/c	100 a	100 a	99.9 a	67.3 b	**
3	n/c	100 a	100 a	89.2 a	69.4 b	**
4	n/c	100 a	100 a	91.6 a	63.4 b	**
Media	n/c	100 a	100 a	94.4 a	67.4 b	**

Nota: n/c = no corresponde.

** = P<0.01; a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 66, se presentan los resultados de consumo de agua para cada tratamiento, por ciclo y la media para el total del período experimental. Como se puede observar no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, pero se aprecia una tendencia (P=0.0728) a favor del T4 en el ciclo 4 y también para el total del período

experimental ($P=0.0644$) a favor del T4 y T5. Los contrastes de medias se presentan en Anexos-Cuadros 67 y 68.

Cuadro 66. Consumo diario de agua (L./animal/día) promedio (no se incluye el agua proveniente del alimento) para todo el período experimental según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
1	3.35	3.80	3.35	4.00	4.45	ns
2	3.96	3.96	3.84	4.17	4.53	ns
3	3.51 b	4.58 a	4.75 a	5.23 a	4.62 a	t
4	4.53	5.28	5.20	5.90	4.74	ns
Media	3.88 b	4.43 ab	4.48 ab	4.85 a	4.59 a	t

ns = no significativo ($P>0.1$) y t: tendencia ($P<0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

El consumo de agua promedio diario osciló entre 3.35 y 5.90 litros por animal, valores similares a los, citados por Easton (1994), Milton (2001a), Bell et al. (2003), Seymour, para corderos en sistemas de confinamiento, quienes sugieren que los requerimientos diarios promedio de agua son de aproximadamente 4 litros. Sin embargo, bajo condiciones de clima cálido se han registrado consumos de hasta 9 litros (Easton, 1994) y según NRC (1985) el consumo de agua puede llegar a ser 12 veces más alto en verano que en invierno.

4.2.2.2. Evolución y ganancia de peso

En el Cuadro 67 y en la Figura 47, se presenta la evolución de peso vivo lleno. Los pesos presentados fueron tomados al inicio y al final del experimento, y al final de cada ciclo. Se presentan dos pesos iniciales diferentes, uno correspondiente al día en que inicio el experimento “Inicial” y el otro “Inicial1” que corresponde al peso que alcanzaron los animales al terminar el período de acostumbramiento considerado (11 días). Si bien el peso Inicial no mostró diferencias significativas entre sistemas de alimentación, si se observó en el peso “Inicial1”, por ello, los restantes pesos están ajustados utilizando el peso vivo Inicial1 como covariable. En la sección Anexos-Cuadro 71, se presentan los pesos vivos sin ajustar. Los contrastes de medias de ambas variables se presentan en Anexos-Cuadros 69, 70, 72 y 73.

El efecto del sistema de alimentación se manifestó tempranamente desde el final del período de acostumbramiento (Inicial¹); siendo el sistema exclusivamente pastoril y el sistema de confinamiento, los que menor peso vivo presentaron.

A través de todos los ciclos, los animales del sistema de confinamiento (T5) se diferenciaron de forma muy significativa, mostrando menor peso vivo que los animales

de los demás sistemas. Esto se debe a las dificultades que se observaron en el acostumbramiento de los animales a la dieta de corral, donde se detectaron problemas de acidosis, teniendo como consecuencia menores ganancias de peso. De este modo, se generó una diferencia de peso al inicio de experimento, que se mantuvo a lo largo de toda la duración de éste. Estas dificultades se presentan comúnmente cuando los corderos inician el consumo de dietas basadas en grano de cereales, debido a un brusco consumo de excesivas cantidades de éste (Easton 1994, Seymour 2000). En el presente experimento, los animales previo a ser introducidos al sistema de confinamiento, se encontraban en sistemas de alimentación pastoriles.

Las diferencias que se manifiestan en el peso vivo de los animales coinciden con las diferencias mostradas en el Cuadro 56, para consumo total de materia seca, donde se puede apreciar que el T5 presentó consumos inferiores y estadísticamente diferentes de forma muy significativa, con respecto a los demás tratamientos, lo cual determinó menores consumos de proteína cruda y materia seca digerible, reflejando las dificultades presentadas en el acostumbramiento a la dieta. Dentro o entre grupos de animales, aquellos que tuvieron una mejor performance tienden a ser los mismos que lograron un mayor nivel de consumo, aunque no es fácil discernir si este es la causa o una consecuencia de la mayor performance (Hodgson, 1990).

Sin embargo, los tratamientos 1 al 4 no mostraron diferencias significativas en peso vivo entre sí para ninguno de los períodos evaluados, mientras que si se presentaron diferencias significativas en el consumo de materia seca.

Cuadro 67. Peso vivo lleno promedio (kg/cordero) al inicio del experimento y al final de cada ciclo según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
Inicial	33.7	32.1	32.7	33.1	32.5	ns
Inicial¹	33.5 b	36.0 a	34.8 ab	35.5 ab	34.1 b	*
1	37.8 a	39.5 a	39.5 a	38.8 a	34.8 b	**
2	44.2 a	46.1 a	44.5 a	45.2 a	40.4 b	**
3	50.0 a	51.5 a	50.1 a	50.3 a	46.4 b	**
Final	50.3 ab	52.6 a	52.0 a	53.2 a	48.0 b	**

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Inicial¹ no tiene en cuenta el período de acostumbramiento (11 días). Valores ajustados por peso vivo inicial.

En el Cuadro 68, se presentan las ganancias de peso vivo lleno de los animales para diferentes períodos: los 4 ciclos completos (1, 2, 3 y 4), el período de acostumbramiento (0), ciclo 1 excluyendo el período de acostumbramiento (11), todo el período experimental (Total) y todo el período experimental sin tener en cuenta el período de

acostumbramiento (Total1). Los contrastes de medias de ambas variables se presentan en Anexos-Cuadros 74 y 75.

Cuadro 68. Ganancia de peso vivo lleno promedio (g/cord/d) para cada ciclo de pastoreo y para todo el período experimental según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
0	63 b	301 a	187 ab	249 ab	127 b	**
1 ¹	196 a	160 a	216 a	149 a	34 b	*
1	152 a	207 a	206 a	182 a	65 b	**
2	239	245	183	238	207	ns
3	207	199	193	187	176	ns
4	12 b	75 b	127 ab	188 a	108 ab	**
Total	168 ab	192 ab	185 ab	196 a	147 b	**
Total¹	180 a	179 a	185 a	190 a	150 b	t

* = $P < 0.05$, ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: 0 = ganancia durante el período de acostumbramiento (11 días); Total, ganancia para todo el período experimental; 1¹ y Total¹ ganancia en dichos períodos, excluyendo el período de acostumbramiento.

El sistema de alimentación tuvo un efecto importante sobre la ganancia de peso vivo en el ciclo 1, diferencia que determina una diferencia potencial y acumulativa de peso vivo que afectó al T5 con respecto a los demás tratamientos durante todo el período experimental. No se hallaron efectos sobre la ganancia de peso vivo en los ciclos 2 y 3. Esto condice con lo observado para peso vivo lleno donde se puede observar que las diferencias se presentaron debido a las menores ganancias detectadas en el 1^{er} ciclo. No obstante este comportamiento no refleja las diferencias encontradas en el consumo total de materia seca, proteína cruda y materia seca digestible (Cuadro 56, 58 y 59). Estas potenciales inconsistencias pueden estar asociadas a la falta de precisión de la estimación de consumo de forraje en condición de pastoreo.

Las ganancias de peso vivo durante el período de acostumbramiento (0) mostraron diferencias muy significativas ($P < 0.01$), mientras que para el primer ciclo, excluyendo el período de acostumbramiento (1¹), se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en contra del T5.

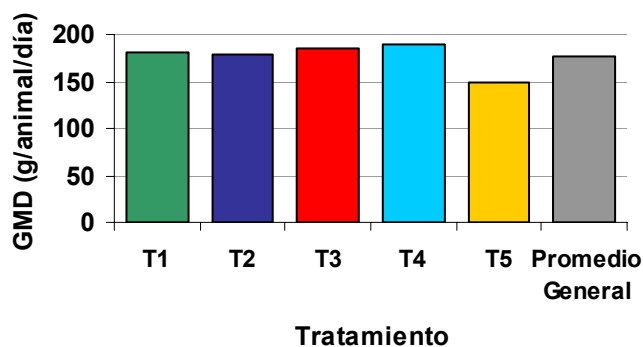
Se encontró un efecto muy significativo ($P < 0.01$) del sistema de alimentación para el total del período experimental (Total), dichas diferencias mantienen su tendencia cuando se excluye el período de acostumbramiento (Total¹), donde existe una menor performance ($P = 0.0634$) para los animales del T5. Esta información se representa adicionalmente mediante un diagrama de barras en la Figura 46. Stobbs, Hodgson, Poppi et al., citados por Montossi (1995), sugieren que en sistemas pastoriles, la variación en el consumo de pastura es el factor de mayor influencia sobre la performance animal. Hodgson (1990), afirma que las variaciones en las características de la pastura, afectan

de modo similar el consumo de forraje y la performance animal. En este sentido, se encontraron diferencias en el total de MS, PC y MSD consumida en contra del T5, que resultaron en GMD menores para este último tratamiento. No se observan diferencias entre T1 y T4.

En los períodos en que se presentaron diferencias en ganancia de peso vivo, estas siempre fueron en contra del T5, mostrando el mismo comportamiento que para la variable peso vivo y consumo de materia seca, reflejando los problemas de acostumbamiento de los animales de dicho tratamiento. Las bajas tasas de ganancia que se aprecian en el ciclo 4 para el sistema de alimentación exclusivamente pastoril, se pueden explicar por la menor disponibilidad ($P=0.0521$) de materia seca que este sistema tuvo con respecto a los demás y, por el mayor período de ocupación de dichas parcelas, ya que dichas diferencias no concuerdan con las encontradas para consumo de materia seca, proteína cruda y materia seca digestible.

En el ciclo 4, la altura de la pastura a la entrada de los animales fue muy cercana a 6 cm altura a la cual Hodgson (1990) y trabajos nacionales (Camesasca et al., 2002), sugieren que tanto el consumo de materia seca como las tasas de ganancia, comienzan a disminuir. Esto se refleja en las tasas de ganancia de los animales del T1 y T2, observándose a su vez en el ciclo 4 (Cuadro 30), que las ganancias fueron mayores cuanto mayor fue el nivel de suplementación.

Figura 47. Ganancia de peso vivo lleno (g/animal/día) promedio para todo el período experimental.



En la sección Anexos-Cuadro 75, se puede apreciar el contraste de medias, donde se observan diferencias significativas en la ganancia media diaria a favor de los animales de sistemas pastoriles suplementados con respecto al sistema de confinamiento para el ciclo 1 (considerando y sin considerar el período de acostumbamiento) y para el total del período experimental (sin tener en cuenta el período de acostumbamiento). Por otra

parte, no se hallaron diferencias significativas en los ciclos 2, 3 y 4. En el Cuadro 90, de la sección Anexos, se puede observar el contraste de medias entre el sistema exclusivamente pastoril y los sistemas pastoriles suplementados. En el mismo se aprecia que existieron diferencias en ganancia de peso vivo lleno promedio muy significativas en los ciclos 1, 4 y para el total del período experimental, a favor de los tratamientos pastoriles suplementados versus el sistema pastoril. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), los cuales hallaron mayores ganancias cuando los animales eran suplementados. De Barbieri et al. (2000), explican estos resultados según los conceptos manejados por Oficialdegui (1990), quién considero que la suplementación comienza a tener un efecto importante en el segundo período de pastoreo, posiblemente relacionado a la ausencia del período de acostumbramiento al suplemento.

En el Cuadro 69 y en la Figura 48, se presenta la evolución de peso vivo vacío (PVV) de los corderos. Los pesos presentados fueron tomados al inicio del experimento, al final de cada ciclo de pastoreo y al final del experimento. Si bien en el PVV inicial no se observaron diferencias significativas entre sistemas de alimentación, de cualquier manera, los restantes PVV fueron ajustados utilizando el PVV inicial como covariable. En la sección Anexos-Cuadro 78, se presentan los PVV sin ajustar. Los contrastes de medias de ambas variables se presentan en Anexos-Cuadros 76, 77, 79 y 80.

Cuadro 69. Peso vivo vacío promedio (kg/cordero) al inicio del experimento y al final de cada ciclo de pastoreo y final del experimento según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
Inicial	31.3	29.8	30.4	30.8	30.0	ns
1	34.8 b	37.1 a	37.0 a	36.0 ab	32.9 c	**
2	40.4 b	43.0 a	41.1 b	41.6 ab	37.7 c	**
3	46.1 a	48.3 a	47.2 a	46.9 a	43.1 b	**
Final	46.3 ab	49.3 a	49.0 a	49.6 a	44.5 b	**

** = $P < 0.01$; ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

El sistema de alimentación tuvo un efecto importante sobre el peso vivo vacío, al igual que sobre el peso vivo lleno, a partir del primer ciclo, dónde el T5 siempre presentó los pesos más bajos con respecto a los restantes tratamientos evaluados.

En el Cuadro 70, se presentan las ganancias de peso vivo vacío de los animales para cada ciclo (1, 2, 3 y 4) y para todo el período experimental (Total).

Cuadro 70. Ganancia de peso vivo vacío promedio (g/anim/día) inicial y final para cada ciclo de pastoreo y el total del período experimental según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
1	130 b	201 a	198 a	167 ab	71 c	**
2	208 a	220 a	152 b	209 a	182 ab	*
3	197	182	212	183	185	ns
4	11 b	70 ab	120 a	177 a	100 ab	**
Total	152 ab	182 a	179 a	184 a	136 b	**

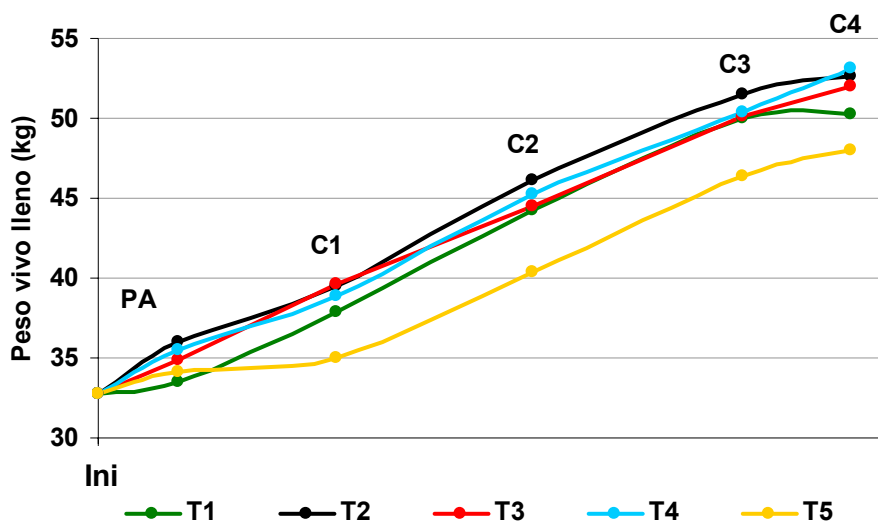
* = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Valores ajustados por peso vivo vacío inicial.

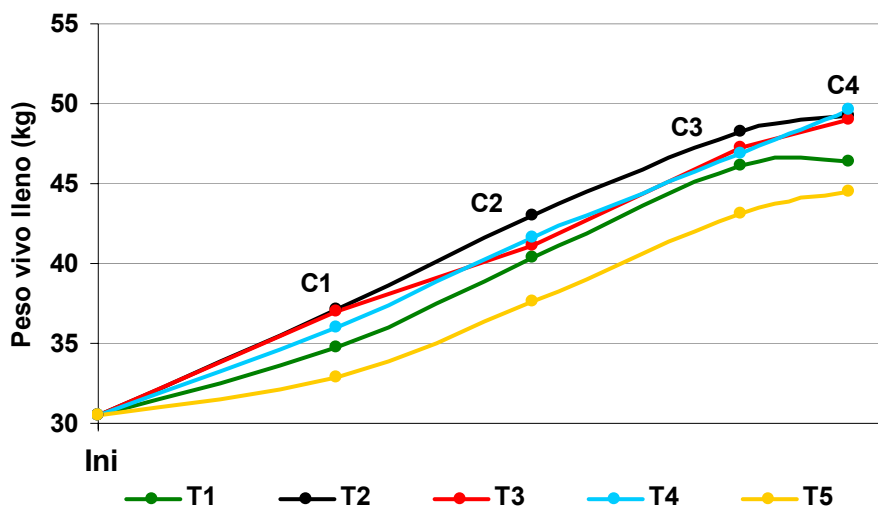
Comparando con los resultados obtenidos para peso vivo lleno (Figura 47) y peso vivo vacío (Figura 48), se observa que el comportamiento de las variables (peso vivo lleno y vacío) fue similar. En el ciclo 1, se presentan mayores diferencias, pero se mantiene el orden de los tratamientos. En el ciclo 2, aparecen diferencias que no se evidenciaban para peso lleno. Para los ciclos 3 y 4, el comportamiento no varió, aunque en el ciclo 4 se hicieron más notorias las diferencias entre los animales suplementados (T3 y T4) versus el tratamiento sin suplemento (T1). Sin embargo, para el total del período experimental aparecen diferencias muy significativas.

Figura 48. Evolución de peso vivo lleno, ajustado por peso vivo lleno inicial, a través del período experimental según tratamiento



Nota: PA = fin del período de acostumbramiento; C1, C2, C3 y C4 fin de los ciclos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Figura 49. Evolución de peso vivo vacío, ajustado por peso vivo vacío inicial, a través del período experimental según tratamiento



Nota: C1, C2, C3 y C4 fin de los ciclos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

En el Cuadro 71, se presenta el porcentaje de vaciado o desbaste, estimado como la diferencia de peso entre el peso de los animales al salir de la parcela (peso vivo lleno) respecto al peso luego de 12 o más horas de ayuno, expresada esta diferencia como porcentaje del peso vivo lleno. Los valores obtenidos son similares a los obtenidos a partir de los datos presentados por Correa et al. (1999), Dighiero et al. (1999), Camesasca et al. (2002), quienes obtuvieron valores promedio entre 5.6 y 6.4%, siendo siempre superior el valor de porcentaje de vaciado de los animales sin suplementación respecto a aquellos suplementados, pero sin alcanzar diferencias mayores al 1%.

Cuadro 71. Porcentaje de vaciado en tres fechas de pesada diferentes y promedio total del período experimental según tratamiento.

Fecha	T1	T2	T3	T4	T5	P
26 nov. 03	7.90	6.28	6.47	7.31	5.95	ns
23 dic. 03	8.59 a	6.83 bc	7.67 abc	7.95 ab	6.78 c	t (0.0544)
5 feb. 04	7.83 a	6.28 ab	5.66 b	6.77 ab	7.22 a	**
Media	8.11 a	6.47 b	6.60 b	7.35 ab	6.65 b	**

** = $P < 0.01$; ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

4.2.2.3. Eficiencia de conversión

En el Cuadro 72, se observa que el sistema de alimentación siempre mostró un efecto significativo sobre la eficiencia de conversión de la materia seca total consumida

en peso vivo (kg MS desaparecida/ kg PV producido). En el ciclo 2 se aprecia que se obtuvieron mejores tasas de conversión (menores valores) en aquellos tratamientos que recibieron mayor proporción de concentrado en la dieta. Esta información se explica por la concentración de nutrientes en el total de la dieta disponible para los animales de los diferentes tratamientos. Como se observa en los Cuadros 58 y 59, la cantidad de PC y MSD consumida en los diferentes sistemas de alimentación presenta, para la mayoría de los casos, diferencias muy significativas, donde el T5 mostró siempre mejores tasas de conversión, explicado también, por las diferencias en los requerimientos de energía entre los sistemas pastoriles y el sistema de confinamiento, ya que en los primeros pueden ser 30% superiores que en los animales estabulados. La mayor parte de esta diferencia está asociada al trabajo corporal, específicamente al costo de cosecha del alimento y movimiento (Osuji, citado por Caton y Dhuyvetter, 1997).

Los valores hallados, en la mayoría de los casos, son similares a los estimados por Bell et al. (2003), para corderos con pesos entre 30 y 50 kg de peso vivo y ganancias entre 200 y 320 gramos por día, quienes obtuvieron eficiencias de conversión de 5:1 a 10:1 (kg de materia seca consumido por kg de peso vivo producido).

Cuadro 72. Eficiencia de conversión de la materia seca en peso vivo (kg MS consumido/kg de PV) según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	6.3 ab	6.9 a	8.3 a	7.0 a	5.3 b	**
3	10.9 a	8.0 b	9.2 ab	10.3 ab	6.8 b	**
Promedio (C2 y C3)	8.9 a	7.5 a	8.9 a	8.6 a	6.1 b	**

** = $P < 0.01$; a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

La eficiencia de conversión para el T5, disminuye a medida que avanza el experimento, mientras que los animales aumentan de peso (Cuadro 73). Cuando más pesados sean los animales, mayor cantidad de energía deben consumir para cubrir los requerimientos de mantenimiento (Geenty y Rattray, 1987). Al observar las ganancias obtenidas para el T5 en cada ciclo, se observa que en aquellos ciclos en que se obtuvieron mejores ganancias de PV también se obtuvieron mejores eficiencias de conversión (Cuadros 68 y 72).

Cuadro 73. Eficiencia de conversión del concentrado (kg concentrado consumido /kg de PVLL adicional) para el T5.

Ciclo	T5
2	5.3
3	6.8
4	11.0
Media	6.4

4.2.2.4. Condición corporal

Según Montossi et al. (1998), la condición corporal permite conocer el estado nutricional de los ovinos, independientemente de las diferencias raciales, de tamaño corporal, categoría, estado fisiológico, el llenado del tracto gastrointestinal, la cantidad de lana presente en cada animal, así como el grado de humedad de la misma.

En el Cuadro 74, se presenta la condición corporal (CC) al inicio del experimento y al final de cada ciclo, según el sistema de alimentación. Si bien la CC inicial no mostró diferencias significativas entre sistemas de alimentación, las restantes CC están ajustadas utilizando la CC inicial como covariable. En la sección Anexos-Cuadro 83, se presentan las CC sin ajustar. Los contrastes de medias de ambas variables se presentan en Anexos-Cuadros 81, 82, 84 y 85.

La CC fue afectada en forma muy significativa ($P < 0.01$) por el sistema de alimentación en el primer y segundo ciclo, mientras que en el ciclo 3 existió una tendencia ($P = 0.0512$). Al final del experimento se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 74. Condición corporal promedio (unidades) inicial y final para cada ciclo de pastoreo, ajustado por condición corporal inicial según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
Inicial	3.47	3.25	3.50	3.63	3.48	ns
1	3.36 b	3.72 a	3.89 a	3.76 a	3.44 b	**
2	3.88 b	4.32 a	4.33 a	4.37 a	3.95 b	**
3	4.25 b	4.49 a	4.42 ab	4.46 a	4.30 ab	t
Final	4.33 b	4.56 a	4.44 ab	4.53 a	4.42 ab	*

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Estos resultados corresponden con los pesos vivos vacíos obtenidos. La CC al final de los períodos donde se obtuvieron mayores ganancias fue mayor que en aquellos períodos donde se obtuvieron menores ganancias. Los animales del T5 fueron siempre

los que menores pesos alcanzaron, menores ganancias obtuvieron y también menor CC, alcanzando hacia el final del experimento igual condición corporal que los demás tratamientos. Cabe destacar que esta característica es menos sensible al efecto de la alimentación con respecto al peso vivo por su naturaleza y forma subjetiva de medición⁶.

En la sección Anexos-Cuadro 81, se presenta el análisis de contraste de medias del sistema pastoril contra la media de los sistemas pastoriles suplementados, donde se observan diferencias muy significativas ($P < 0.01$) para el ciclo 1 y 2, y diferencias significativas ($P < 0.05$) para el ciclo 4 y existe una tendencia para el ciclo 3. Estas diferencias fueron siempre a favor de los sistemas pastoriles suplementados, resultados que concuerdan con los obtenidos por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), quienes siempre que hallaron diferencias significativas en la CC, por efecto de la suplementación, fueron a favor de esta.

Por otra parte, en el Anexo-Cuadro 82, se presenta el análisis de contraste de medias de los sistemas pastoriles suplementados contra el sistema en confinamiento. Se observan diferencias muy significativas ($P < 0.01$) para el ciclo 1 y 2 a favor de los sistemas pastoriles suplementados mientras que para el resto de los ciclos no se presentan diferencias estadísticas significativas.

4.2.3. Crecimiento y calidad de lana

En los Cuadros 75 y 76, se presenta la información de producción y calidad de lana, respectivamente, según tratamiento. Al iniciar el experimento, los animales disponibles habían sido esquilados en dos momentos diferentes, por lo cual, poseían diferente cantidad de lana. Para poder comparar el peso de vellón al final del experimento entre distintos animales, fue necesario utilizar covariables de ajuste, siendo utilizadas la cantidad de lana inicial por cm^2 (según parche inicial) y el peso vivo inicial (representando el tamaño del animal).

El crecimiento de lana limpia ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$) y las variables de calidad de lana se midieron utilizando el método de parches (Coop, citado por Birgman, 1974), por lo cual no fue necesario utilizar covariables en el análisis estadístico de dichas variables.

El sistema de alimentación no tuvo efecto sobre ninguna de las variables de crecimiento de lana presentadas en el Cuadro 75, ni en el análisis de contrastes de medias presentado en la sección Anexos-Cuadro 86. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Arocena et al. (1999), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), quienes hallaron que la suplementación no tuvo efecto sobre las variables de crecimiento

⁶ Montossi, F. 2006. Com.personal

de lana (peso de vellón y crecimiento). Sin embargo, Guarino et al. (1999) encontraron diferencias significativas en el peso de vellón a favor de los animales suplementados, mientras que Correa et al. (2000) encontraron diferencias significativas para el crecimiento de lana limpia y sucia, a favor de los no suplementados. Los valores de crecimiento de lana limpia, son similares a los obtenidos en los trabajos nombrados anteriormente, los cuales presentaron valores desde 1120 a 1370 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$. Se encontraron diferencias al comparar es T5 contra los sistemas pastoriles suplementados (Anexo-Cuadro 87), para la variable peso de vellón ajustada por lana inicial y por lana inicial y peso vivo, en ambos casos, a favor de los sistemas pastoriles suplementados.

Cuadro 75. Producción de lana vellón sucia y limpia (kg/animal) y crecimiento de lana ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$) sucia y limpia.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
Vellón sucio	2.135	2.187	1.852	1.943	1.976	ns
Vellón sucio¹	2.038	2.189	2.080	1.979	1.813	ns
Vellón sucio²	2.009	2.219	2.057	1.959	1.853	ns
Vellón limpio	1.682	1.761	1.636	1.530	1.442	ns
Vellón limpio²	1.658	1.789	1.609	1.507	1.481	ns
Crecimiento limpio	1177	1332	1265	1135	1158	ns

ns = no significativo ($P > 0.1$).

Nota: ¹ = ajustado por lana inicial; ² = ajustado por lana inicial y por peso vivo inicial.

Los cambios en la tasa de crecimiento de la lana relacionados a cambios en el nivel de alimentación, están relacionados a cambios equivalentes en el largo y diámetro de fibra (Summer y Wickham, citados por Sumner et al., 1993).

El sistema de alimentación no tuvo efecto sobre las variables de calidad de lana analizadas (Cuadro 76), a excepción de la variable luminosidad la cual muestra diferencias muy significativas cuando se contrasta el T5 versus los sistemas pastoriles suplementados (Anexo-Cuadro 89).

El sistema de alimentación no afectó la variable diámetro de la fibra. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), Urrestarazu (2004), quienes no obtuvieron efecto de la suplementación sobre el diámetro de fibra. Estos autores, utilizando animales Corriedale puros, obtuvieron diámetros menores de fibra (25.8 – 27.8 μ). Sin embargo, al contrastar la media del T1 versus los sistemas pastoriles suplementados aparece una tendencia ($P=0.0756$), siendo menor el diámetro en el T1 (Anexo-Cuadro 88). El promedio de todos los tratamientos superó las 30.5 μ , diámetro por encima del cual se considera que las fibras irritan la piel, por lo que dicha lana no puede ser utilizada en la confección de prendas de calidad y de exportación a mercados exigentes (Montossi et al., 2001). Por otra parte, también supera el promedio

de 31.5 μ , valor por encima del cual se encuentran, según Montossi et al. (2001), sólo aproximadamente 2% de las lanas uruguayas.

El coeficiente de variación del diámetro de la fibra no mostró diferencias significativas entre los distintos sistemas de alimentación, concordando con lo hallado por Camesasca et al. (2002), quienes no obtuvieron efecto de la suplementación sobre esta variable. Sin embargo, al contrastar la media del T1 versus los sistemas pastoriles suplementados aparecen diferencias significativas ($P < 0.05$) a favor del T1 (Anexo-Cuadro 88). Los valores obtenidos son similares a los obtenidos por Urrestarazú (2004), quien trabajo con animales del mismo biotipo (20.3 - 21.6%) e inferiores a los obtenidos por Camesasca et al. (2002), quienes utilizaban corderos Corriedale puros (22.3 - 23.9%).

Al igual que Arocena et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), no se observó un efecto del sistema de alimentación sobre el rendimiento al lavado. Sin embargo, Guarino et al. (1999), hallaron diferencias a favor de los animales sin suplementar. Los valores obtenidos en el presente experimento, fueron similares a los obtenidos por Urrestarazú (2004) con corderos del mismo biotipo que los utilizados en el presente experimento. Sin embargo, fueron superiores a los reportados por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002), Iglesias y Ramos (2003), quienes encontraron rendimientos al lavado de 73, 65, 71, 72, 75 y 77%, respectivamente.

El largo de mecha no se vio afectado por el sistema de alimentación, concordando con lo hallado por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), Camesasca et al. (2002).

Cuadro 76. Características de calidad de la lana según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
Diámetro (micras)	31.9	34.6	33.8	32.4	33.1	ns
CV (%)	21.6	19.1	18.6	19.9	19.4	ns
Rendimiento (%)	82	80	80	77	79	ns
Largo mecha (cm)	4.13	3.67	3.70	3.40	3.32	ns
Luminosidad (Y)	63.0 b	63.1 ab	63.7 b	61.7 b	65.2 a	*
Amarillamiento (Y-Z)	6.51	4.80	5.42	6.55	4.82	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: CV = coeficiente de variación del diámetro.

El parámetro “Y” es un indicador de la luminosidad o brillo de la lana, un alto valor de este parámetro indica un “mejor” color (SGS, 2004). En Australia, la mayoría de la

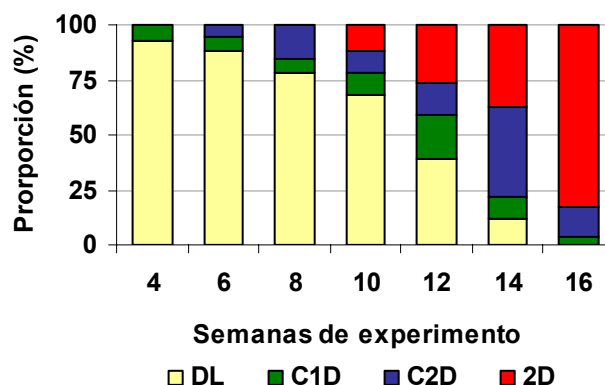
lana vellón poseen valores por encima de 60 (GZ, 2006). Cabe destacar que los resultados obtenidos superan dicho valor.

El valor del parámetro “Y-Z” es un indicador del índice de amarillamiento, donde mayores valores indican lanas más amarillas y menores valores indican lanas más blancas (SGS, 2004). El amarillamiento promedio es una característica importante, porque afecta el proceso industrial de la lana, ya que está relacionado con la capacidad de ser teñida (AWTA, 2004). En Australia, la mayoría de la lana vellón posee valores entre 1 y 3 (GZ, 2006). Los resultados obtenidos exceden este rango, por lo que se puede considerar que la lana es demasiado amarilla o inadecuada para ciertos procesamientos industriales.

4.2.4. Dentición y carga parasitaria

Se realizó el monitoreo de la evolución de la dentición en todos los animales, considerando que los mismos cumplirían el año de vida durante el transcurso del experimento (Figura 49), siendo esta información importante para considerar en las implicancias que tuvieron los tratamientos empleados sobre las variables medidas, ya sea del punto de vista biológico y comercial. Dicha información se presenta desagregada por tratamiento en el Cuadro 90 de la sección Anexos. Como se puede apreciar al inicio del experimento sólo 3 animales (6%) mostraban la erupción del primer incisivo permanente, el resto poseía sólo dientes de leche. Al finalizar el experimento, el 16% de los animales no habían desarrollado totalmente los dos primeros incisivos permanentes.

Figura 50. Evolución de la dentición durante el experimento para todos los animales.

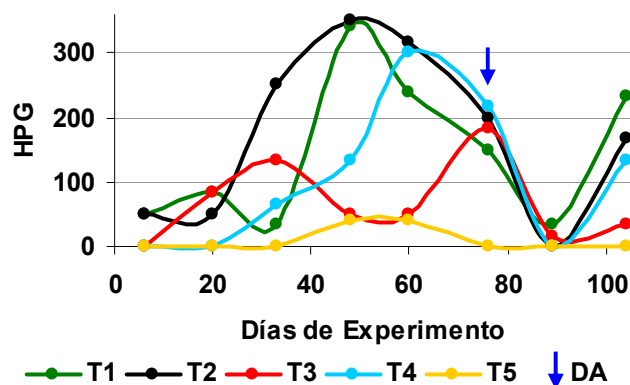


Nota: DL = diente de leche; C1D = cortando un diente, C2D = cortando dos dientes, 2D = dos dientes completamente desarrollados.

Del punto de vista comercial (Operativo cordero pesado), entre los primeros 4 a 6 semanas de experimento, fue donde la mayoría de los animales eran diente de leche, y además cumplían con los requerimientos de peso vivo lleno y condición corporal que el operativo específica.

En la Figura 50, se muestra la evolución de la carga parasitaria durante el experimento. Al inicio del mismo, la carga parasitaria fue baja debido a que los animales fueron dosificados para el control de parásitos gastrointestinales. La carga parasitaria promedio de cada tratamiento fluctuó dentro de un rango muy estrecho (0 – 350 HPG) sin alcanzar niveles promedio elevados, aunque en uno de los muestreos aparecieron algunos animales con conteos superiores a 900 HPG. En dicha ocasión, se tomo la decisión de dosificar todos los animales, lo cual se realizó a los 70 días de iniciado el experimento, momento señalado mediante una flecha en la Figura 50. Posteriormente, a la dosificación, se observa como la carga parasitaria baja a cero. También se puede apreciar que los animales del T5 mostraron cargas parasitarias mucho más bajas que el resto de los tratamientos a lo largo de todo el experimento, pudiendo estar este bajo nivel de infestación explicado por el hecho de que no tuvieron acceso a pasturas, con alto grado de contaminación, donde aumentan las posibilidades de contaminarse.

Figura 51. Evolución de la carga parasitaria (HPG) según tratamiento.



Nota: T1, T2, T3, T4 y T5, tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, DA = dosificación con antiparasitario.

4.2.5. Calidad de la canal

La calidad de la canal está estrechamente relacionada con la calidad del animal *in vivo* y se focaliza en el rendimiento carnicero de la res en el gancho (peso y proporción de los cortes más valiosos) y en aspectos que inciden en la calidad de la canal (estrés pre faena, decomisos por machucamiento y lesiones, cortes oscuros) (Brito et al., 2002b).

Según Robaina (2002), la determinación de la composición de la canal, puede realizarse mediante: despiece (composición anatómica), disección (composición de los tejidos) y análisis químico (composición química).

La evaluación de las canales se lleva a cabo con un objetivo económico, y se concentra en aquellas características que poseen mayor efecto sobre el valor de la misma. Lo ideal es obtener la mayor cantidad de músculo, con las características de calidad deseadas, la menor cantidad posible de hueso y un nivel óptimo de grasa (Robaina, 2002).

4.2.5.1. Características estimadas *in vivo*

El uso de la ultrasonografía tiene como propósito la estimación objetiva *in vivo* de características de la canal (Scott, 2001). El espesor de grasa subcutánea (Punto C) cuantificada sobre la 12-13^{ava} costilla y directamente sobre el músculo *Longissimus lumborum*, es la medida más importante que se relaciona al rendimiento carnicero y tiene una relación inversa con la proporción vendible de la canal y cortes en supermercado; a su vez, el área de ojo de bife (AOB) estimada en el mismo lugar, está positivamente relacionada con el rendimiento carnicero de la canal y el porcentaje de corte vendibles, siendo éste el estimador más exacto de la proporción total de músculo en la canal (Scott, 2001).

En el Cuadro 77, se presentan los valores obtenidos de los parámetros AOB y Punto C, estimados *in vivo* por medio de la ultrasonografía, y del AOB estimada *pos mortem*. Dichas variables fueron ajustadas utilizando como covariables el peso vivo vacío final, la condición corporal final y el peso de canal fría. Ninguno de estos parámetros estudiados mostró estar afectado por el sistema de alimentación, inclusive cuando los mismos fueron ajustados por las correspondientes covariables. Esto puede explicarse por el avanzado estado de desarrollo de los animales al inicio del ensayo, lo cual dificulta el modificar estas características por medio de la alimentación. Los valores obtenidos para el AOB, son superiores a los presentados en la Auditoria de la Cadena Cárnica Ovina (De Barbieri et al., 2003), donde se encontró un promedio de 11.4 cm² de AOB. También fueron superiores los valores hallados para peso vivo final y peso de canal caliente y fría para la categoría de corderos pesados. Estos resultados estarán asociados al biotipo, peso y grado de terminación y edad avanzada de los animales utilizados en este experimento.

Dichos resultados coinciden con los obtenidos por Correa et al. (2000), Camesasca et al. (2002), quienes tampoco obtuvieron efecto del sistema de alimentación sobre el AOB estimada por ultrasonografía. Sin embargo, Arocena et al. (1999), hallaron diferencias a favor de la suplementación. Por otra parte, en relación al punto C estimado por ultrasonografía, Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), no obtuvieron efecto del

sistema de alimentación, mientras que Arocena et al. (1999), Camesasca et al. (2002), encontraron diferencias a favor de la suplementación.

Los contrastes de medias para dichas variables se presentan en Anexos-Cuadros 91 y 92.

Cuadro 77. Área del ojo de bife (cm²) y punto C (mm) según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
AOBu	15.85	16.27	17.44	17.36	15.88	ns
P.C.(mm)	9.06	9.78	10.25	11.10	9.11	ns
AOBu¹	16.05	16.09	17.28	17.09	16.27	ns
P.C.² (mm)	9.48	9.58	10.27	10.67	9.32	ns
AOBc	15.20	15.34	15.63	15.19	14.48	ns
AOBc¹	15.21	15.04	15.62	15.06	14.92	ns
AOBc³	15.08	14.61	15.49	14.81	15.85	ns

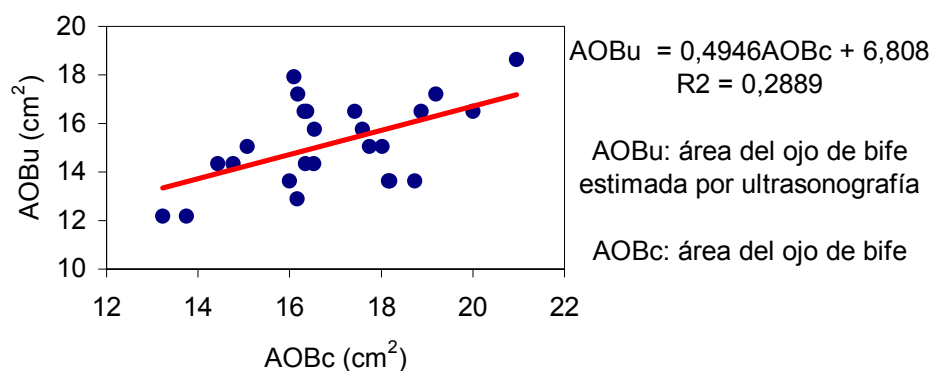
ns = no significativo (P>0.1).

Nota: AOBu (área de ojo de bife por ultrasonografía), AOBc (área de ojo de bife medida con cuadrícula), P.C. (Punto C), ¹ = ajuste por peso vivo vacío final, ² = ajuste por condición corporal final, ³ = Ajuste por peso de canal fría.

Montossi et al. (2002a) sugieren que dentro de ciertos márgenes es muy difícil a través del manejo de la nutrición, cambiar la proporción de cortes y tejidos, aunque se puede tener un pequeño efecto inducido por la nutrición en el nivel de engrasamiento, el cual no se evidenció en el presente experimento. Todos los animales presentaron excesivo grado de engrasamiento, mostrando valores superiores a los encontrados por Correa et al. (2000), Camesasca et al. (2002), quienes hallaron valores en promedio de 3.4-3.9 y 5.8-8.3 mm, respectivamente.

Estudiando la correlación entre las variables medidas *in vivo* y *pos mortem*, se encontró una correlación muy baja para el AOB ($R^2 = 0.2889$) (Figura 51).

Figura 52. Relación entre el AOB (cm²) medida con cuadrícula y el AOB (cm²) medida por ultrasonografía, para la mitad de los animales evaluados.



4.2.5.2. Características estimadas *pos mortem*

Caracterización

En el Cuadro 78, se presentan los resultados obtenidos para las variables estimadas *pos mortem* sobre la canal. Los contrastes de medias para estas variables se presentan en Anexos-Cuadros 93 y 94. El peso de la canal fría (PCf) fue afectado con la misma magnitud que el peso de la canal caliente (PCc), presentando diferencias muy significativas ($P < 0.01$) entre los diferentes sistemas de alimentación. El T5 presentó las canales (frías y calientes) más livianas, seguido por el T1. En tanto, el T4 fue el que presentó canales más pesadas. Estas variables presentaron el mismo comportamiento que el peso vivo final, donde los tratamientos que obtuvieron un mayor peso vivo vacío final (PVVf), también presentaron los mayores PCc y PCf, magnificado el efecto por el mayor rendimiento obtenido por los animales más pesados. Buxadé (1998) considera que los mayores rendimientos pueden estar dados en los animales más pesados, por las mayores deposiciones de grasa; y concordando con Ahmad y Davies (1986), Soeparno y Davies (1987), Karnezos et al. (1994), sugieren que animales alimentados con dietas con altos niveles de energía, presentan mayor rendimiento cárnico debido a los mayores niveles de engrasamiento.

La variable rendimiento se estima como el peso de canal caliente en proporción al peso vivo al momento de embarque. Se utiliza el peso de canal caliente ya que en base a éste se le paga al productor (Purchas, 2000). Dicha variable en el presente experimento se vio afectada de forma muy significativa ($P < 0.01$) por el sistema de alimentación.

Según Owen (1976), el rendimiento está afectado particularmente por el nivel de alimentación, el tipo de dieta y el grado de ayuno, siendo también este afectado por

factores más permanentes como raza, edad y grado de desarrollo corporal. Los valores de rendimiento obtenidos fueron similares a los obtenidos por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Correa et al. (2000), De Barbieri et al. (2000), quienes obtuvieron valores entre 47 y 50% aproximadamente, pero inferiores a los obtenidos por Camesasca et al. (2002), Iglesias y Ramos (2003) quienes obtuvieron valores superiores al 50%.

Brito (2002a) afirma que existe abundante información que demuestra que el rendimiento carnicero de los animales alimentados con grano (con una relación energía/proteína de la dieta alta) es superior al de aquellos alimentados en base a pasturas. Este coincide con Karnezos et al. (1994), quienes sostienen que el peso corporal y el rendimiento carnicero aumentan en forma cuadrática con el incremento de los niveles de suplementación con maíz. Brito (2002a) explica esta asociación principalmente por el menor contenido gastrointestinal de los animales alimentados con grano, y también se explica por el mayor nivel de engrasamiento alcanzado por dichos animales. Estos resultados concuerdan con los hallados en el presente experimento (sin considerar el T5 del análisis por un mal acostumbamiento al sistema de alimentación).

En el presente experimento el rendimiento se vio afectado de forma muy significativa ($P < 0.01$) por el sistema de alimentación, siendo los tratamientos que alcanzaron mayor peso aquellos que presentaron mayores valores de rendimiento, coincidiendo con la información aportada por la bibliografía consultada. Soeparo y Davies, Thatcher et al., citados por Arocena et al. (1999), lo atribuyen al grado de engrasamiento de las canales, mientras que en el presente experimento no se hallaron diferencias en dicha variable. San Julián et al. (2002) presentan coeficientes de correlación entre peso de canal caliente y diferentes variables: peso vivo ($r^2 = 0.97$), condición corporal ($r^2 = 0.83$) y AOB ($r^2 = 0.85$).

Se hallaron diferencias significativas en la merma por frío, variable que está relacionada al nivel de engrasamiento (Texeira et al., 2002). Cuanto mayor es éste, menor es la pérdida por enfriamiento. Esto se evidencia para el T5, que fue el que presentó menores GR (estimado sobre el bife), PCc y PCf y mostró mayores porcentajes de merma durante el proceso de enfriamiento.

Cuadro 78. Variables determinadas en la canal *post mortem* según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
PVVf (kg)	47.1 ab	48.7 a	49.0 a	49.9 a	44.1 b	*
PCc (kg)	23.1 b	24.8 ab	25.7 ab	26.3 a	22.5 b	**
Rdto. (%)	46.5 c	47.2 bc	49.5 a	49.1 ab	47.4 bc	**
PCf (kg)	22.8 ab	24.6 ab	25.3 a	25.7 a	21.8 b	**
M. frío (%)	1.10 bc	0.83 c	1.88 abc	2.47 ab	3.28 a	*
GR (mm)	18.9	21.4	21.7	22.8	20.0	ns
GR¹ (mm)	18.9	20.8	20.9	22.1	21.1	ns
GR bife (mm)	16.6 b	17.5 ab	17.1 b	20.5 a	15.2 b	t
GR bife¹ (mm)	16.4	16.2	16.9	19.8	17.6	ns

** = P<0.01; * = P<0.05; t = tendencia (P<0.1) y ns = no significativo (P>0.1).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ¹ = ajustado por peso de canal caliente; PVVf = peso vivo vacío final; PCc = peso de canal caliente; Rdto. = rendimiento; PCf = peso de canal frío; M. frío = merma por enfriamiento; GR = espesor de grasa estimado sobre la 12^{va} costilla a 11 cm de la línea media de la canal; GR bife = espesor de grasa estimado sobre la 12^{va} costilla en el bife (a 11 cm de la línea media de la canal) ya separado de la canal.

Al comparar las medidas de grasa obtenidas *in vivo* por medio de la ultrasonografía, y las medidas de grasa obtenidas *pos mortem* (GR), se observa que la primera es menor, debiéndose la diferencia a que los tejidos considerados para cada medida difieren, teniéndose en cuenta que únicamente el tejido adiposo es estimado en caso del uso del ultrasonido, y toda la cobertura (tejidos adiposo y muscular) sobre la 12^{va} costilla en planta.

No se hallaron diferencias significativas en el espesor de grasa (punto GR) medido *pos mortem* (GR) en la canal. Este resultado es estimado por el punto GR, difiere de lo hallado por varios autores que afirman que animales consumiendo dietas en base a pasturas usualmente son más magros que aquellos que consumen dietas en base a concentrados (Black, citado por Soeparno y Davies, 1987). Por otro lado, Kirton et al. (1985), encontraron que canales más pesadas (14.2 vs.14.9 kg) presentaban mayores valores de GR (8 vs.6.7 mm), mientras que la proporción de grasa intermuscular agua y músculo no mostraba diferencias estadísticas. Como se observa en el Cuadro 77 se hallaron diferencias para PCC pero no para GR. Sin embargo, existió una tendencia (P=0.0884), a medida que aumento el nivel de concentrado en la dieta aumentó el espesor de grasa medido sobre el bife, salvo en el caso del T5. Dicha tendencia desaparece al ajustar esta variable por el peso de canal caliente. Por lo tanto, se puede afirmar que estas diferencias en GR estaban explicadas por las diferencias en el tamaño de los animales.

Los valores obtenidos de GR son muy superiores a los presentados en la Auditoria de la Cadena Cárnica Ovina (De Barbieri et al., 2003), donde solo el 4% de los corderos pesados evaluados presentaron GR entre 18 y 24 mm. También son superiores a los valores deseados por el mercado neocelandés y australiano (De Barbieri et al., 2003), los

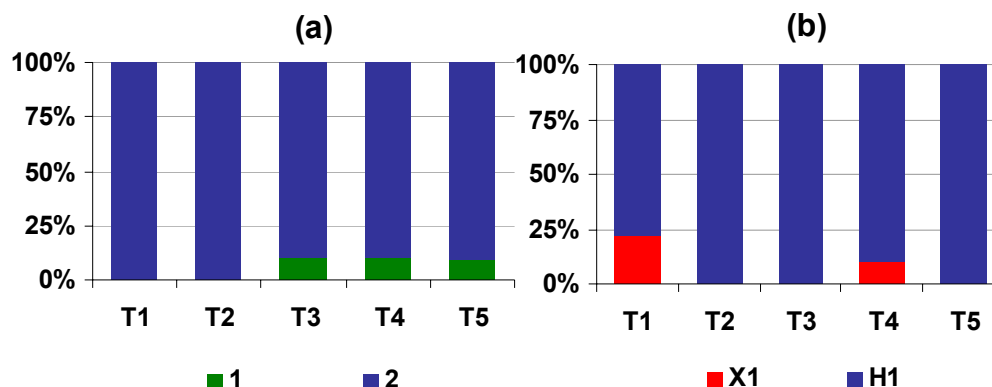
cuales ubican un rango óptimo entre 6 y 12 mm, y entre 5 y 15 mm, respectivamente. Debido al elevado nivel de engrasamiento en todos los animales, podrían estar influenciando el detectar diferencias estadísticas entre medias.

Además de los altos pesos de canal logrados y los biotipos utilizados (con base de doble propósito más propensos al engrasamiento) los elevados niveles de engrasamiento obtenidos en todos los animales pueden también explicarse por el sexo utilizado, ya que a un mismo peso final y manejados de forma similar, los machos poseen mayor masa muscular y menor grasa que las hembras (Scott, 2001), también puede haber influido el sistema de alimentación, ya que según Brito (2002a) los animales con alto contenido de energía en su dieta, almacenan el exceso de ésta en forma de grasa, y en sentido contrario, cuando se incrementa la relación proteína/energía en la dieta, se favorece el crecimiento del animal, pudiéndose obtener un animal más magro.

Clasificación y tipificación de canales

Según la tipificación realizada por el Frigorífico San Jacinto y los técnicos de INAC, el 100% de las canales de todos los tratamientos poseían conformación tipo P. Este tipo de canales son definidas como de conformación buena (buen desarrollo muscular, perfiles moderadamente convexos a rectos en la pierna y paleta, lomo medianamente ancho libre de depresiones). La tipificación realizada por INAC teniendo en cuenta el grado de terminación de las canales se presenta en la Figura 52 a. En la Figura 52 b se presenta la distribución de las canales según el sistema de tipificación interno realizado por el Frigorífico San Jacinto. El sistema de tipificación del Frigorífico San Jacinto se basa en rangos de peso de canales calientes, siendo estos: X>20; H= 16.4-20; M= 13-16.4; L= 8-13; A<8 kg

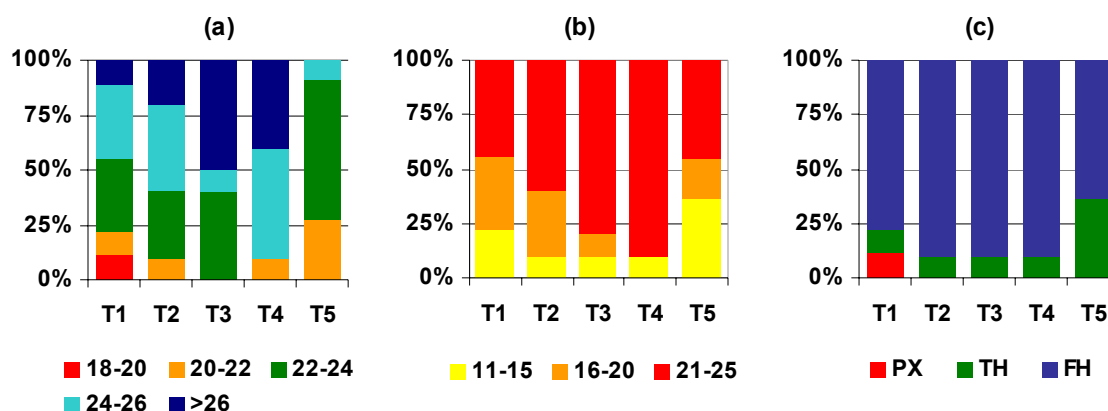
Figura 53. Grado de terminación de las canales según clasificación de INAC (a) y sistema de tipificación de canales de corderos del Frigorífico San Jacinto (b), según tratamiento.



Nota: 1 = moderada grasa de cobertura, 2 = excesiva grasa de cobertura, X1 moderada grasa de cobertura y peso de canal caliente superior a 20 kg, H1 moderada grasa de cobertura y peso de canal caliente en el rango de 16.4 a 20 kg.

En la Figura 53, se presenta la distribución de canales según Sistema de Tipificación de Canales de Corderos de Australia, clases según (a) peso de la canal caliente (en kilogramos); según (b) cobertura de grasa (punto GR en milímetros) y (c) de acuerdo a la clasificación de canales según el Sistema de Tipificación de Canales de Nueva Zelanda. Ambas grillas se presentan en la sección Anexos en los Cuadros 157 y 158, respectivamente.

Figura 54. Distribución (% por categoría) de canales de los animales del T1 al T5 según sistema de Tipificación de Canales de Corderos de Australia (a) peso canal caliente (kg) y (b) por cobertura de grasa (mm) y según sistema de Tipificación de Canales de Corderos de Nueva Zelanda (c).



Nota: PX = cobertura de grasa entre 9 y 12 mm y peso de canal caliente entre 17.1 y 21.2 kg; TH cobertura de grasa entre 12 y 15 mm y peso de canal caliente mayor a 17.1 kg; FH cobertura de grasa mayor a 15 mm y peso de canal caliente mayor a 17.1 kg.

Cortes valiosos

El relevamiento del peso de los cortes de alto valor (pierna con cuadril sin hueso, bife, lomo y freched rack) y consecuentemente el porcentaje que cada uno de ellos representa en el total de la canal, constituyen parámetros de importancia a la hora de evaluar la eficiencia carnicera (Robaina, 2002) y el valor comercial de la canal⁷.

En el Cuadro 79, se presenta el peso promedio de ambas piernas con cuadril sin garrón y sin hueso, el cual no fue afectado por el sistema de alimentación aplicado. En el Cuadro 95 de la sección Anexos, se presenta el contraste de medias, donde tampoco se observaron diferencias entre el sistema pastoril y los sistemas suplementados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Arocena et al. (1999), Guarino et al. (1999), Camesasca et al. (2002), mientras que difieren de los hallados por De Barbieri et al. (2000), quienes obtuvieron diferencias a favor de los animales suplementados.

Al ajustar dichos pesos a un peso de canal fría constante, aparecen diferencias entre los sistemas de alimentación. De este modo, se evidencia que las diferencias se debieron al sistema de alimentación y no al tamaño de los animales. Los animales más pesados mostraron las piernas en términos relativos más livianas y viceversa, explicado por la menor cantidad de grasa (Cuadro 78) que presentaron aquellos animales más livianos

⁷ Montossi, F. 2008. Com. personal

respecto de los más pesados. Estas diferencias también se aprecian al contrastar la media de los animales en pastoreo suplementados respecto al T5, a favor de este último (Anexo-Cuadro 95).

Cuadro 79. Peso de pierna con cuadril sin garrón y sin hueso (kg).

	T1	T2	T3	T4	T5	P
PPSH	2.187	2.294	2.306	2.404	2.179	ns
PPSH¹	2.283 ab	2.247 b	2.202 b	2.268 ab	2.361 a	**

* = $P < 0.05$; ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ¹ = Ajustado por Peso de Canal Fría

Se ha establecido un rango de pesos de pierna óptimo del punto de vista industrial y de acuerdo a los mercados mayoritarios donde Uruguay coloca su carne ovina, donde se señalan pesos recomendados entre 1.6 y 2.2 kg (Montossi et al., 2002a). En el Cuadro 80, se puede observar que el porcentaje de animales de cada tratamiento presentaron piernas que se ubicaron dentro de dicho rango, encontrándose el resto de las mismas en valores superiores a éste. De todos los animales que participaron en el experimento, el 38% se ubica en dicho rango. En el Cuadro 96 de los Anexos, se presenta el contraste de medias entre grupos de tratamientos.

Cuadro 80. Distribución (%) de piernas por rangos de peso según tratamiento.

Rango	T1	T2	T3	T4	T5
1.6-2.2 kg	44.4	20.0	45.0	25.0	54.5
>2.2 kg	55.6	80.0	55.0	75.0	45.5

En el Cuadro 81, se presenta el peso promedio del Frenched Rack izquierdo y derecho. Esta variable exhibe diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los distintos tratamientos. Dicha diferencia desaparece cuando se utiliza como covariable de ajuste el peso de canal fría. Esto muestra que las diferencias no se deben al sistema de alimentación, sino probablemente se expliquen por los distintos pesos de canales frías alcanzados por los diferentes tratamientos.

Cuadro 81. Peso del *Frenched Rack* (gramos) según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
Frenched Rack	592 bc	630 ab	649 ab	658 a	569 c	*
Frenched Rack¹	615	618	624	625	613	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ¹ = Ajustado por Peso de Canal Fría.

Composición tisular

La proporción de los tejidos (hueso, músculo y grasa) de la canal se puede estimar mediante la disección de alguna parte de la misma (Robaina, 2002). En el presente experimento y con el objetivo de estimar dichas variables, se realizó la disección de la paleta izquierda de la mitad de los animales de cada tratamiento. La información obtenida se presenta en los Cuadros 43 al 45, mientras que el contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadros 97 a 104.

En el Cuadro 82, se presentan los resultados de peso de la paleta entera y de las fracciones obtenidas en el despiece de la misma según tratamiento (sin utilizar ninguna covariable de ajuste en el análisis estadístico). En el peso de la fracción grasa intramuscular existe una tendencia ($P=0.0976$) a favor del T2 y T3 concordando con los resultados obtenidos para ganancia de peso.

Por otra parte, la pérdida de agua (%) detectada durante el despiece presentó diferencias significativas a favor de T2.

Cuadro 82. Peso (gramos) de la paleta izquierda entera y de las fracciones obtenidas en el despiece de la misma según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
Peso Paleta	1724	1755	1747	1719	1584	t
Músculo	946	917	908	888	865	ns
G. Sub.	122	118	118	165	96	ns
G. Int.	192	234	251	193	183	t
Hueso	318	309	326	317	292	ns
Otros	123	115	106	122	111	ns
Diferencia (%)	1.37 b	3.52 a	2.17 b	2.03 b	2.30 b	*
Músculo T.	969	979	946	922	901	ns

* = $P < 0.05$; t: tendencia ($P < 0.10$) y ns = no significativo ($P > 0.10$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: G. Sub: grasa subcutánea; G. Int.: grasa intermuscular; Otros: incluye vasos, nervios, ligamentos, tendones y fascias; Diferencia (%): diferencia en porcentaje entre el peso de la paleta al inicio del despiece y la suma de los pesos de las diferentes fracciones al final del despiece y equivale a las pérdidas de agua y Músculo T: músculo más diferencia.

En el Cuadro 83, se presenta la misma información que en el Cuadro 82, pero en este caso utilizando como covariable de ajuste el PCf para el peso total de la paleta. Así mismo, se ajustan las diferentes fracciones utilizando como covariable el peso de la paleta. Al ajustar los datos no varían mucho los resultados; la pérdida de agua (%) durante el despiece sigue presentando diferencias significativas y desaparece la tendencia en el peso de la grasa intermuscular. Por otra parte, surge una tendencia

($P=0.093$) en el peso total de la paleta, en contra del tratamiento 2 y 4, cuando este es ajustado por PCf. De este modo, se excluye el efecto del tamaño corporal sobre el peso de la paleta, obteniendo como resultado que aquellos animales que obtuvieron mayores pesos de canal, poseen paletas relativamente más livianas, coincidiendo con lo ocurrido para peso de pierna.

Cuadro 83. Peso (gramos) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos según tratamiento, ajustado por peso de paleta.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
Peso Paleta¹	1711	1676	1732	1677	1732	ns
Músculo	938	895	890	882	918	ns
G. Sub.	120	111	112	163	113	ns
G. Int.	188	224	243	191	208	ns
Hueso	316	305	323	316	303	ns
Otros	121	109	101	120	126	ns
Diferencia (%)	23 b	61 a	38 b	34 b	39 ab	*
Músculo T.	961	956	928	916	957	ns

* = $P<0.05$; t: tendencia ($P<0.1$); ** = $P<0.01$ y ns = no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Ajustado por peso de Canal Fría.

Con el objetivo de comparar de forma más clara los resultados obtenidos se estimó la composición tisular de la paleta en porcentaje relativo al peso de la misma. Dichos resultados se presentan el Cuadro 84. Como se puede observar la proporción de músculo muestra diferencias significativas en contra del T4, dado por las mayores ganancias de peso obtenidas por este tratamiento, canales más engrasadas y mayor grado de engrasamiento de las canales (Cuadros 69 y 78). Por lo tanto, en términos relativos la proporción de músculo es menor, este tratamiento fue el que presentó canales más pesadas y mayor espesor de grasa sobre el bife (Cuadro 78).

Los valores obtenidos difieren de los presentados por Montossi y Sañudo (2004b) para corderos con canales en promedio más livianas (19.4 kg vs.24 kg), donde la proporción de músculo (61.5%) y hueso (22.4%) fueron mayores y la de grasa menor (11.6%).

Se puede observar que no se presentaron diferencias entre tratamientos para el contenido de grasa intermuscular ni para la grasa subcutánea, tampoco se hallaron diferencias para el total de grasa.

Cuadro 84. Peso (% del peso total de la paleta) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	P
Músculo	54.9 a	52.2 ab	52.0 ab	51.7 b	54.6 ab	*
G. Sub.	7.1	6.6	6.7	9.6	6.1	ns
G. Int.	11.2	13.3	14.4	11.2	11.6	ns
G. Tot.	18.3	19.9	21.1	20.8	17.6	ns
Hueso	18.5	18.2	18.8	18.7	17.6	ns
Otros	7.01	6.53	6.05	7.02	7.18	ns
Músculo T.	56.2	55.7	54.2	53.7	56.7	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

4.2.6. Componentes no canal

Jenkins y Leymaster, citados por Silva Sorvinho et al. (2003), hallaron que cambios en los sistemas de alimentación durante la etapa de rápido crecimiento del animal, pueden influenciar el desarrollo de los órganos. Por otra parte, McClure et al. (2000) comprobaron que factores de manejo pueden cambiar la proporción y el peso de los órganos de los rumiantes. Dichos autores, utilizando alimentaciones contrastantes de concentrados energéticos vs. voluminosos (alfalfa), donde encontraron diferencias en el peso de diferentes órganos viscerales entre animales con distinta alimentación.

Teixeira Da Rosa et al. (2002), en un ensayo en el cual evaluaron distintos sistemas de alimentación, concluyen que la cabeza, patas, riñones y pulmones más tráquea, ejercen una importante influencia sobre el peso vivo de los ovinos jóvenes, y sus proporciones disminuyen al elevarse el peso de faena de 25 para 33 kg, ocurriendo lo inverso con la grasa perirrenal. Por otra parte, en relación al peso vivo vacío, el crecimiento de las patas, corazón, pulmones más tráquea y riñones es más precoz contrastando con el hígado y grasa perirrenal. A su vez, concluyen que el crecimiento del rumen y retículo es tardío independientemente del método de alimentación y del sexo.

Silva Sorvinho et al. (2003), concluyen en su trabajo que el peso vivo al momento de la faena y la relación voluminoso: concentrado de la dieta, no afectan el peso de los órganos. No obstante, obtuvieron una disminución del peso de los órganos con respecto al peso vivo de faena al aumentar éste, para el caso de la lengua, corazón, pulmones con tráquea, diafragma, páncreas y bazo. Así mismo, encontraron también una disminución del peso de pulmones con tráquea, páncreas y bazo, como porcentaje del peso del total de los órganos.

En el Cuadro 85, se presenta el peso en gramos de los órganos que componen el aparato digestivo. La grasa cavitaria fue la única fracción que mostró efecto del sistema de alimentación, donde se observaron diferencias significativas a favor del T2 y T3. Estas diferencias se mantienen cuando se utiliza como covariables de ajuste el PVVf (Anexo-Cuadro 106), y se transforma en tendencia cuando se utilizan como covariable de ajuste el PCc (Anexo-Cuadro 105). Al realizar el análisis de contrastes ortogonales (Anexo-Cuadros 107-112), también se aprecian diferencias en el peso de la grasa cavitaria, diferenciándose la media de los tratamientos 2, 3 y 4 de forma significativa y muy significativa de los T1 y T5 respectivamente, diferencias que se mantienen cuando se utiliza como covariables de ajuste el PCc y el PVVf. Los resultados corresponden con los hallados para ganancia de peso así como lo encontrado por Lough et al. (1993), quienes observaron un efecto de la dieta (suplementación con aceite de palma) sobre la proporción de grasa cavitaria (arriñonada y pélvica). Respecto al peso total de los intestinos, se hallaron diferencias significativas a favor de T5 en comparación con los tratamientos suplementados (T2, T3 y T4) (Anexos-Cuadro 112).

Cuadro 85. Peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes) según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Grasa Cavitaria	159 b	266 a	303 a	202 ab	139 b	*
Réticulo-Rumen	822	853	840	839	772	ns
Omaso-Abomaso	407	365	359	317	318	ns
Intestino	1770	1741	1495	1605	1488	ns
Tela (Grasa)	1331	1700	1565	1645	1237	ns
Esófago	80	88	77	68	78	ns
Recto	95	58	80	93	81	ns

* = $P < 0.05$, ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Con el objetivo de comparar de forma relativa los resultados obtenidos, en el Cuadro 86 se presenta el peso de los órganos que componen el aparato digestivo como porcentaje del peso total del aparato digestivo vacío. De este modo, se encontraron diferencias significativas a favor del T1 en el peso del intestino, concordando con lo hallado por McClure et al. (2000), donde comparando corderos faenados al final de la fase de crecimiento, señalaron que a igual peso de faena, el peso total de los intestinos de los animales alimentados con alfalfa fue mayor con respecto a aquellos que consumían concentrados. Las diferencias halladas desaparecen cuando se utilizan como variables de ajuste el PCC (Anexo-Cuadro 114) y el PVVf (Anexo-Cuadro 113), por lo que se puede inferir que las diferencias halladas están explicadas por el tamaño corporal de los animales y no por el efecto del sistema de alimentación per se. Los resultados obtenidos para el peso de omaso, abomaso, retículo y rumen, concuerdan con McClure et al. (2000), quienes tampoco encontraron diferencias significativas. Los contrastes de

medias para el peso de vísceras verdes como porcentaje del peso total del aparato digestivo, y utilizando como variables de ajuste PCC y PVVf se presentan en Anexos-Cuadros 125 al 130.

Cuadro 86. Peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Retículo-Rumen	9.0	7.6	8.9	7.0	8.2	ns
Omaso-Abomaso	18.7	17.8	19.4	18.0	19.4	ns
Intestino	39.5 a	36.3 ab	33.4 b	34.8 ab	37.2 b	*
Tela (Grasa)	29.0	35.2	34.5	36.9	31.1	ns
Esófago	1.7 ab	1.8 a	1.8 a	1.3 b	2.0 a	t
Recto	29.0	35.2	34.5	36.9	31.1	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$), esófago $P = 0.0757$.
a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

En el Cuadro 87, se presenta el peso en gramos de los órganos que componen el grupo denominado vísceras rojas. El hígado fue el único órgano que fue afectado por el sistema de alimentación, existiendo una tendencia ($P = 0.0837$) a favor del T4. Esta tendencia desaparece cuando se utilizan como covariables de ajuste el PVVf (Anexo-Cuadro 122) y PCC (Anexo-Cuadro 121), por lo que se puede interpretar que la tendencia hallada no se explica por el efecto del sistema de alimentación, sino por el tamaño corporal (mayor PVVf del T4).

Al realizar el análisis de contrastes ortogonales (Anexo-Cuadros 115 al 120), se aprecian diferencias significativas en el peso del hígado a favor de la media de los tratamientos 2, 3 y 4 con respecto al tratamiento 5. Sin embargo, Coleman et al., citados por McClure et al. (2000), encontraron que el ganado alimentado a base de concentrados, posee hígados más grandes que los alimentados con forraje.

Cuadro 87. Peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Corazón	164	179	157	169	158	ns
Hígado	830 ab	810 ab	783 b	867 a	751 b	t
Riñones	113	121	120	118	110	ns
Pulmones	395	364	381	389	378	ns
Traquea	373	347	354	337	365	ns
Grasa	411	526	596	507	444	ns
Bazo	70	77	73	82	78	ns

t : tendencia ($P < 0.1$) y ns = no significativo ($P > 0.1$).
a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Con el objetivo de comparar de forma relativa los resultados obtenidos, en el Cuadro 88 se presenta el peso de los órganos que componen las vísceras rojas como porcentaje del PVVf. Ningún órgano mostró diferencias significativas debido al efecto del sistema de alimentación. Tampoco se aprecian diferencias cuando se utiliza como covariables de ajuste el PVVf (Anexo-Cuadro 123) y PCc (Anexo-Cuadro 124). Los contrastes de medias para el peso de vísceras rojas como porcentaje del PVVf, y utilizando como variables de ajuste PCC y PVVf se presentan en Anexos-Cuadros 131 al 136.

Cuadro 88. Peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas, según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Corazón	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	ns
Hígado	1.7	1.6	1.6	1.8	1.7	ns
Riñones	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	ns
Pulmones	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	ns

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

No se encontró un efecto del sistema de alimentación sobre el peso del hígado y de la grasa cavitaria, los cuales según Teixeira da Rosa et al. (2002), poseen un desarrollo más tardío en la vida del animal con respecto a los demás órganos. El hecho que los animales ingresaron al experimento cercanos al año de edad estaría explicando los resultados de los demás órganos no hallan sido afectados por el sistema de alimentación.

Se procedió con el mismo proceso en que se obtuvieron los resultados presentados en los Cuadros anteriores, y se obtuvo el peso de la cabeza, el aparato reproductor y el cuero. Como se observa en el Cuadro 89, el sistema de alimentación no afectó el peso de la cabeza ni del cuero, mientras que existió una tendencia ($P = 0.0582$) para peso del útero a favor de T1 la cual se mantuvo al ajustar por PCc y PVVf. Los contrastes de medias las variables presentadas en el Cuadro 89 se presentan en Anexos-Cuadros 137 y 138.

Cuadro 89. Peso de otras fracciones obtenidas de las vísceras según tratamiento.

Fracción	T1	T2	T3	T4	T5	P
Cabeza ¹	1664	1610	1577	1582	1539	ns
Cuero	3580	4091	3920	3933	3681	ns
Útero	108 a	60 b	76 b	63 b	75 b	0.0582
Cabeza ²	1659	1578	1571	1565	1599	ns
Cuero ²	3568	4014	3906	3892	3826	ns
Útero ²	109 a	68 b	77 b	67 b	61 b	0.0840
Cabeza ³	1666	1564	1576	1561	1606	ns
Cuero ³	3586	3953	3916	3870	3880	ns
Útero ³	108 a	65 b	76 b	65 b	68 b	0.0832

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ¹ = cabeza con ojos, cerebro, lengua y sin cuero; ² = ajustado por peso de canal fría; ³ = ajustado por peso vivo vacío final.

4.2.7. Calidad de la carne

Dietas que llevan a pérdidas de peso en las semanas previas a la faena pueden causar problemas en la calidad de la carne. Sin embargo, cuando los corderos crecen rápidamente (altas tasas de ganancia) se generan dos beneficios, estos pueden ser faenados más tempranamente y además proveen una óptima calidad de carne. Meat and Livestock Corporation (2003a) mostró que, en animales que llegan a la faena ganando peso y con una condición corporal de 2 a 3, el sistema de alimentación posee muy poco efecto sobre la calidad de la carne. La excepción son las dietas con elevados contenidos de grano, las cuales pueden causar problemas (sabores indeseados, suavidad inusual, grasa traslúcida y probabilidad de pH elevado) en la calidad de la carne (Meat and Livestock Corporation, 2003b).

Factores tales como la raza, edad, sexo, animal entero o castrado, porcentaje de grasa, diámetro de las fibras musculares (según región anatómica), porcentaje de tejido conectivo, así como también, la aplicación de procesos tecnológicos adecuados (ej. estimulación eléctrica, madurado, preparación culinaria, etc) influyen directa o indirectamente en la terneza de la carne (Castro, 2002).

Los componentes relacionados a la calidad de la carne tales como la terneza, jugosidad, color y sabor, pueden ser ampliamente influenciados por los cambios que se producen (pH y temperatura) durante el proceso de conversión del músculo en carne (Zeola et al., 2002).

4.2.7.1. Temperatura y pH

En el Cuadro 90, se muestra la evolución de la temperatura, medida en cuatro momentos pos mortem, 1, 3, 24 y 48 horas. Esta variable se vio afectada por el sistema de alimentación cuando la medida fue tomada a las 3 horas, donde se obtuvieron diferencias muy significativas no solo en el T5. Las mayores temperaturas se registraron en aquellos tratamientos donde los animales presentaron mayor proporción de grasa subcutánea (Cuadro 84), lo cual produce un efecto aislante que provoca una menor tasa de descenso de la temperatura, coincidiendo con lo expresado por Purchas (1989). El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadros 143 y 144.

Cuadro 90. Evolución de temperatura (°C) del músculo *Longissimus lumborum* según tratamiento.

Maduración	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
1 hora	-	26.6	28.8	28.1	29.0	27.7	ns
3 horas	Ln	15.9 bc	16.9 ab	16.7 ab	18.8 a	14.2 c	**
24 horas	$^3\sqrt{\quad}$	0.4	0.5	0.4	0.6	0.7	ns
48 horas	Ln	2.5	2.4	2.5	2.5	2.7	ns

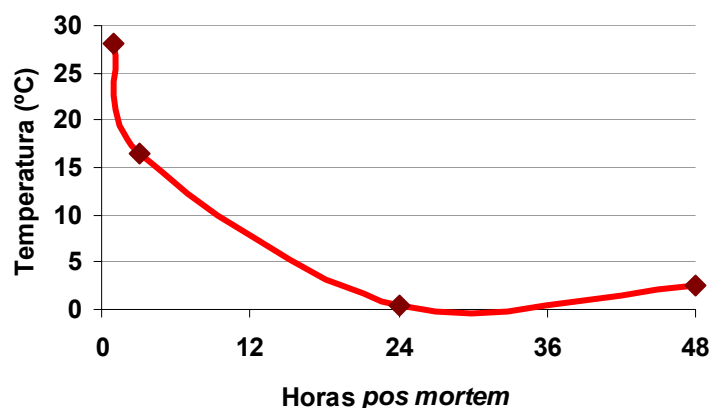
** = $P < 0.01$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado para cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $^3\sqrt{\quad}$ (raíz cúbica).

En la Figura 54, se presenta la evolución de la temperatura para el promedio de todos los tratamientos a partir de una hora de faenados los animales. Se puede observar que la temperatura baja drásticamente en las primeras 24 horas y luego muestra un pequeño ascenso (0.6 a 2.5 °C).

Figura 55. Evolución de la temperatura a partir del momento de faena (horas).



El pH fue evaluado en seis momentos diferentes del *pos mortem*, 1, 3, 24, 48, horas y 5 y 10 días de maduración, dónde no se detectan diferencias significativas entre sistemas de alimentación para ninguno de estos momentos (Cuadro 91). Sin embargo, existió una tendencia ($P=0.0676$) en contra del T5 cuando la medida fue tomada a las 3 horas. Esta tendencia se puede explicar por la diferencia hallada en la temperatura, en contra de dicho sistema de alimentación, a las 3 horas de faenados los animales, ya que según Geesink et al. (2000), a las 24 hs pos mortem, una menor temperatura de maduración está asociada a un mayor pH. El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadros 141 y 142.

Los resultados obtenidos concuerdan con los presentados por Zeola et al. (2002), quienes comparando tres niveles de concentrado en la dieta (30, 45 y 60%) no encontraron diferencias en la evolución del pH. Así mismo, la información también coincide con lo obtenido por Sierra et al., citados por Sañudo (2000), quienes encontraron que la dieta no influenció el pH *post* faena. Zeola et al. (2002), consideran que este parámetro está más influenciado por el nivel de glucógeno muscular, siendo la dieta o la naturaleza del alimento menos importante, ya que el glucógeno se transformará por el mecanismo de la glucólisis anaeróbica en ácido láctico siendo este el responsable del descenso del pH (Castro, 2002).

Cuadro 91. Evolución de pH del músculo *Longissimus lumborum* según tratamiento.

Maduración	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
1 hora	Ln	6.36	6.44	6.35	6.35	6.41	ns
3 horas	$\sqrt[3]{}$	6.28 ab	6.22 abc	6.20 bc	6.16 c	6.31 a	t
24 horas	-	5.97	5.95	5.92	5.92	5.91	ns
48 horas	$\sqrt[3]{}$	5.82	5.87	5.85	5.82	5.87	ns
5 días	Ln	5.53	5.55	5.53	5.57	5.52	ns
10 días	Ln	5.56	5.54	5.53	5.57	5.53	ns

t: tendencia ($P<0.1$) y ns = no significativo ($P>0.1$).

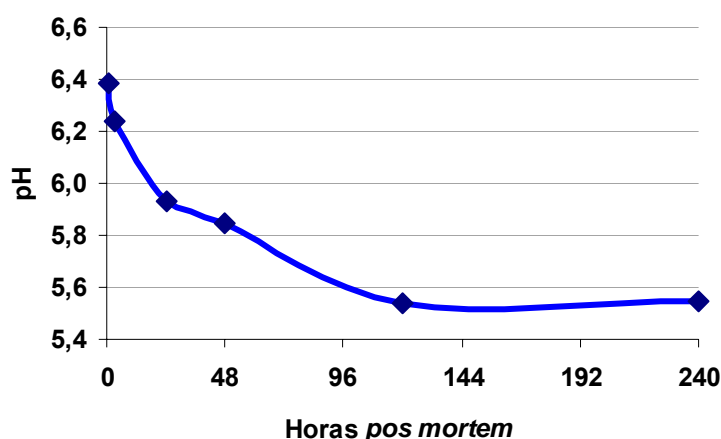
a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica).

De Barbieri et al. (2003), plantean que la carne que alcance valores de pH final cercanos a 5.5, generalmente será tierna, tendrá un buen color (rojo) y será sanitariamente aceptable para el consumo humano. Estos valores de pH se lograron para los períodos de maduración de 5 y 10 días. Sin embargo, si el pH se sitúa en un rango de 5.8 a 6.2, la carne tenderá a ser dura, oscura y de baja aceptación para el consumidor, situación en que se encontró la carne con 24 y 48 horas de maduración (Cuadro 91). Dichos autores en la Auditoria de la Cadena Cárnica Ovina, obtuvieron para corderos pesados, un pH promedio medido a las 24 horas *pos mortem* de 5.85. En el presente experimento los valores hallados fueron levemente superiores.

En la Figura 55, se presenta la evolución del pH para el promedio de todos los tratamientos a partir de 1 hora de faenados los animales y a las 3, 24, 48 horas, 5 y 10 días de maduración. Se puede observar que el pH disminuye hasta el día 5 (120 horas) para luego mantenerse constante. La velocidad de descenso del pH disminuye a las 48 horas, lo puede estar reflejando el aumento de temperatura registrado en ese mismo momento.

Figura 56. Evolución del pH a partir del momento de faena (horas).



Los valores de pH y temperatura logrados son similares a los obtenidos por Camesasca et al. (2002), quienes estudiaron dichas variables sobre canales de 24.6 y 22.8 kg, respectivamente (Figura 27). Con respecto a lo obtenido por Camesasca et al. (2002), se aprecia una mayor tasa de descenso de temperatura provocando una disminución en la tasa de descenso de pH de las canales. Dicho comportamiento se puede explicar debido al menor grado de engrasamiento de las canales que dichos autores estudiaron, en comparación a los del presente experimento (13.6 vs. 22 mm de GR).

4.2.7.2. Terneza

En el Cuadro 92, se observa que el sistema de alimentación no tuvo efecto sobre la fuerza de desgarramiento (terneza) en ninguno de los tres momentos en que fue evaluada. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Camesasca et al. (2002), Iglesias y Ramos (2003), quienes no hallaron efecto de diferentes tipos de alimentación sobre esta variable. Por otra parte, Lough et al. (1993), evaluando el efecto de la suplementación con aceite de palma, tampoco hallaron diferencias sobre la fuerza de corte. El contraste de medias se presenta en Anexos-Cuadros 139 y 140.

Cuadro 92. Evolución de la fuerza de desgarramiento del músculo *Longissimus lumborum* según períodos de maduración, para cada tratamiento.

Maduración (días)	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	1/Ln	4.14	3.10	3.19	3.56	4.17	ns
5	Ln	3.27	3.01	2.62	2.84	3.09	ns
10	Ln	2.99	2.69	2.40	2.77	2.59	ns
¹ PPC (%)	-	32.3 a	31.6 ab	30.8 b	31.8 ab	32.6 a	*

* = $P < 0.05$ y ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ¹PPC (pérdidas por cocción); N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y ³√ (raíz cúbica).

Los valores de fuerza de desgarramiento hallados a los 10 días de maduración fueron superiores a los encontrados por Camesasca et al. (2002), Iglesias y Ramos (2003), para igual período de maduración, quienes obtuvieron valores de 1.90 y 1.65 kg, respectivamente. Estas diferencias pueden estar explicadas por la diferencia de edad entre los animales al momento de la faena, ya que en general se asocia una menor ternera a una mayor edad (Bate-Smith, Hiner y Hankins, citados por Lawrie, 1998). Los autores anteriormente mencionados faenaron animales de 11 a 12 meses de edad, mientras que en el presente experimento los animales fueron faenados con aproximadamente 16 meses de edad.

A pesar de la edad de las corderas utilizadas en este experimento, los valores de ternera obtenidos, incluso con un período de maduración de 2 días, son inferiores a los exigidos por los mercados de Nueva Zelanda y Australia (Montossi et al., 2002a), 5 y 4.5 kgF, respectivamente. Esto puede estar asociado al elevado contenido de grasa intramuscular (Cuadro 96).

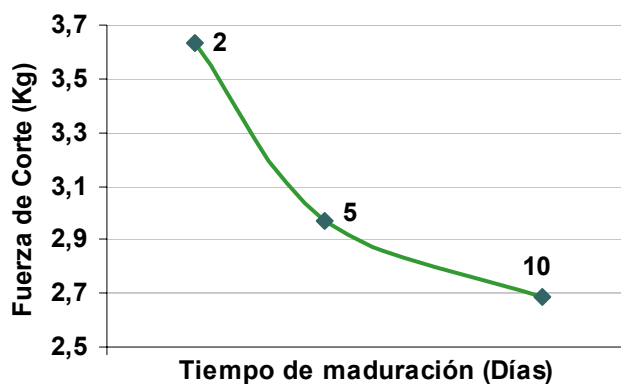
En el análisis de contrastes ortogonales (Anexo-Cuadros 139 y 140), al comparar la media de los tratamientos 2, 3 y 4 contra el T1 y T5, existe una tendencia en contra (valores mayores) del T1 ($P=0.0817$) y del T5 ($P=0.0539$), para el período de 2 días de maduración. La menor ternera para el T1 puede deberse a las bajas ganancias (11g de GMD) que presentaron estos animales en el período previo a la faena. Meat and Livestock Corporation (2003a) afirma que un menor nivel alimenticio de los animales en las últimas dos semanas, con ganancias inferiores a 50 gramos diarios, tienden a generar carnes más duras. La menor ternera presentada en los animales del T5 puede explicarse por un menor contenido de grasa intramuscular (Cuadro 96), basándose en que incrementos en el contenido de grasa intramuscular están asociados con mayores niveles de ternera (Enser, 2001).

Se obtuvieron diferencias significativas en la pérdida por cocción entre tratamientos y también en los contrastes de medias. Según Lawrence et al. (2001), mayores

contenidos de grasa intramuscular llevan a mayores pérdidas por cocción, concepto que no explicaría los resultados obtenidos.

El tiempo de maduración es un factor crítico para asegurar que al carne alcance la terniza adecuada (Meat and Livestock Corporation, 2003a). Esto se puede apreciar en la Figura 18, donde se presenta la evolución de la fuerza de desgarramiento para el promedio de todos los tratamientos, medida a los 2, 5 y 10 días de maduración. Como se puede observar, a medida que aumenta el período de maduración disminuye la fuerza de desgarramiento, o la carne es más tierna. Este comportamiento también se puede apreciar para cada tratamiento en el Cuadro 92. Estos resultados coinciden con los informados por Geesink et al. (2000), quienes encontraron que independientemente de la temperatura de maduración la carne siempre será más tierna a los 14 días de maduración con respecto al primer día.

Figura 57. Evolución de la fuerza de desgarramiento medida en el músculo *Longissimus lumborum*, para todos los animales.



4.2.7.3. Color

Los cambios de color responden al estado químico de la carne así como también al pH, la edad del animal (a mayor edad mayor concentración de mioglobina), sexo, proceso industrial, tipo de envasado, etc. Este carácter sensorial juega un papel importante en el criterio de aceptación o rechazo por parte del consumidor (Castro, 2002).

A continuación en los Cuadros 93 al 95, se presentan los resultados de los tres parámetros de color medidos sobre el músculo y sobre la grasa para los tres períodos de maduración evaluados 2, 5 y 10 días. No se hallaron diferencias significativas entre tratamientos para ningún parámetro estimado de color en ningún período de maduración,

tanto para el músculo como la grasa. Estos resultados concuerdan con Zeola et al. (2002), quienes comparando tres niveles de concentrado en la dieta (30, 45 y 60%) no observaron diferencias en ninguno de los parámetros de color de la carne. Así mismo, Lough et al. (1993), no lograron modificar el color de la grasa mediante la adición de aceite de palma en la dieta.

De todo maneras, se observó una tendencia (0.0886) a favor del T1 en el parámetro b* sobre la grasa con 5 días de maduración. Estas tendencias también se evidencian en el análisis de medias mediante contrastes ortogonales presentado en la sección Anexos-Cuadros 145 al 150.

Cuadro 93. Parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* y grasa de cobertura de corderos según tratamiento, con 2 días de maduración.

Parámetro	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	35.2	34.2	35.2	35.6	34.5	ns
a*músculo	Ln	16.6	15.9	16.6	16.7	15.7	ns
b*músculo	Ln	9.3	8.6	9.2	9.4	8.7	ns
L*grasa	-	67.4	72.7	70.2	73.2	69.7	ns
a*grasa	Ln	5.3	5.9	6.2	4.8	5.9	ns
b*grasa	Ln	10.9	11.8	10.8	9.8	10.7	ns

ns = no significativo (P>0.1).

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica). L*: (grado de luminosidad-brillo de 0 a 100), a*: (rango de colores del rojo al verde), b*: (rango de colores del amarillo al azul).

Cuadro 94. Parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* de corderos según tratamiento, con 5 días de maduración.

Parámetro	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	36.5	36.7	36.0	35.6	36.5	ns
a*músculo	Ln	15.5	16.8	16.9	15.7	17.0	ns
b*músculo	Ln	8.9	9.1	9.3	8.2	9.6	ns
L*grasa	Ln	66.4	69.3	67.3	68.7	67.2	ns
a*grasa	1/Ln	7.4	6.6	6.7	6.7	5.4	ns
b*grasa	$\sqrt[3]{}$	13.0 a	11.3 bc	11.6 abc	11.8 ab	10.2 c	t

t: tendencia (P<0.1); ns = no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica). L*: (grado de luminosidad-brillo de 0 a 100), a*: (rango de colores del rojo al verde), b*: (rango de colores del amarillo al azul).

Cuadro 95. Parámetros de color del músculo *Longissimus lumborum* de corderos según tratamiento, con 10 días de maduración.

Parámetro	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
L* músculo	1/Ln	36.4	36.0	36.3	37.2	35.8	ns
a* músculo	-	16.7	17.4	18.2	17.5	17.0	ns
b* músculo	$\sqrt[3]{}$	10.6	10.3	10.6	10.9	10.9	ns
L* grasa	-	63.0	66.8	66.3	66.2	65.3	ns
a* grasa	1/Ln	8.7	10.5	7.7	7.7	7.8	ns
b* grasa	-	13.4	13.2	11.9	12.4	11.9	ns

ns = no significativo ($P > 0.1$).

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica). L*: (grado de luminosidad-brillo de 0 a 100), a*: (rango de colores del rojo al verde), b*: (rango de colores del amarillo al azul).

De Barbieri et al. (2003), en la Auditoria de la Calidad de la Cadena Cárnica Ovina, sugieren que el color de la carne (músculo) sería aceptable por parte del consumidor si presentara valores de L* inferiores a 40, valores de a* entre 14 y 22 y valores de b* inferiores a 10. Dichas valores recomendados se presentan para todos los parámetros y para todos los períodos de maduración evaluados, a excepción del parámetro b* con 10 días de maduración.

En conclusión, se puede sostener que los sistemas de alimentación evaluados no afectaron sustancialmente la calidad de la carne, a la vez que generaron carnes con valores adecuados de pH, ternura y color permitiendo obtener carnes tiernas y de buen color.

4.2.7.4. Ácidos grasos

En este ítem se presentan los resultados del análisis del contenido de ácidos grasos a nivel de la grasa intramuscular. Cabe destacar que uno de los objetivos principales del presente experimento, era estudiar la influencia del sistema de alimentación en el valor nutritivo de la carne. Estudios previos sugieren que la composición de ácidos grasos de la carne de rumiantes puede estar influenciada por la dieta, teniendo consecuencias importantes en los atributos de calidad de la carne como por ejemplo el sabor (mayor determinante en la satisfacción al comer) y la salud humana (Wood et al., citados por Fisher et al., 2000).

Existen tres factores que son generalmente considerados cuando se juzga el valor nutritivo de los alimentos que contienen grasas: 1) contenido total de grasa, 2) relación PUFA:SFA, y 3) la relación $\Omega 6:\Omega 3$ (Enser et al. 1998, Santos-Silva et al. 2002, Cooper et al. 2004). El valor de estos indicadores encontrados en el presente experimento se presenta en los Cuadros 96 y 98. A su vez en el Cuadro 96, se presenta el contenido total de ácidos grasos saturados (SFA), citados como perjudiciales para la salud humana

(Keyo, citado por Realini et al., 2004). También se presenta el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), grupo sobre el cual existe un creciente interés, para ser incorporado en la dieta de los humanos debido a sus efectos benéficos para la salud (Keyo, citado por Realini et al., 2004).

No se observó un efecto del sistema de alimentación sobre el contenido total de grasa intramuscular. En este sentido, Wachira et al. (2002) no encontraron un efecto de la dieta, ni de la raza sobre esta variable, mientras si encontraron un efecto sobre la composición de ácidos grasos. Los valores hallados son superiores a los, citados por diferentes autores. Castro (2002), menciona que la carne contiene aproximadamente 3% de grasa intramuscular, mientras que Meat and Livestock Corporation (2003b), hallaron que en los bifes de corderos terminados con una condición corporal de 2 a 3 puntos, contienen 4-5%. Por otra parte, Wachira et al. (2002), identifican a valores que se ubican en un rango entre 2.6 y 3.7%. En el Cuadro 152, de la Sección Anexos, se puede observar que el contenido de grasa intramuscular del T5 fue significativamente menor que en los tratamientos pastoriles suplementados (T2, T3 y T4). Esto podría estar explicado por las menores ganancias diarias y grado de engrasamiento presentadas en el T5.

Para todos los casos el contenido total de grasa del tejido muscular fue superior a 5%; valor superior al cual se considera a un alimento bajo en grasas (Food Advisory Committee del Reino Unido, citado por Cooper et al., 2004).

Cuadro 96. Contenido de grasa intramuscular (% en peso), SFA (%), MUFA (%), PUFA (%) y contenido de humedad (%), del músculo *longissimus lumborum*, según tratamiento.

	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
Grasa Intramuscular (%)	1/Ln	6.86	6.51	6.97	6.62	5.75	ns
SFA (%)	Ln	45.92 a	44.51 ab	43.98 b	43.48 b	43.90 b	t
MUFA (%)	$^3\sqrt{\quad}$	46.19	47.50	47.50	47.47	46.49	ns
PUFA (%)	Ln	5.52	5.17	6.10	5.88	6.68	ns
Humedad (%)	-	70.2	70.9	69.9	70.3	71.4	ns

t: tendencia ($P < 0.1$); ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: MUFA = C16:1 + C18:1c + C18:1t; PUFA = C18:2c + C18:2t + C18:3 + CLA; SAT = C14 + C15 + C16 + C17 + C18 + C20 + C22; N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable); Ln: logaritmo neperiano, 1/Ln: inverso del logaritmo neperiano y $^3\sqrt{\quad}$: raíz cúbica, ns = no significativo ($P > 0.1$).

Existe una tendencia ($P = 0.0994$) de una mayor proporción de SFA del T1, la cual se explica por las diferencias muy significativas encontradas para la proporción de ácido esteárico a favor de dicho tratamiento (Cuadro 97). Esto concuerda con algunos autores que sostienen que la grasa que proviene de rumiantes alimentados con forrajes posee un mayor grado de saturación, principalmente debido a las altas proporciones de ácido

esteárico (Rowe et al., Bas y Morand-Fehr, Rhee et al., citados por Santos-Silva et al., 2002). Esta diferencia se mantiene cuando se compara la media del T1 y la media de los sistemas pastoriles suplementados (Anexo-Cuadro 151). Doreau y Ferlay, citados por Santos-Silva et al. (2002), sugieren que la menor proporción de SFA en aquellos animales que reciben mayor proporción de concentrados en la dieta, puede estar relacionado con la inhibición de la biohidrogenación en el rumen, frecuente en animales alimentados con concentrados. Bas y Morand-Fehr (2000) destacan que corderos alimentados sobre una dieta en base a concentrados presentaron un menor porcentaje de ácidos grasos saturados totales.

La importancia de la proporción de los MUFA en la carne se debe al efecto antitrombogénico que le es atribuido (Ulbricht y Southgate, citados por French et al., 2000). La suplementación con concentrados posee un pequeño efecto sobre el total de ácidos grasos cuando la disponibilidad de pasturas es alta, pero la suplementación con concentrados sobre pasturas con baja disponibilidad, disminuye el total de SFA e incrementa la proporción de MUFA (French et al., 2002). En el presente experimento, donde la disponibilidad de pastura durante la mayor parte del tiempo no fue limitante, no se halló un efecto sobre la proporción total de MUFA y el efecto sobre los SFA fue muy poco marcado. Estos resultados concuerdan con los reportados por Nürnberg et al. (1998), quienes no encontraron efecto del sistema de alimentación sobre el contenido total de SFA y PUFA.

Fisher et al. (2000), señalan que los animales alimentados con forrajes (pasturas o campo natural) tuvieron mayores concentraciones de ácido linolénico y PUFA de cadena larga, que aquellos alimentados con concentrados. Estos resultados difieren de los presentados en el Cuadro 97, donde no se hallaron diferencias significativas entre los sistemas de alimentación para esta variable; mientras que en los contrastes ortogonales (Anexo-Cuadro 152) se puede apreciar que la media de PUFA del T5 fue significativamente mayor que la media de los sistemas pastoriles suplementados.

Cuadro 97. Perfil de ácidos grasos (% de la grasa total) en el músculo *longissimus lumborum*, según tratamiento.

		T1	T2	T3	T4	T5	P
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Saturados (SFA)					
14:0	$\sqrt[3]{}$	1.60	1.53	1.70	1.70	1.72	ns
15:0	$\sqrt[3]{}$	0.91	0.85	0.91	1.11	1.08	ns
16:0	$\sqrt[3]{}$	24.18	23.45	23.93	23.99	23.30	ns
17:0	$\sqrt[3]{}$	1.06	1.09	1.06	1.09	1.08	ns
18:0	$\sqrt[3]{}$	17.06 a	16.69 a	15.32 ab	14.42 ab	15.28 b	**
20:0	-	0.64 b	0.71 b	0.84 ab	0.91 ab	1.23 a	**
22:0	-	0.41	0.40	0.35	0.37	0.36	ns
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA)					
16:1	$\sqrt[3]{}$	1.12 b	1.11 b	1.19 b	1.30 ab	1.42 a	*
18:1 <i>trans</i>	-	1.59 c	1.71 c	2.54 b	2.44 b	3.39 a	**
18:1 <i>cis</i>	Ln	43.47 a	44.65 a	43.76 a	43.72 a	41.61 b	t
18:1 Total	-	45.10	46.41	46.33	46.22	45.09	ns
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA)					
18:2 <i>cis</i>	Ln	3.05 b	3.14 b	3.66 ab	3.66 ab	4.44 a	**
18:2 <i>trans</i>	-	0.73 ab	0.60 b	0.93 ab	1.04 a	1.10 a	**
18:2 Total	Ln	3.75 b	3.75 b	4.61 ab	4.54 ab	5.54 a	**
18:3	$\sqrt[3]{}$	1.39 a	1.04 ab	0.95 b	0.81 b	0.53 c	**
Σ Principales		86.4 ab	86.6 a	85.7 ab	84.7 bc	83.8 c	*

** = P<0.01; * = P<0.05; t: tendencia (P<0.1) y ns = no significativo (P>0.1).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica); Principales (Σ 16:0, 18:0 y 18:1).

Los principales ácidos grasos que aparecen en la grasa intramuscular tanto para alimentaciones en base a pasturas como en base a concentrados son: el oleico, palmítico y esteárico, y suman aproximadamente el 85% del total de ácidos grasos. Esta información concuerda con la obtenida por Realini et al. (2004).

Al igual que French et al. (2000), Wachira et al. (2000), no se registraron efectos del sistema de alimentación sobre el contenido de (C14:0). French et al. (2000), Wachira et al. (2000), Velasco et al. (2001), Aurousseau et al. (2004), Realini et al. (2004), encontraron que el ácido palmítico (C16:0) era mayor en el músculo de los animales cuando eran alimentados con concentrado o cuando se aumentaba la proporción de éste ácido graso en la dieta con respecto a aquellos alimentados en base a pasturas. Bas y Morand-Fehr (2000), hallaron menores contenidos del ácido margárico (C17:0) en la carne de animales bajo sistemas pastoriles que en aquellos que consumían concentrados, mientras que en el presente experimento, al igual que French et al. (2000), no se halló efecto del sistema de alimentación sobre este ácido graso.

Dentro de los SFA, el sistema de alimentación tuvo un efecto muy significativo sobre la proporción de ácido C18:0 (esteárico) y de C20:0. La concentración de C18:0 fue menor cuando mayor fue la inclusión de concentrado en la dieta, concordando con los resultados obtenidos por Bas y Morand-Fehr (2000), Realini et al. (2004). Sin embargo, French et al. (2000) no encontraron efecto de la proporción de concentrado en la dieta sobre el ácido esteárico. Al contrastar la media del T1 y la media de los sistemas pastoriles suplementados (Anexo-Cuadro 153) se mantienen las diferencias a favor del T1. El contraste de medias de la concentración de C20:0. Se presentaron diferencias muy significativas siendo mayor la concentración cuando mayor es la proporción de concentrado en la dieta (Cuadro 97).

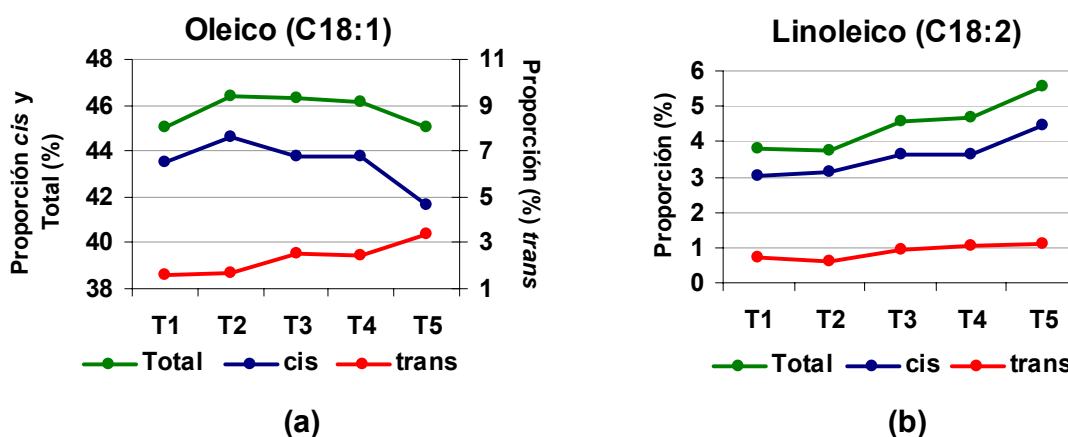
El ácido palmitoleico (C16:1) presentó diferencias significativas a favor de T5 y T4 y concuerda con lo obtenido por Realini et al. (2004) quienes encontraron un mayor contenido de este ácido graso en animales alimentados con concentrados en comparación con aquellos que permanecían en pasturas. Cuando la proporción de alfalfa en la dieta aumenta, el porcentaje de palmitoleico (C16:1) en los tejidos generalmente disminuye (Bas y Morand-Fehr, 2000). La media del T5 fue significativamente mayor que la media de los sistemas pastoriles suplementados (Anexo-Cuadro 154).

El contenido total de ácido oleico (C18:1) no mostró diferencias significativas, mientras que el isómero *cis*, que es el que mayor aporte realiza al total, presentó una tendencia ($P=0.0546$) en contra del T5, tendencia que se manifiesta como diferencia muy significativa cuando este tratamiento se compara con la media de los sistemas pastoriles suplementados (Anexo-Cuadro 154). Mientras que el isómero *trans*, denominado ácido *trans*-vaccénico, precursor del CLA, mostró diferencias muy significativas entre los sistemas de alimentación, siendo mayor su concentración cuanto mayor es el contenido de concentrado en la dieta. Este comportamiento se mantiene al contrastar la media de los T1 y T5 contra la media de los sistemas pastoriles suplementados. Los resultados obtenidos contrastan con lo informado por varios autores, quienes afirman que la concentración de oleico en la carne aumenta a medida que aumenta la inclusión de concentrados en la dieta (Bas y Morand-Fehr 2000, Realini et al. 2004). No obstante, French et al. (2000), relata que estos tampoco encontraron un efecto de la proporción de concentrado en la dieta sobre este ácido graso. Como se observa en la Figura 57 a, a medida que aumentó la inclusión de concentrado en la dieta, también aumentó la concentración del isómero *trans* y disminuyó la del isómero *cis*, de este modo, se genera un total que no presenta diferencias significativas entre tratamientos.

La concentración total de ácido linoleico (C18:2), y la de cada uno de sus isómeros, presentaron diferencias muy significativas, siendo mayor la concentración cuanto mayor fue la inclusión de concentrado en la dieta (Figura 57 b). Estos resultados concuerdan con los reportados por varios autores (Nürnberg et al. 1998, Bas y Morand-Fehr 2000, Santos-Silva et al. 2002). Bas y Morand-Fehr (2000), Santos-Silva et al. (2002), explican que la inclusión de maíz en la dieta resulta en un incremento del contenido de ácido

linoleico y de ácidos grasos de 18 carbonos en los depósitos grasos, muy posiblemente debido al alto contenido de ácido linoleico en el maíz. En la sección Anexos-Cuadro 154, se puede apreciar que para el total y para el isómero *cis* la concentración en el T5 fue menor de forma muy significativa con respecto a la media de los sistemas pastoriles suplementados, mientras que para el isómero *trans* existió una tendencia a favor del T5. Los mayores contenidos totales de ácido linoleico en aquellos animales alimentados con mayor proporción de concentrado, se explica por la mayor concentración de este ácido graso en los alimentos concentrado con respecto al de las pasturas (36% vs.12% respectivamente), del total de ácidos grasos aproximada y respectivamente (Aurousseau et al., 2004), siendo el isómero *cis* es el que realiza mayor aporte contenido total de este ácido graso.

Figura 58. Proporción de ácido Oleico, Linoleico y sus isómeros (*cis* y *trans*), en el músculo *longissimus lumborum* según tratamiento.



Nota: Oleico trans = trans vaccénico

La concentración de ácido linolénico (C18:3) fue menor cuanto mayor fue la inclusión de concentrado en la dieta, concordando con lo observado por Bas y Morand-Fehr (2000), Realini et al. (2004). Nürnberg et al. (1998), comparando animales que estuvieron siempre sobre pastura con animales que pasaron parte de su vida sobre pasturas y fueron terminados en sistemas de estabulación en base de concentrados, hallaron que la concentración de linolénico en los primeros fue mayor. Santos-Silva et al. (2002) hallaron que corderos criados sobre pasturas mostraron proporciones tres veces superiores de ácido linolénico que corderos criados bajo dietas a base de concentrados. En el presente experimento, los animales alimentados exclusivamente con pastura mostraron proporciones dos veces y media superiores a aquellos animales en confinamiento (T5). Esto se explica por la elevada concentración de este ácido graso en las pasturas respecto de los concentrados, 60% vs.4% del total de ácidos grasos, aproximadamente (Aurousseau et al., 2004). Según Morand-Fehr y Tran (2001), el

contenido de ácido linolénico en las pasturas generalmente es superior a 50% de los lípidos totales. Sin embargo, French et al. (2000) no encontraron efecto de la proporción de concentrado en la dieta sobre este ácido graso.

Bas y Morand-Fehr (2000), encontraron que el contenido de ácidos grasos $\Omega 3$ de animales alimentados sobre pasturas duplicó al contenido encontrado en animales alimentados en base a fardo y concentrados. Nürnberg et al. (1998), destacan que el contenido de ácidos grasos $\Omega 3$ en la carne de corderos terminados sobre pastura puede ser hasta 175% superior en comparación con sistemas de terminación estabulados con dietas en base a concentrados.

En el Cuadro 98, se presenta la relación entre PUFA y SFA, ácidos grasos $\Omega 6$ y $\Omega 3$, la concentración de ácidos grasos con isomería *trans* y de CLA. Las cuatro variables son indicadores de la calidad nutritiva de la carne, y mediante éstos se caracteriza su potencial efecto sobre la salud humana.

Cuadro 98. Relaciones entre grupos de ácidos grasos, contenido de CLA y de ácidos grasos con isomería *trans* en el músculo *longissimus lumborum*, según tratamiento.

	N	T1	T2	T3	T4	T5	P
PUFA:SFA	-	0.124 b	0.119 b	0.141 ab	0.140 ab	0.156 a	t
$\Omega 6:\Omega 3$	-	2.75 c	3.70 c	4.97 bc	5.95 b	10.75 a	**
Trans (%)	$\sqrt[3]{}$	2.25 c	2.26 c	3.44 ab	3.33 b	4.40 a	**
CLA (%)	$\sqrt[3]{}$	0.38 b	0.39 b	0.55 ab	0.51 ab	0.62 a	**

t: tendencia ($P < 0.1$); ns = no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

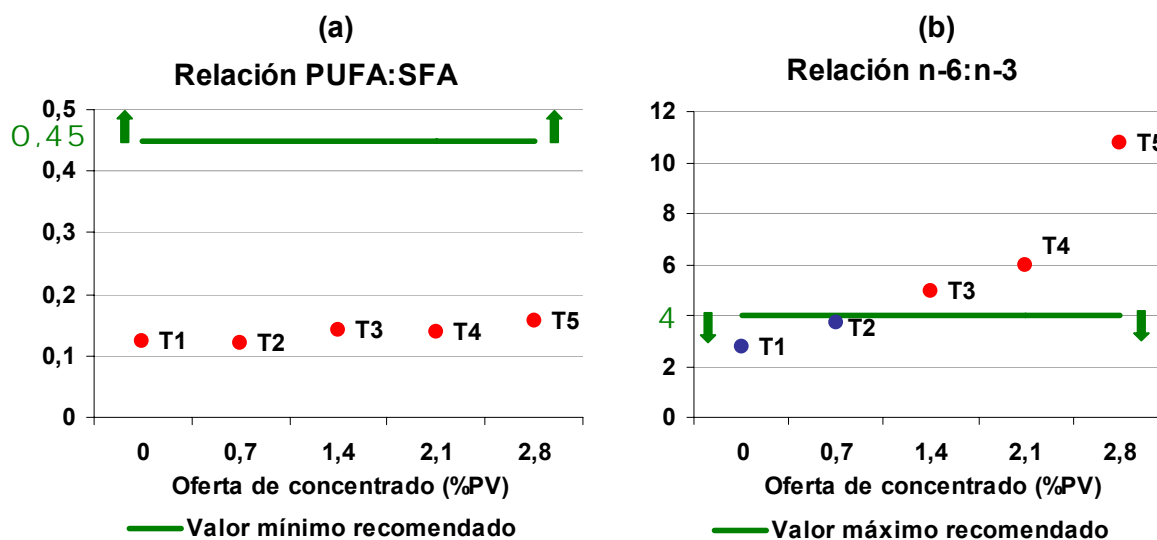
Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica); Principales ($\Sigma 16:0$, $18:0$ y $18:1$); $\Omega 6:\Omega 3$ ($18:2/18:3$).

No se hallaron diferencias entre los sistemas de alimentación para la relación PUFA:SFA. Sin embargo, existe una tendencia ($P = 0.0886$) a favor del T5, resultado que concuerda con lo obtenido por Raes et al., Ponnampalam et al., Smet et al., citados por Raes et al. (2004), explican estos resultados a que dicha relación está principalmente influenciada por la genética, en particular por el nivel total de grasa del animal (engrasamiento) y no tanto por la nutrición, debido a la biohidrogenación que sufren los ácidos grasos en el rumen. Sin embargo, French et al. (2000), observaron que en el músculo *Longissimus lumborum* de novillos, a medida que decrecía el consumo de concentrado aumentaba la relación PUFA:SFA, la cual presentó diferencias muy significativas debido al efecto de la dieta. De todos modos, los valores obtenidos están muy por debajo de los recomendados por el Departamento de Salud del Reino Unido, citado por Enser et al. (1998), para la dieta de humanos (Figura 58 a).

Cooper et al. (2004), comprobaron que el contenido de ácidos graso $\Omega 3$ y la relación PUFA:SFA puede ser manipulada a través de la dieta. Cuando ofrecían estos

ácidos grasos protegidos de la hidrogenación a nivel del rumen, observaron un efecto de las diferentes dietas sobre todos los ácidos grasos evaluados individualmente, y el contenido total de PUFA. Sin embargo, no hallaron diferencias en el contenido total de SFA y MUFA.

Figura 59. Valor nutritivo de la carne obtenido para cada tratamiento en relación al valor recomendado.



Nota: Las flechas señalan hacia donde se ubican los umbrales recomendados; ●= valores que se ubican por fuera del rango recomendado; ●= valores que se ubican dentro del rango recomendado.

Fuente: Valores recomendados, citados por (a) Enser et al. (1998) y (b) Aurousseau et al. (2004).

En el Cuadro 98, se presentan los valores estimados de la relación $\Omega 6:\Omega 3$, la cual se calculó como el cociente entre la proporción de ácido linoleico (C18:2) y el ácido linolénico (C18:3). Se utilizaron dichos ácidos grasos, ya que el C18:2 representa los ácidos grasos de la serie $\Omega 6$ y el C18:3 representa los ácidos grasos de la serie $\Omega 3$. A su vez, estos ácidos grasos fueron los únicos poliinsaturados que se analizaron y son precursores de dichas series (Santos-Silva et al., 2002).

La relación $\Omega 6:\Omega 3$ mostró diferencias muy significativas por el efecto del sistema de alimentación. La relación aumentó a medida que aumentó la proporción de suplemento en la dieta. Dichos resultados coinciden con los obtenidos por Nürnberg et al. (1998), Sañudo et al. (2000), Raes et al. (2004), quienes reportan que el porcentaje de ácidos grasos $\Omega 3$, fue mayor en el músculo de los animales que consumieron pastura, a expensas de una disminución en los ácidos grasos $\Omega 6$, explicado por el contenido de estos en la dieta.

Según Gibney, citado por Aourousseau et al. (2004), la relación $\Omega 6:\Omega 3$ es muy elevada en los lípidos intramusculares de los rumiantes, siendo inadecuada para alcanzar el equilibrio requerido en la dieta para los humanos. Sin embargo, en el presente experimento y para los T1 y T2, se encontraron valores de dicha relación menores a 4, adecuados según lo recomendado por el Departamento de Salud del Reino Unido, citado por Enser et al. (1998) (Figura 58 b). El T5 (confinamiento) presentó valores que duplican desfavorablemente el valor recomendado por el organismo inglés mencionado. Los valores obtenidos concuerdan con varios autores, citados por Raes et al. (2004), quienes obtuvieron valores menores a 2 en rumiantes que pasaron la fase final de engorde sobre pasturas, mientras que en aquellos animales terminados con concentrados, los valores oscilan entre un rango de 6 a 10.

En el Cuadro 97, se puede apreciar que a medida que disminuye la proporción de concentrado en la dieta, se observa un incremento en el contenido de ácidos grasos $\Omega 3$ (C18:3) acompañado por una disminución en la deposición de ácidos grasos $\Omega 6$ (C18:2), esta tendencia resulta en una relación $\Omega 6:\Omega 3$ más favorable. Estos resultados que coinciden con los hallados por Mitchel et al., Enser et al., Nürnberg et al., Bas y Morand-Fehr, Sañudo et al., Kemp et al., Larick et al., citados por Fisher et al., Aourousseau y Vogneron, Nürnberg et al., citados por Nürnberg et al. (1998), Santos-Silva et al., Rowe et al., citados por Aourousseau et al. (2004), Raes et al. (2004). Todos ellos destacan que animales bajo dietas en base a pastura presentaron mayores concentraciones de PUFA de la serie $\Omega 3$ en los diferentes tejidos del cuerpo, mientras que dietas basadas en concentrados tuvieron una mayor proporción de PUFA de la serie $\Omega 6$. Mitchel et al. (1991), Enser et al. (1998), Raes et al. (2004), afirman que estas diferencias son consecuencia de la composición en ácidos grasos de la dieta.

Otra forma de clasificar los ácidos grasos es por la configuración espacial de los átomos sustituyentes de los dobles enlaces. De este modo, se genera un grupo de ácidos grasos llamados *trans*, su contenido en los alimentos es relevante puesto que varios investigaciones indican que el consumo de estos tiene efectos hipercolesterolémicos (Santos et al., 2002). Por lo cual, se recomienda restringir su consumo a menos de 5 gramos por día (MLA, 2001) o 5-6 gramos diarios (Garrido, 2004). En el presente experimento se presentaron diferencias muy significativas para esta variable, siendo mayor el contenido cuando mayor era la proporción de concentrado en la dieta (Cuadro 98). Para consumir 5 gramos de ácidos grasos *trans*, se debe ingerir 2768 gramos de carne fresca de los animales del T5, o 4615 gramos la carne de los animales del T1. De este modo, se muestra que se debe consumir 67% más de carne de animales alimentados a pasturas que de aquellos alimentados con concentrados, para poder llegar a consumir una cantidad perjudicial de estos ácidos grasos. A su vez, se evidencia que estas cantidades de carne ovina son superiores a lo que una persona habitualmente puede consumir en un día.

El contenido intramuscular de CLA en la carne de corderos y novillos varía entre 0.2 y 1.0 % del total de ácidos grasos. Dicho porcentaje puede aumentar si se incrementan los contenidos de CLA en la dieta (Raes et al., 2004). En el Cuadro 98, se puede apreciar que los valores obtenidos se encuentran dentro de este rango, presentando diferencias muy significativas entre tratamientos y siendo mayor a medida que incrementó el nivel de concentrado en la dieta. Por lo tanto, coincide con lo que sostiene Santos-Silva et al. (2002), en relación a que las proporciones de CLA presente en la grasa intramuscular dependen del sistema de alimentación. Los contrastes de medias para las variables presentadas en el Cuadro 98 se presentan en Anexos-Cuadros 155 y 156.

Varios autores sostienen que la concentración de CLA es mayor en corderos criados sobre pastura con respecto a los animales alimentados con concentrados (Santos-Silva et al. 2002, Aurousseau et al. 2004). También son mayores las proporciones de uno de los precursores del CLA, el isómero *trans* del ácido oleico (ácido *trans*-vaccénico) (Santos-Silva et al., 2002). Por lo tanto, el CLA puede provenir del alimento, o del ácido *trans*-vaccénico mediante la acción de la enzima Δ^9 desaturasa (Barber et al., citados por Priolo et al., 2004).

Aurousseau et al. (2004), descubrieron que en los animales alimentados con pasturas, la concentración de CLA fue el doble y la del ácido *trans*-vaccénico 1.8 veces superior, que en aquellos animales que recibían concentrados. Esta relación entre la concentración de ácido *trans*-vaccénico y oleico se observa en los resultados presentados en los Cuadros 97 y 98, donde se puede apreciar que aquellos tratamientos que presentaron mayor proporción de ácido *trans*-vaccénico también presentaron mayor proporción de CLA.

En el presente experimento los resultados obtenidos fueron inversos a los, citados. Esto puede ser explicado por la composición de la dieta que recibieron los animales. Según Morand-Fehr et al. (2001), el maíz y los subproductos de su molienda, poseen una proporción muy elevada de ácido linoleico, más de 50% de los ácidos grasos totales. En tanto, Byers y Schelling (1993), citan valores de 39% de ácido oleico para el grano de maíz en comparación con un 3% que tendrían las pasturas.

A partir del Cuadro 98, se puede concluir que la carne de los animales engordados bajo sistemas pastoriles presentaron valores más adecuados para los indicadores estimados, con respecto a aquellos animales que recibieron concentrados en su dieta, a excepción del contenido de CLA.

5. CONCLUSIONES

El sistema de alimentación (pastoril, pastoril con grados crecientes de suplemento y encierro a corral) afectó la performance de los corderos, básicamente en términos de velocidad de crecimiento, la calidad de la canal y la carne. Esta última fue únicamente afectada en términos del perfil de los ácidos grasos presentes en la grasa intramuscular de la carne generada por los diferentes tratamientos.

Para obtener buenos resultados productivos en los sistemas de confinamiento, es necesario realizar un adecuado proceso de acostumbramiento de los animales al consumo de suplemento. Los animales del sistema de confinamiento presentaron menores niveles de consumo aparente de materia seca total para todos los ciclos, diferencias que se reflejan en la menor performance de estos animales con respecto a los demás tratamientos.

El sistema de alimentación afectó el tiempo dedicado a las diferentes actividades comportamentales. Cuanto mayor fue la proporción de suplemento en la dieta, menor fue el tiempo dedicado al pastoreo, mayor al descanso y menor el consumo aparente de forraje, y mayor de suplemento. Esto estaría explicado por el efecto de la mayor concentración de nutrientes en la dieta de los tratamientos suplementados. La eficiencia de conversión del total de materia seca consumida descendió ante incrementos en la oferta de suplemento en la dieta.

El peso vivo alcanzado al final del experimento fue afectado por el sistema de alimentación, diferencias que se vieron reflejadas en los pesos de canal caliente y fría. El 98% de las canales se ubicó en el rango de peso que permite obtener los mayores valores que remunera actualmente la industria. El sistema de confinamiento presentó siempre menores pesos mientras los restantes tratamientos (pastoril y pastoril más grados crecientes de suplemento), pero estos últimos no se diferenciaron entre sí. Las ganancias de peso vivo del total del período experimental no fueron afectadas por el sistema de alimentación, mientras que aparecen diferencias muy significativas ($P < 0.01$) cuando se elimina del análisis el período de acostumbramiento a la alimentación. El rendimiento carnicero y la merma por frío fueron afectados, siendo menor el primero y mayor el segundo, cuando más livianos fueron los animales. En la condición corporal se hallaron diferencias significativas en contra del tratamiento pastoril.

La producción individual de lana, así como el crecimiento y los atributos de calidad de ésta no se vieron afectados por el sistema de alimentación. Tampoco las características de la canal, AOB y profundidad de grasa estimadas *in vivo* o *pos mortem*; ni los atributos de calidad de la carne (terneza y color, y color de la grasa), independiente del período de maduración considerado.

Los cortes de valor para la industria, como el peso del *frenched rack* fue afectado por el sistema de alimentación mientras que no fue así para el caso de la pierna con garrón y sin hueso. La composición tisular y la proporción de vísceras rojas y verdes no difirieron entre los sistemas de alimentación impuestos.

El sistema de alimentación no tuvo efecto sobre el contenido total de grasa intramuscular, SFA, MUFA y PUFA medido sobre el músculo *longissimus lumborum*. ubicándose el contenido total de grasa intramuscular en todos los animales, por encima de un umbral donde los alimentos son adecuados para integrar una dieta saludable.

La proporción individual de todos los ácidos grasos estudiados de 18 carbonos se vio afectada por el sistema de alimentación. El ácido esteárico, oleico *trans* (*trans vaccenico*) y linolénico aumentaron a medida que se incrementaba la proporción de concentrado en la dieta, mientras que el comportamiento fue el inverso para el ácido oleico *cis*, ambos isómeros del ácido linoleico y el ácido palmitoleico.

La relación PUFA:SFA no se vio afectada por el tratamiento y fue inferior a la deseada. La relación $\Omega 6:\Omega 3$ y el contenido total de ácidos grasos con isometría *trans* se vio afectado por el sistema de alimentación, aumentando ante incrementos en el nivel de concentrado en la dieta. En la carne de los animales del sistema pastoril y del sistema con menor nivel de suplementación, la relación $\Omega 6:\Omega 3$ se ubicó dentro de niveles aceptables para la salud humana, mientras que el contenido de ácidos grasos *trans* no alcanzó niveles perjudiciales para la salud humana en ningún sistema. El contenido de CLA en la carne aumentó a medida que se incrementaba el contenido de suplemento.

La carne de los animales engordados bajo sistemas pastoriles presentó valores más adecuados de concentración y de relación de ácidos grasos con respecto a su potencial influencia en la salud humana, en relación a aquellos animales que recibieron concentrados en su dieta, a excepción del contenido de CLA.

Los resultados experimentales alcanzados demuestran la posibilidad de obtener una buena performance animal con corderas de 11 a 13 meses de edad de biotipos cruce (razas carniceras x Corriedale), en períodos cortos (4 a 6 semanas), con niveles de suplementación menores al 1.4% del pesos vivo, y carne de buena calidad, tierna, de buen color y saludable, durante el período estival sobre una pastura de 4^{to} año dominada por *Trifolium repens* cv. Zapicán para la región de Basalto.

6. RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar distintos sistemas de alimentación para las condiciones agroecológicas del Basalto, que involucraron proporciones variables de forraje y grano en la dieta, para la producción de carne ovina de calidad, considerando los efectos potenciales de esta sobre la salud humana. Dicho experimento fue realizado durante el período estival, sobre una pastura cultivada dominada por *Trifolium repens* de 4^{to} año, en la Unidad Experimental “Glencoe” (INIA Tacuarembó), entre el 24 de octubre del 2003 y el 5 de febrero del 2004 (104 días). Se utilizaron 52 corderas cruce Corriedale (33 x Île de France y 19 x Texel), de 13 meses de edad promedio al inicio del ensayo. Estos tenían un peso vivo lleno inicial (PV) de 32.7 ± 3.4 kg y 3.5 ± 0.5 unidades de condición corporal (CC). El diseño experimental utilizado fue de parcelas al azar, donde se evaluaron el efecto de 5 tratamientos, sistema de alimentación pastoril (T1), tres niveles de suplementación (0.7 (T2), 1.4 (T3) y 2.1 % (T4) del PV) y sistema de confinamiento (T5). Las variables estudiadas fueron: a) en la pastura (pre y post pastoreo); disponibilidad (materia seca -MS-, material verde -MV- y hoja verde de especies introducidas -HV-), altura del forraje medida con regla graduada, composición botánica, valor nutritivo (proteína cruda, fibra detergente ácida, neutra, y digestibilidad de la materia seca); b) valor nutritivo del suplemento y del fardo, consumo de suplemento, forraje y agua; c) en los animales; peso vivo lleno (PVLL), vacío (PVV), condición corporal (CC), conducta animal (tiempo dedicado al pastoreo (P), rumia (R), descanso (O), consumo de suplemento (S), de agua (A) y tasa de bocado (TB), crecimiento y calidad de lana (diámetro de la fibra, coeficiente de variación, largo de mecha, rendimiento al lavado, luminosidad y amarillamiento), área de ojo de bife (AOB) y cobertura de grasa (Punto C) por medio de ultrasonografía; d) en las canales, clasificación y tipificación, peso de la canal caliente (PCc) y fría (PCf), cobertura de grasa (GR), área de ojo de bife con cuadrícula (AOBc) peso de pierna sin hueso (PSH), peso de *Frenched Rack* (FR) y composición tisular mediante disección de paleta (músculo, grasa subcutánea e intermuscular, hueso y tejido conectivo); e) peso de los componentes no canal; vísceras verdes y vísceras rojas; f) en la carne, temperatura (1, 3, 24 y 48 hs), pH (1, 3, 24 y 48 hs, 5 y 10 días), color y terneza del músculo *Longissimus lumborum* (2, 5 y 10 días), color de la grasa (2, 5 y 10 días), contenido de grasa intermuscular y perfil de ácidos grasos (SFA (14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0 y 22:0), MUFA (16:1 y 18:1), PUFA (18:2 y 18:3) y CLA). El sistema de alimentación no afectó ninguna de las variables medidas en el forraje ofrecido ni en el remanente. En cambio, la diferencia en el contenido de proteína cruda (PC) del forraje disponible con respecto al remanente se vio afectada por el sistema de alimentación ($P < 0.01$). El sistema de alimentación afectó ($P < 0.01$) el tiempo dedicado a todas las actividades comportamentales evaluadas. El A, P y R fueron menores cuanto mayor fue el nivel de suplementación y para las actividades O, S y TB el comportamiento fue inverso. Se presentó un efecto del sistema de alimentación sobre el consumo diario ponderado de materia seca de todo el período experimental ($P < 0.01$). Esta tendencia se observó también en el consumo de PC y MSD ($P < 0.01$). Este efecto se ve reflejado en todas las

variables de performance que fueron evaluadas: PVLL final ($P < 0.01$); GMD ($P = 0.0634$); PVV final ($P < 0.01$); GMD de PVV ($P < 0.01$), CC ($P < 0.05$). La eficiencia de conversión del total de la materia seca ofrecida también fue afectada ($P < 0.01$). Las mediciones realizadas en la canal que no fueron afectadas por el sistema de alimentación fueron AOBc, AOBu, PC y GR, mientras que el PCC ($P < 0.01$), rendimiento ($P < 0.01$) y PCf ($P < 0.01$) fueron afectadas. El sistema de alimentación no incidió sobre la PSH, aparecen efectos ($P < 0.01$) cuando este fue ajustado por PCf. Con el peso de FR ocurrió lo inverso este mostró diferencias iniciales que desaparecieron al ajustar los pesos por PCF. La producción y calidad de lana no fue afectada por el sistema de alimentación. En cuanto a la composición tisular sólo se observó un efecto del sistema de alimentación sobre la cantidad de grasa intermuscular ($P = 0.0976$), dicha tendencia desaparece cuando el peso de dichas fracciones fue ajustado por peso de paleta; mientras que cuando se evalúa como porcentaje del peso de la paleta aparecen diferencias para músculo ($P < 0.05$) y grasa subcutánea ($P < 0.05$). En cuanto a los componentes viscerales, el sistema de alimentación estudiado sólo influyó en el peso de la grasa cavitaria ($P < 0.05$) y del hígado ($P = 0.0837$) así como en la proporción del peso del intestino ($P < 0.05$). El pH ($P = 0.0676$) y la temperatura ($P < 0.01$) sólo fueron afectados cuando se midieron a las 3 hs. En ninguno de los periodos de maduración evaluados los parámetros de calidad de carne (terneza, color de carne y grasa) fueron afectados por el sistema de alimentación. La proporción total de los PUFA, MUFA y el contenido total de grasa intramuscular no se vieron afectados por el sistema de alimentación, mientras que el porcentaje de SFA mostró una tendencia ($P = 0.0994$). Sin embargo, los ácidos grasos de forma individual fueron afectados por el sistema de alimentación. Dentro de los SFA, se encontró un efecto en el contenido de 18:0 ($P < 0.01$) y 20:0 ($P < 0.01$). Dentro de los MUFA, se vieron afectados el 16:1 ($P < 0.05$), 18:1 *trans* ($P < 0.01$), 18:1 *cis* ($P = 0.0546$), mientras que el total de 18:1 no se vio afectado para los T1 al T5 respectivamente. Dentro de los PUFA, los ácidos grasos afectados fueron 18:2 *cis* ($P < 0.01$), 18:2 *trans* ($P < 0.01$), 18:2 total ($P < 0.01$), 18:3 ($P < 0.01$). En general, se puede concluir que a medida que se incrementó el porcentaje de forraje en la dieta se presentaron valores más adecuados de relación PUFA/SFA y de n-6:n-3, con la excepción del aumento de CLA.

Palabras clave: Corderos; Engorde; Estival; Calidad de carne; Ácidos grasos, Valor nutritivo.

7. SUMMARY

The main objective of the present study was to evaluate different feeding systems for the agroecologic conditions of Basaltic region, that involved variable proportions of forage and grain in the diet, for quality lamb meat production, considering the potential effects of meat on human health. The trial was carried out during the summer season, over a four year improved pasture dominated by *Trifolium repens*, at “Glencoe” Research Unit of INIA Tacuarembó, for a period of 104 days (November 24th 2003– February 5th 2004), using 52 female lambs (33 Corriedale x Île de France and 19 Corriedale x Texel), born between August and September 2002. At the beginning the lambs had 13 month age, with an average liveweight (LW) of 32.7 ± 3.4 kg and a body condition score (CS) of 3.5 ± 0.5 . The experimental design applied was a complete randomized plot, evaluating the effect of five different feeding systems (grazing system (T1), three levels of supplementation (0.7 (T2), 1.4 (T3) y 2.1 (T4) as a percentage of body weight) and feedlot system (T5). The variables measured were: a) On pasture (pre and post grazing): herbage mass (dry matter -DM-, green matter -GM- and green leaf -GL-), sward height (ruler -H-), botanical composition, nutritive value (crude protein, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and dry matter digestibility (DMD)). b) Supplement and hay nutritive value; supplement, forage and water intakes. c) On live animals: full and fasted liveweight (FuLW and FaLW), body condition score (CS), grazing behavior (time dedicated to: grazing (G), ruminating (R), resting (Rt), drinking water (W), eating supplement (S); biting rate (BT)), growth and quality of wool production (fiber diameter and its variation coefficient, fiber length, clean fleece weight, brightness and yellowness), rib-eye area (REAu) and fat cover with ultrasound. d) On carcasses: classification and grading, hot and cold carcass weight (HCW and CCW, respectively), fat thickness (TF), grid rib-eye area (REAc), boneless leg weight (BL), Frenched Rack weight (FR); tissue composition through foreleg dissection (muscle, subcutaneous and intermuscular fat, bone and connective tissue). e) Visceral components, green viscera (oesophagus, rumen reticulum, omasum, abomasum, intestine, associated fat and rectum) and red viscera (hearth, lungs, liver, kidneys, trachea, spleen and associated fat). f) On meat: temperature (1, 3, 24 y 48 hs), pH (1, 3, 24 y 48 hs, 5 and 10 days), meat and fat color and tenderness of *Longissimus dorsi* muscle (2, 5 and 10 days), intramuscular fat and fatty acid profile (SFA (14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0 y 22:0), MUFA (16:1 y 18:1), PUFA (18:2 y 18:3) y CLA). Feeding system did not affect ($P>0.1$) any variables measured in pre and post grazing herbage. Even though, the difference in herbage crude protein content (pre grazing compared to post grazing) was affected by feeding system (0.86, 6.27, 2.97, 11.21%, for treatments T1, T2, T3 and T4 respectively; $P<0.01$). Feeding system affect ($P<0.01$) the time dedicated to any activity related to grazing behavior (W, G and R increased with de supplementation level, while Rt, S and BT decreased). Daily dry matter intake was affected by the feeding system ($P<0.01$). The same tendency was observed in the CP intake ($P<0.01$) and DMD ($P<0.01$). This effect was also observed in all animal performance variables under study: final FuLW ($P<0.01$); ADG ($P=0.0634$); final FaLW

($P < 0.01$); ADG at FaLW ($P < 0.01$), CS ($P < 0.05$). Conversion's efficiency of total dry matter offered was affected ($P < 0.01$). REAc, REAu, PC and TF, were not affected ($P > 0.1$) by feeding system, but HCW ($P < 0.01$), carcass yield ($P < 0.01$) and CCW ($P < 0.01$) were affected by feeding system. Feeding system only affected BL when it was adjusted by CCW ($P < 0.01$). FR weight was affected, but the differences disappear when adjusted by CCW. Wool production and wool quality was not affected ($P > 0.1$) by feeding system. Feeding system affected intramuscular fat weight ($P = 0.0976$), but no differences were observed when the variable was adjusted by foreleg weight; muscle ($P < 0.05$) and subcutaneous fat ($P < 0.05$) were affected when they were analysed as a percentage of total foreleg weight. Kidney fat weight ($P < 0.05$), liver weight ($P = 0.0837$) and intestine proportion ($P < 0.05$), were affected by feeding system; the rest of the visceral components did not show any differences. Temperature ($P < 0.01$) and pH ($P = 0.0676$) parameters were affected only at 3 hours post mortem period. The other meat quality parameters (tenderness, meat and fat colour) were not influenced by feeding system at any evaluated period. The total proportion of PUFA, MUFA and content of intramuscular fat were not affected by feeding system, whereas SFA percentage showed a tendency ($P = 0.0994$). Even though there was found significant effects of feeding system over the proportion of individual fatty acids: 18:0 ($P < 0.01$), 20:0 ($P < 0.01$); 16:1 ($P < 0.05$), 18:1 *trans* ($P < 0.01$), 18:1 *cis* ($P = 0.0546$), 18:2 *cis* ($P < 0.01$), 18:2 *trans* ($P < 0.01$), total 18:2 ($P < 0.01$) and 18:3 ($P < 0.01$). In general, it is possible to conclude that when the proportion of concentrate in the diet was reduced, the PUFA/SFA and n-6:n-3 relationships were more adequate for human health, except for the increase in the proportion of CLA recorded.

Key words: Lamb; Fattening; Summer; Meat quality; Fatty acids; Nutritive value.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AHMAD, N.; DAVIES, H. 1986. Effects of sex and dietary energy concentration on feed conversion ratio, growth and carcass characteristics in Merino x Border Leicester lambs. Proceedings of Australian Society of Animal Production. 16: 119-122.
2. AKIKI, G.; FRISCH, W.; REZK, M. 1992. Efectos de la frecuencia de cambio de pastoreo y la estrategia de alimentación sobre el comportamiento de capones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 80 p.
3. ARBIZA, A.S.; LUCAS T.J. 1996. Producción de carne ovina. México, Editores Mexicanos Unidos. s.p.
4. ARNOLD, G.W.; BIRRELL, H. 1977. Food intake and grazing behaviour of sheep varying in body condition. Animal Production Science. 24: 343-353.
5. AROCENA, C.M.; DIGHIRO, A. 1999. Evaluación de la producción y calidad de carne de corderos sobre una mezcla forrajera de avena y raigrás, bajo efectos de la carga animal, suplementación y sistema de pastoreo para la región de Basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 150 p.
6. AUROUSSEAU, B.; BAUCHART, D.; CALICHON, E.; MICOL, D.; PRIOLO, A. 2004. Effect of grass or concentrated feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the M. Longissimus thoracis of lambs. Meat Science. 66: 531-541.
7. AWTA. 2004. Colour measurement. (en línea). Victoria, Australia. Consultado 16 abr. 2006. Disponible en <http://www.awta.com.au/Corporate/Services/Yellowness/Yellowness.htm>
8. BANCHERO, G.; MONTOSI, F.; SAN JULIAN, R.; GANZÁBAL, A., RÍOS, M. 2000. Tecnologías de producción de carne ovina de calidad en sistemas ovinos intensivos del Uruguay. Tacuarembó, INIA 37 p. (Serie Técnica no.118)
9. BARNES, B.; ØRSKOV, E. 1982. Cereales para rumiantes: técnicas de elaboración y conservación. Revista Mundial de Zootecnia. 42: 38-44.
10. BAS, P.; MORAND-FEHR, P. 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. Livestock Production Science. 64: 61-79.

11. BELFRY, M. 2003. CLA isomer could benefit diabetics. (en línea). s.l., RSSL Science with Service. Consultado 25 jul. 2004. Disponible en <http://search.rssl.com/Results.aspx?query=CLA>
12. BELL, A.K.; SHANDS, C.G.; HEGARTY, R.S.; DUDDY, G. 2003. Feedlotting lambs. 2^a. ed. New Zealand, NZW Agriculture. 12 p.
13. BERRETTA, E.J.; BEMHAJA, M. 1998. Producción estacional de comunidades naturales sobre Basalto de la unidad Queguay Chico. In: Seminario de Actualización en Tecnologías de Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-20 (Serie Técnica no. 102)
14. BIGHAM, M. 1974. Effect of shearing intervals on fleece weight and wool growth on a delineated midside patch. New Zealand Journal of Agricultural Research. 17: 407-410.
15. BIRRELL, H.A. 1989. The Influence of pasture and animals factors on the consumption of pasture by grazing sheep. Australian Journal of Agricultural Research. 40: 1261-75.
16. BRITO, G. 2002a. La carne y su calidad. In: Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos, carne ovina de calidad (1998-2001). Montevideo, INIA. pp. 51-57. (Serie Técnica no. 126)
17. _____.; DE MATTOS, D.; MONTOSI, F. 2002b. Situación y perspectivas de la investigación en la calidad de carnes en el Uruguay; el enfoque de INIA. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (10°.), Jornadas de Buiatría (30as., 2002, Paysandú). Memorias. Paysandú, Centro de Medicina Veterinaria de Paysandú. pp. 182-187.
18. _____.; MONTOSI, F.; SÁN JULIÁN, R.; DE MATTOS, D.; FIGURINA, G.; COZZOLINO, D. 2002c. La terneza; un atributo indispensable de la calidad de la carne. Anuario Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay 2002: 93-98.
19. _____.; JIMÉNEZ DE ARÉCHAGA, C. 2004. El crecimiento de los diferentes tejidos en el animal y su efecto en la composición de la canal. (en línea). In: Jornada de Jóvenes (2004, Prado). Memorias. Montevideo, s.l. Consultado set. 2004. Disponible en <http://www.inia.org.uy/prado/2004/composicion%20de%20la%20canal.htm>.
20. BROCK, J.L.; HAY, M.J.M. 1995. A review of role of grazing management on the growth and performance of white clover cultivars in lowland New Zealand pastures. Grassland Research and Practice Series. no. 6: 65-70.

21. BUXADÉ, C. 1998. Calidad de la canal ovina. In: Ovino de carne; aspectos claves. Madrid, Mundi-Prensa. p. 375-400.
22. BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. 1993. Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. In: Church, D. C. ed. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. pp. 339-356.
23. CABRERA, R.; ECHEVERRIA, M. 1992. Recría estival de corderos sobre pasturas de Basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
24. CAMESASCA, M.; NOLLA, M.; PREVE, F. 2002. Evaluación de la producción y calidad de carne y lana de corderos pesados sobre una pradera de 2º año de trébol blanco y lotus bajo los efectos de la carga animal, sexo, esquila, suplementación y sistema de pastoreo para la región de basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 299 p.
25. CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY. 2008. Gastrointestinal tract. (en línea). s.l. Consultado 28 may. 2008. Disponible en <http://www.inspection.gc.ca/english/anima/meavia/mmopmmhv/chap4/img/annex1e.gif>
26. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
27. CARVAJAL, A. s.f. Abc de la Nutrición. s.l., Universidad Complutense de Madrid (España). Facultad de Farmacia. s.p.
28. CASTRO, L.E. 2002. La carne y su calidad. In: Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos, carne ovina de calidad (1998-2001). Montevideo, INIA. pp. 47-49. (Serie Técnica no. 126)
29. CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants; requirements and responses. *Journal of Animal Science*. 75: 533-542.
30. COOPER, S.L.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G.; HALLETT, K.G.; ENSER, M.; WOOD, J.D. 2004. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *Journal of Animal Science*. 8:1461-1470.
31. CORREA, D.; GONZÁLEZ, F.; PORCILE, V. 2000. Evaluación del efecto carga, frecuencia de pastoreo y suplementación energética sobre la producción y calidad de carne de corderos sobre una mezcla de Triticale (*Triticale secale*) y

- Raigrás (*Lolium multiflorum*) para la región de Areniscas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 235 p.
32. DE BARBIERI, L.I.; RADO, F.; XALAMBRÍ, L. 2000. Efecto de la carga y de la suplementación sobre la producción y la calidad de carne de corderos pesados pastoreando *Avena Byzantina* en la Región Este. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 121 p.
 33. _____.; SAN JULIÁN, R.; MONTOSI, F.; DIGHIERO, A.; MEDEROS, A.; CASTRO, L. 2003. Fase II- Evaluación en plantas frigoríficas. In: Montossi, F. ed. Primera auditoria de calidad de la cadena cárnica ovina del Uruguay. Tacuarembó, INIA. pp. 57-98 (Serie Técnica no. 138)
 34. DEMEYER, D.I.; DOREAU, M. 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*. 58: 593-607.
 35. DÍAZ, J.E.; GARCÍA, J.A.; REBUFFO, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
 36. DOREAU, M.; FERLAY, A. 1994. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 45 : 379-396.
 37. DOS SANTOS, C.L.; OTALQUIAGA, J.R.; MUÑIZ, J.A.; CASTRO, L.; SIQUIERA, E.R. 2001. Desenvolvimento relativo dos tecidos óseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inés. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30 (2): 487-492.
 38. EASTON, W.S. 1994. Opportunity lotfeeding of lambs. Victoria, Australia, Swan Hill District Centre. Department of Agricultura. s.p.
 39. EDWARDS, J.W.; CANNELL, C.; GARRETT, R.P.; SAVELL, W.J.; CROSS, H.R.; LONGNECKER, M.T. 1989. Using ultrasound, linear measurements and live thickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. *Journal of Animal Science*. 67: 3322-3330.
 40. ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B.; FURSEY, G. A. J.; WOOD J. D. 1996. Fatty acid content and composition of english beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*. 42(4): 443-456.
 41. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation system and implications for human nutrition. *Meat Science*. 49(3): 327-341.

42. _____, SCOLLAN, N. D.; CHOI, N. J.; HALLETT, K.; WOOD, J. D. 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Animal Science*. 69: 143-146.
43. _____. 2001. Muscle lipids and meat quality. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 40: 243-246.
44. FAT. 2005. Adipose tissue distribution. (en línea). s.n.t. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en http://www.aps.uoguelph.ca/~swatland/ch2_4.htm.
45. FISHER, A. V.; ENSER, M.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; KURT, E.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON R. G. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Science*. 55: 141-147.
46. FLUHARTY, F.L.; MCCLURE, K.E. 1997. Effect of dietary energy and protein concentration on performance and visceral organ mass in lambs. *Journal of Animal Science*. 75: 604-610.
47. FORMOSO, F. 1993. *Lotus Corniculatus*; performance forrajera y características agronómicas asociadas. La Estanzuela, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
48. FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; MOLONEY, A.P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*. 78: 2849-2855.
49. _____.; RIORDAN, E.G.O.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; MOLONEY, A.P. 2002. Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*. 81: 307-317.
50. GANZÁBAL, A. 1997a. Alimentación de ovinos con pasturas sembradas. Montevideo, INIA. 44 p. (Serie Técnica no. 84)
51. _____. 1997b. Suplementación de ovinos en condiciones de pasturas mejoradas. In: Suplementación estratégica de la cría y recría ovina y vacuna. Tacuarembó, INIA p. irr. (Actividades de Difusión no.129).
52. _____.; DE MATTOS, D.; MONTOSSI, F.; BANCHERO, G.; SAN JULIÁN, R.; PÉREZ, J.A.; NOBOA, M.; DE LOS CAMPOS, G.; CALISTRO, D. 2002. Inserción de tecnologías de cruzamientos ovinos en sistemas intensivos de producción: resultados preliminares obtenidos. In: Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos,

- carne ovina de calidad (1998-2001). Montevideo, INIA. pp. 109-130 (Serie Técnica no. 126)
53. GARCÍA, A. 1996a. Mejoramiento de forrajeras en INIA La Estanzuela; mejoramiento genético de raigrás, gramíneas bianuales y perennes, trébol blanco y leguminosas anuales. *In*: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 129-134 (Serie Técnica no. 80)
54. _____. 1996b. Producción de forraje de pasturas cultivadas en la región Litoral Sur. *In*: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 163-168 (Serie Técnica no. 80)
55. _____. 1996c. Variedades de trébol blanco. Montevideo, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 70)
56. _____. 1997. Valor nutritivo de los suplementos disponibles en Uruguay. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pastura y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 204-217 (Serie Técnica no. 13)
57. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 133).
58. GARRIDO, P.R. 2004. Manual de nutrición. (en línea). Alicante, España, s.e. Consultado 28 may. 2005. Disponible en <http://galeon.com/medicinadeportiva/index.html>
59. GEAY, Y.; BAUCHART, D.; HOCQUETTE, J-F.; CULIOLI, J. 2002. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Production Animales*. 15: 37-52.
60. GEENTY, K.G.; RATTRAY, P.V. 1987. The energy requirements of grazing sheep and cattle. *In*: Nicol, A.M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 39-55. (Occasional Publication no. 10)
61. GEESINK, G.H.; BEKHIT, A.D.; BICKERSTAFFE, R. 2000. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb *Longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*. 78: 2842-2848.
62. GIL, A.D.; HUERTAS, S. 2001. Efectos del sistema de alimentación sobre las características de la carne vacuna. Montevideo, INIA. 53 p. (FPTA no.04).

63. GIRAUDO, C.G.; VILLAGRA, S.E.; GARRAMUÑO, J.M.; ABAD, M.; BIDINOST, F. 2004. Manual de engorde a corral de corderos cola. Bariloche, INTA. s.p.
64. GORDON, L.; LASCANO, C. 1993. Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grasslands: potential and constraints. In: International Grassland Congress (17o., 1993, Dublín). Proceedings. Dublin, Irlanda, s.e. v. 1, pp. 681-690.
65. GUARINO, L.; PITTALUGA, F. 1999. Efecto de carga animal y la suplementación sobre la producción y calidad de carne y lana de corderos Corriedale sobre una mezcla de triticale y raigrás en la región de Areniscas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 127 p.
66. GZ. 2006. Loteslana. (en línea). Montevideo. Consultado 7 abr. 2006. Disponible en <http://www.gz.com.uy/loteslana.htm>.
67. HODGES, R.E.; SALEL, A.F.; DUNKLEY, W.L.; ZELIS, R.; MCDONAGH, P.F.; CLIFFORD, C.; HOBBS, R.K.; SMITH, L.M.; FAN, A.; MASON, D.T.; LYKKE, C. 1975. Plasma lipid changes in young adult couples consuming polyunsaturated meats and dairy products. *American Journal of Clinical Nutrition*. 28(10): 1126-1140.
68. HODGSON, J.; MAXWELL, T.J. 1981. Grazing research and grazing management. In: Hill Farming Research Organisation, Biennial Report 1979-81. s.l. pp. 169-187.
69. _____. 1985. The significances of swards characteristics in the management of temperate sown pasture. In: International Grassland Congress (16th., 1985). Proceedings. s.n.t. pp. 63-67.
70. HODGSON, J. 1990. Grazing management; science into practice. New York, Longman. 203 p.
71. HOOD, R.L.; COOK, L.J.; MILLS, S.C.; SCOTT, T.W. 1980. Effect of feeding protected lipids on fatty acid synthesis in ovine tissues. *Lipids*. 15 (9): 644-650.
72. HUGHES, T. 1983. Sward characteristics influencing intake. In: Hamilton, A. ed. Lamb growth; technical handbook. s.l., Lincoln College, New Zealand. pp. 65-78.
73. IGLESIAS, M.P.; RAMOS, N. 2003. Efecto de los taninos condensados y la carga sobre la producción y calidad de carne y lana de corderos pesados Corriedale en cuatro especies de leguminosas (*Lotus corniculatus*, *Lotus pedunculatus*,

Lotus subbiflorus y *Trifolium repens*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 213 p.

74. INAC. 2007. Series historicas de existencias de ovinos. (en línea). s.l. Consultado 2 ago 2008. disponible en <http://www.inac.gub.uy/innovanet/macros/GenericShowFixedContents.jsp?contentid=1051&version=1&channelid=1>
75. INFOCARNE. 2002a. Las grasas insaturadas. (en línea). s.l. Consultado 3 ago. 2004. Disponible en http://www.infocarne.com/ovino/grasas_insaturadas.asp
- 76._____. 2002b. Los lípidos. (en línea). s.l. Consultado 3 ago. 2004. Disponible en <http://www.infocarne.com/ovino/lipidos.asp>
77. JAMIESON, W.S.; HODGSON, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34: 261-271.
78. JUNG, H.G.; SAÚL, T. 1989. Influence of grazing pressure on forage quality and intake by sheep grazing smooth brome grass. *Journal of Animal Science*. 67: 2089-2097.
79. KARNEZOS, T.; MATCHES, A.; PRESTON, R.; BROWN, C. 1994. Corn supplementation of lambs grazing alfalfa. *Journal of Animal Science*. 72: 783-789.
80. KIRTON, A.; CARTER, A.; CLARKE, J.; DUGANZICH, D. 1984. Dressing percentages of lambs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 44: 231-233.
- 81._____.; DUGANZICH, D.; FEIST, C.; BENNET, G.; WOODS, E. 1985. Prediction of lamb carcass composition from GR and carcass weight. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 45: 63-65.
82. KJELDHAL, J. 1984. *Official methods of analysis*. 14. ed. Washington, D.C., Association of Official Agricultural Chemists. s.p.
83. KNIGHT, T.W.; MORRIS, C.A.; PURCHAS, R.W.; AGNEW, M. 2003. Conjugated linoleic and trans-vaccenic acids in grass-fed and lamb. *New Zealand Society of Animal Production*. 63: 21-24.
84. KOOLMARAIE, M.; DOUMIT, M.E.; WHEELER, T.L. 1996. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *Journal of Animal Science*. 74: 2935-2942.

85. LANGER, R. 1981. Pastures and pasture plants. Montevideo, Hemisferio Sur. 514 p.
86. LAWRIE, R.A. 1998. Ciencia de la carne. 3ª. ed. Zaragoza, Acribia. 367 p.
87. LEHNINGER A.; NELSON D.; COX M. 1995. Principios de bioquímica. 2ª. ed. Barcelona, Omega. 839 p.
88. LOUGH, D. S.; SOLOMON, M. B.; RUMSEY, T. S.; KAHL, S.; SLYTER, L.L. 1993. Effects of high-forage diets with added palm oil on performance, plasma lipids, and carcass characteristics of ram and ewe lambs. *Journal of Animal Science*. 71: 1171-1176.
89. MCCLURE, K.E.; SOLOMON, M.B.; LOERCH, S.C. 2000. Body weight and tissue gain in lambs fed an all-concentrate diet and implanted with trenbolone acetate or grazed on alfalfa. *Journal of Animal Science*. 78: 1117-1124.
90. MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HAROLD, F.H.; RICHARD, G.W. 1984. *Nutrición animal*. 4ª. ed. México, Mc Graw-Hill. pp. 108-143
91. MEAT AND LIVESTOCK CORPORATION. 2003a. Maximising lamb and sheepmeat eating quality; a guide for Australian processors. (en línea). Meat and Livestock Australia, On Farm. may. 2003: 1-4. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en http://mla.com.au/uploads/templates/otherpdf/SMEQ_Maxlambproducers.
92. _____. 2003b. Maximising lamb and sheepmeat eating quality; a guide for retailers, foodservice and wholesalers. (en línea). Meat and Livestock Australia, On Farm. jul. 2003: 1-3. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en http://mla.com.au/uploads/templates/otherpdf/SMEQ_Maxsheepretailers.
93. MIERES, J.M. 1997. Relaciones planta animal suplemento. In: Suplementación estratégica de la cría y recría ovina y vacuna. Tacuarembó, INIA p. irr. (Actividades de Difusión no.129).
94. _____. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA pp. 18-47 (Serie Técnica no.142)
95. MILTON, J. 2001a. Lot-feeding prime lambs. *The Good Food Guide for Sheep Bulletin*. no. 4473: 79-84.
96. _____.; PATERSON, J.; ROBERTS, D. 2001b. Principles of ruminant nutrition. *The Good Food Guide for Sheep Bulletin*. no. 4473: 13-19.

97. _____.; _____. 2001c. Supplementary feeding of sheep for meat production. The Good Food Guide for Sheep Bulletin. no. 4473: 73-78.
98. MITCHELL, R.J., HODGSON, J.; CLARK, D.A. 1991. The effect of varying leafy sward height and bulk density on the ingestive behaviour of young deer and sheep. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 51: 159-165.
99. MLA. 2001. The role of red meat in healthy australian diets. (en línea). In: Expert Advisory Committee. Committee convened by Meat and Livestock Australia; final report – 2001. s.l. s.p. Consultado 18 ago. 2007. Disponible en <http://www.dbctalkabouttaste.com.au/nushelth/meat4health.pdf>.
100. _____. 2008. Making more from sheep. (en línea). In: Australian wool innovation limited. Committee convened by Meat and Livestock Australia; s.l. s.p. Consultado 30 jun. 2009. Disponible en http://www.makingmorefromsheep.com/market-focussed-lamb-and-sheepmeat-production/tool_3.3.htm.
101. MOLONEY, A.P. 1998. Growth and carcass composition in sheep offered isoenergetic rations which resulted in different concentrations of ruminal metabolites. Livestock Production Science. 56: 157-164.
102. MONTOSI, F. 1995. Comparative studies on the implications of condensed tannins in the evaluation of *Holcus lanatus* and *Lolium* spp; swards for sheep performance. Ph D. Thesis. Massey, New Zealand. Massey University. 288 p.
103. MONTOSI, F.; SAN JULIÁN, R.; BERRETTA, E.J.; FERREIRA, G.; RISSO, D.; ZAMIT, W.; LEVRATTO, J. 1997. Producción de carne ovina en sistemas laneras en la región de Basalto. In: Tecnologías de producción ganadera para Basalto. Montevideo, INIA. pp. 26-33 (Actividades de Difusión no. 145)
104. _____.; SAN JULIÁN, R.; RISSO, D.F.; BERRETTA, E.J.; RÍOS, M.; FRUGONI, J.C.; ZAMIT, W.; LEVRATTO, J. 1998. Alternativas tecnológicas para la intensificación de la producción de carne ovina en sistemas ganaderos de Basalto. II. Producción de corderos pesados. In: Seminario de Actualización en Tecnologías de Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 243-256. (Serie Técnica no. 102)
105. _____.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA, I. BERRETTA, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos; teoría y práctica. Tacuarembó, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113)

106. _____.; DE BARBIERI, I.; SAN JULIÁN, R.; DE MATTOS, D.; MEDEROS, A.; DE LOS CAMPOS, G.; DIGHIERO, A.; FRUGONI, C.; ZAMIT, W.; LEVRATTO, J.; MARTÍNEZ, H.; GRAT TAROLA, M.; PÉREZ JONES, J. 2001. Nucleo fundacional del proyecto merino fino del Uruguay: resultados obtenidos (1999 - 2001). In: Proyecto merino fino del Uruguay. s.l. s.p. Consultado 1 jul. 2009. Disponible en <http://www.inia.org.uy/estaciones/tacuarembó/MerinoWeb/Publicaciones%20pdf/Remate%20entrega%20diadel/Entrega%202001.pdf>
107. _____.; DIGHIERO, A.; SAN JULIÁN, R.; DE BARBIERI, I.; MEDEROS, A.; BRITO, G. 2002a. Engorde de corderos pesados: una alternativa segura, más aún en momentos difíciles. *El País Agropecuario* (Montevideo). 84: 25-28.
108. _____. 2002b. Presentación. In: Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos, carne ovina de calidad (1998-2001). Montevideo, INIA. pp. 5-7 (Serie Técnica no. 126)
109. _____.; FIGURINA, G. 2003a. Introducción. In: Montossi, F. ed. Primera auditoria de calidad de la cadena cárnica ovina del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 1-2 (Serie Técnica no. 138)
110. _____.; SAN JULIÁN, R.; BRITO, G.; DE LOS CAMPOS, G.; GANZÁBAL, A.; DIGHIERO, A.; DE BARBIERI, I.; CASTRO, L.; ROBAINA R.; FIGURINA, G.; DE MATTOS, D.; NOLLA, M. 2003b. Producción de carne ovina de calidad con la raza corriedale: recientes avances y desafíos de la innovación tecnológica en el contexto de la cadena cárnica ovina en Uruguay. In: Congreso Corriedale (12º, 2003, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 74-90.
111. _____.; DE BARBIERI, I.; NOLLA, M.; DIGHIERO, A.; SAN JULIAN, R.; BRITO, G.; LUZARDO, S. 2004a. Aspectos tecnológicos relevantes de manejo y alimentación para la producción de carne ovina de calidad en el Uruguay. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (32ª), Congreso Latinoamericano de Buiatría (2004 , Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Centro de Medicina Veterinaria de Paysandú. pp. 114-126.
112. _____.; SAÑUDO, C. 2004b. Evaluación y promoción de la calidad de la carne y otros productos agroalimentarios uruguayos en base a los estándares de calidad de la unión europea y en función de los distintos sistemas productivos del Uruguay; componente carnes. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 23-34.

113. MORAND-FEHR, P.; TRAN, G. 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *Productions Animales*. 14: 285-302.
114. MUÑOZ, G. 2004. Carne ovina; situación actual y perspectivas para el 2005. *Anuario OPYPA 2004*: s.p.
115. MURPHY, T.A.; LOERCH, S.C.; MCCLURE, K.E.; SOLOMON, M.B. 1994. Effect of grain or pasture finishing systems on carcass composition and tissue accretion rates of lambs. *Journal of Animal Science*. 72: 3138-3144
116. NAWAR, W.W. 1996. Chemistry. *In*: Hui, Y. H. ed. *Bayley's industrial oil and fat products*. 5th. ed. New York, Wiley Interscience. pp. 397-425.
117. NEWTON, J.; YOUNG, N. 1974. The performance and intake of weaned lambs grazing: S24 perennial ryegrass with and without supplementation. *Animal Production*. 18: 191-200.
118. N.R.C. 1985. Nutrient requirements of sheep. 6. ed. rev. Washington, D.C., National Academy Press. pp. 2-25.
119. NÜRNBERG, K.; WEGNER, J.; ENDER, K. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*. 56: 145-156.
120. OECD. 2004. *Agricultural outlook, 2004-2013*. s.l. 45 p.
121. OFICIALDEGUI, R. 1990. Suplementación estratégica de lanares. *In*: Seminario Técnico de la Producción Ovina (3^o., 1990). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 65-178.
122. ORCASBERRO, R. 1997. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pastura y producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 225-238 (Serie Técnica no. 13)
123. OWEN, J.B. 1976. *Sheep production*. London, Bailliere Tindal. s.p.
124. FIGURINA, G. 1997. Suplementación dentro de una estrategia de manejo de áreas de ganadería extensiva. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pastura y producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 195-200. (Serie Técnica no. 13)
125. PONNAMPALAM, E.N.; SINCLAIR, A.J.; EGAN, A.R.; BLAKELEY, S.J.; LI, D.; LEURY, B.J. 2001. Effect of dietary modification of muscle long-chain n-

- 3-fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in Lambs. *Journal of American Science*. 79: 895-903
126. PRIOLO, A.; BELLA, M.; BIONDI, L.; FASONE, V.; GALOFAR, V.; SCERRA, M.; VALVO, M.A. y LANZA, M. 2004. Suckling lamb fatty acids as affected by ewes feeding system. *In*: International Congress of Meat Science and Technology (50th., 2004, Helsinki, Finland). Proceedings. Helsinki, s.e. pp. 1152-1154.
127. PURCHAS, R.W. 1989. On-farm factors affecting meat quality characteristics. *In*: Purchas, R.W.; Butler-Hogg, B.W.; Davies, A.S., eds. Meat production and processing. s.l., New Zealand Society of Animal Production. sec. 3, pp.159-173 (Occasional Publication no. 11)
128. _____. 1994. Sheep production. Meat production. Massey University. Department of Animal Science. Handbook (course) no. 17. 352 p.
129. _____. 2000. Report on a visit to Uruguay from 6 to 20 february 2000. Montevideo, INIA. s.p.
130. RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. 2004. Effect of dietary acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat; a review. *Animal Feed Science and Technology*. 113: 199-221.
131. REALINI, C.E.; DUCKETT, S.K.; BRITO, G.W.; DALLA RIZZA, M.; DE MATTOS, D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*. 66: 567-577
132. REBOLLAR, P.G.; DE BLAS, C. 2004. Digestión de la soja integral en rumiantes. s.n.t. s.p.
133. RECENT ADVANCES IN RUMINANT NUTRITION UNDER GRAZING CONDITIONS WITH PARTICULAR EMPHASIS ON PROTEIN UTILIZATION (2001, Colonia, Uruguay). 2001. Apuntes del curso. Colonia, Uruguay. s.p.
134. RESEARCH AND DEVELOPMENT. 2003. Lamb and sheepmeat eating quality; outcomes of the R and D. program. (en línea). s.l., Meat and Livestock of Australia. s.p. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en <http://www.mla.com.au>
135. ROBAINA, R. 2002. Metodología para la evaluación de canales. *In*: Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances

- obtenidos, carne ovina de calidad (1998-2001). Montevideo, Tacuarembó. pp. 39-46 (Serie Técnica no. 126)
136. ROBERTS, W.K. 1966. Effects of diet, degree of fatness, and sex upon fatty acid composition of cattle tissues. *Journal of Animal Science*. 46: 181-190.
137. RUSSEL, A.J.; DONEY, J.M.; GUNN, R.G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agriculture Science*. 72: 451-454.
138. _____. 1995. Ultrasonography and body composition in sheep. In: Goddard, P.J. ed. *Veterinary ultrasonography*. Craigiebuckler, Aberdeen, UK, Macaulay Land Use Research Institute/CAB International. pp. 315-323.
139. SALGADO, C. 2005. El mercado de carne ovina. (en línea). Secretariado Uruguayo de la Lana. Boletín no. 57. s.p. Consultado 3 ago. 2005. Disponible en <http://www.sul.org.uy/pdf/carneovin.bol57.pdf>
140. SAN JULIÁN, R.; DE LOS CAMPOS, G.; MONTOSI, F.; DE MATTOS, D. 2002. Utilización de variable pre faena en la estimación del rendimiento carnicero y de variables pos faena de canales ovinas. In: Montossi, F. ed. *Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos, carne ovina de calidad (1998-2001)*. Montevideo, Tacuarembó. pp. 85-98. (Serie Técnica no. 126)
141. SANHUEZA, C.J.; NIETO, K.S.; VALENZUELA, B.A. 2002. Ácido linoleico conjugado; un ácido graso con isomería *trans* potencialmente beneficioso. (en línea). *Revista Chilena de Nutrición*. 29(2): 98-105. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en <http://www.scielo.cl>
142. SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: ii. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*. 77: 187-194.
143. SAÑUDO, C., ALFONSO, M., SANCHEZ, A., DELFA, R.; TEIXEIRA, A. 2000. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat Science*. 56: 89-94.
144. SAS. 1999. SAS User's guide; statistics, version 8. Cary, North Carolina, USA. s.p.
145. SAUVANT, D.; BAS, P. 2001. La digestion des lipides chez le ruminant. *Productions Animales*. 14: 303-310.
146. SCOLLAN, N.D.; ENSER, M.; RICHARDSON, R.I.; WOOD, J.D. 2001. Optimising the fatty acid composition of beef muscle. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 2002: 40.

147. SCOTT, P. 2001. Understanding sheep ultrasound measurements for carcass traits. Virginia, Virginia State University. s.p.
148. SEYMOUR, M. 2000. Lotfeeding prime lambs. (en línea). Farmnote. Consultado 15 ago. 2005. Disponible en <http://www.agric.wa.gov.au/pls/portal30/docs/folder/ikmp/aap/sl/m/f07300.pdf>
149. _____. 2004. Sheep health in a feedlot. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 15 ago. 2005. Disponible en http://www.agric.wa.gov.au/pls/portal30/docs/folder/ikmp/aap/sl/hea/fn057_2004.pdf
150. SGS. 2004. Greasy wool testing. (en línea). s.n.t. Consultado 7 abr. 2006. Disponible en http://www.wooltesting.sgs.com/wool_testing_home_nz/wool_services_nz/greasy_wool_testing-2.htm?serviceId=54171&lobId=
151. SILVA SOBRINHO, A.G.; GASTALDI, K.A.; GARCÍA, C.A.; FERNÁNDEZ, M.R. 2003. Diferentes dietas e pesos ao abate na produção de órgãos de cordeiros. Revista Brasileira de Zootecnia. 32(6): 1792-1799.
152. SOEPARNO, S.; DAVIES, H. L. 1987. Studies on growth and carcass composition in Daldade wether lambs; the effects of dietary energy concentration and pasture and pasture species. Australian Journal of Agricultural Research. 38: 403-415.
153. SOLOMON, M.B.; LYNCH, G.P.; ONO, K.; PAROCZAY, E. 1990. Lipid composition of muscle and adipose tissue from crossbreed ram, wether and cryptorchid lambs. Journal of Animal Science. 68: 137-142.
154. _____.; _____.; PAROCZAY, E.; NORTON, S. 1991. Influence of rapeseed meal, whole rapeseed, and soybean meal on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from ram lambs. Journal of Animal Science. 69: 4055-4061.
155. SONNTAG, N.O. 1979. Structure and composición of fats and olis. In: Swern, D. ed. Bayley's industrial oil and fat products. 4th. ed. New York, Wiley. v.1, pp. 16-45.
156. STABB, K.A.; HESS, B.W.; MEANS, W.J.; NEL, J.E.; CECIL, J.T. 2001. Feedlot performance and carcass differences among Dorper, Suffolk, and Western white face sired weathers buscar nombre complete. Annual Animal Science Research Report 2002: 90-93.

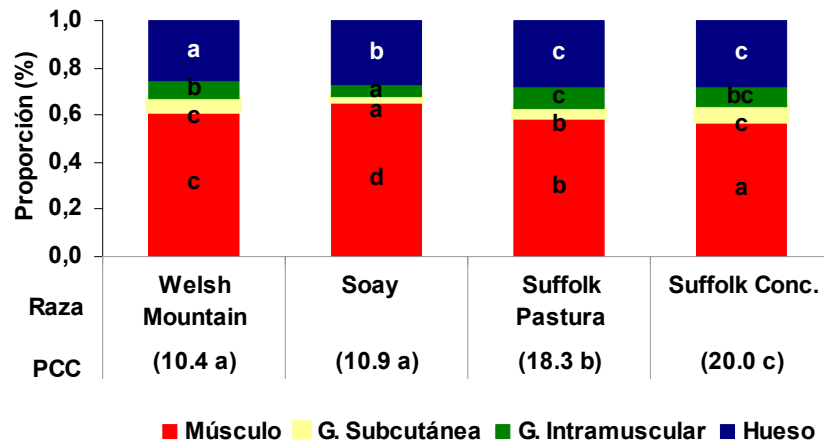
157. STANTON, T.L.; LEVALLEY, S.B. 2003. Lamb feed nutrition. Colorado State University. Management – Livestock Series no. 1613. s.p.
158. SUITER, J. 2001. Finishing lambs and shippers in feedlots and paddocks. Department of Agriculture of Western Australia. Bulletin. no. 4192. s.p.
159. SUMNER, R.M.W.; DELFA, R.; GONZÁLEZ, C. 1992. El grado de engrasamiento. Calidad de la canal ovina II. Revista OVIS (Madrid). 19: 21-35.
160. _____; BIGHAM, M.L. 1993. Biology of fibre growth and possible genetic and non-genetic means of influencing fibre growth in sheep and goats-a review. Livestock Production Science. 33:1-29.
161. TEIXEIRA DA ROSA, G.; PIRES, C.C.; SOUZA DA SILVA, J.H.; SILVA DA MOTTA, O. 2002. Proporções e coeficientes de crescimento dos não-componentes da carcaça de cordeiros e cordeiras em diferentes métodos de alimentação. Revista Brasileira de Zootecnia. 31(6). 2290-2298.
162. THOMPSON, J. 1991. Meat production. In: Cottle, D.J. ed. Australian sheep and wool handbook. Melbourne, Australia, Impact. pp. 243-251.
163. TONETTO, C.J.; PIRES, C.C.; CARDOZO, A.R.; NETO, D.P. MÜLLER, L.; FRESCURA, R.B.M.; VOLLENHAUPT, L.D.S. 2002. Avaliação da carcaça de cordeiros terminados em pastagem natural suplementada, pastagem cultivada de azavém (*Lolium multiflorum* LAM.) e confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia. 33. 225-233.
164. TSCHIRHART, T.E.; RAKOWITZ, L.A.; MCKENNA, D.R.; GRIFFIN, D.B.; SACCELL, J.W. 2002. Development of a cutability equation for carcasses of show lambs. In: Sheep and goat, wool and mohair research reports; the agriculture program. s.l., Ciudad, Texas Agricultural Experiment Station. College Station. pp. 31-35.
165. URRESTARAZÚ, A. 2004. Productividad estival de Corderos Pesados en la región Basáltica; efecto de la carga animal, sistema de pastoreo y género, sobre una mezcla forrajera de Trébol rojo (*Trifolium pratense*) y Achicoria (*Cichorium intybus*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 240 p.
166. VACCAREZZA, L. 2002. La guerra de la carne en los estados unidos; carne a pasto vs. carne a grano en producción bovina de carne. (en línea). s.n.t. Consultado 15 ene. 2004. Disponible en http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/28-guerra_carne_euu.htm

167. VALLENTINE, J.F. 1990. Plant selection in grazing. In: Grazing management. s.l., Academic Press. pp. 178-216.
168. VAN SOEST, J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, New York, Cornell University Press. pp. 23-38.
169. VAZ MARTINS, D.; BIANCHI, J. 1982. Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento animal en pastoreo. Miscelánea CIAAB. no. 28: 1-16.
170. _____. 1997. Suplementación energética en condiciones de pasturas limitante. In: Suplementación estratégica para engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 17-22 (Serie Técnica no. 83)
171. VELASCO, S.; CAÑEQUE, V.; PEREZ, C.; LAUZUTICA, S.; DÍAZ, M.T.; HUIDOBRO, F.; MANZANARES, C.; GONZALES, J. 2001. Fatty Acids composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. Meat Science. 59: 325-333.
172. VERGARA, H.; GALLEGO, L. 2002. Composición de la canal ovina. In: Cañeque, V.; Sañudo, C. eds. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología. pp. 125-136.
173. WACHIRA, A.M.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; FISHER, A.V. 2002. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, *n*-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. British Journal of Nutrition. 88: 697-709.
174. WATKINS, B.A.; HENNIG, B.; TOBOREK, M. 1996. Dietary fat and health. In: Hui. Y. H. ed. Bayley's industrial oil and fat products. 5th. ed. New York, Wiley. t. 1, pp. 159-215.
175. _____.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHERARD, P.R.; ENSER, M. 2003. Effect of fatty acids on meat quality; a review. Meat Science. 66: 21-32.
176. WILLIAMSON, J.F.; BLAIR, H.T.; GARRICK, D.J.; POMROY, W.; DOUCH, P.G. 1994. The relationship between internal parasite burden, faecal egg count, and mucosal mast cells in fleece weight-selected and control sheep. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 54: 9-13.

177. WOOD, J.D.; ENSER, M. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*. 78(1): 49-60.
178. ZEOLA, N.M.B.L.; SORVINHO, A.G.S.; NETO, S.G.; AZEVÊDO-SILVA, A.M. 2002. Influencia de diferentes níveis de concentrado sobre a qualidade da carne de cordeiros Morada Nova. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. 97: 175-180.

9. ANEXOS

Figura 1. Proporción de los diferentes tejidos según raza.



Fuente: adaptado de Fisher (2000).

Figura 2. Representación fotográfica de canales con los diferentes tipos de conformaciones, según el Sistema de Clasificación y Tipificación de Canales Ovinas oficial y vigente.

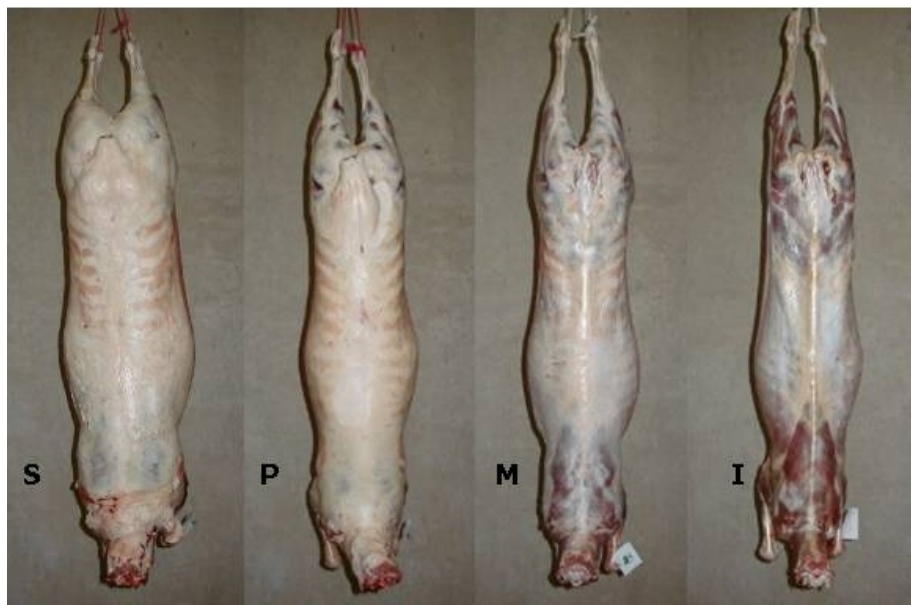


Figura 3. Mapa de la unidad experimental “Glencoe” y ubicación del área experimental dentro del mismo.

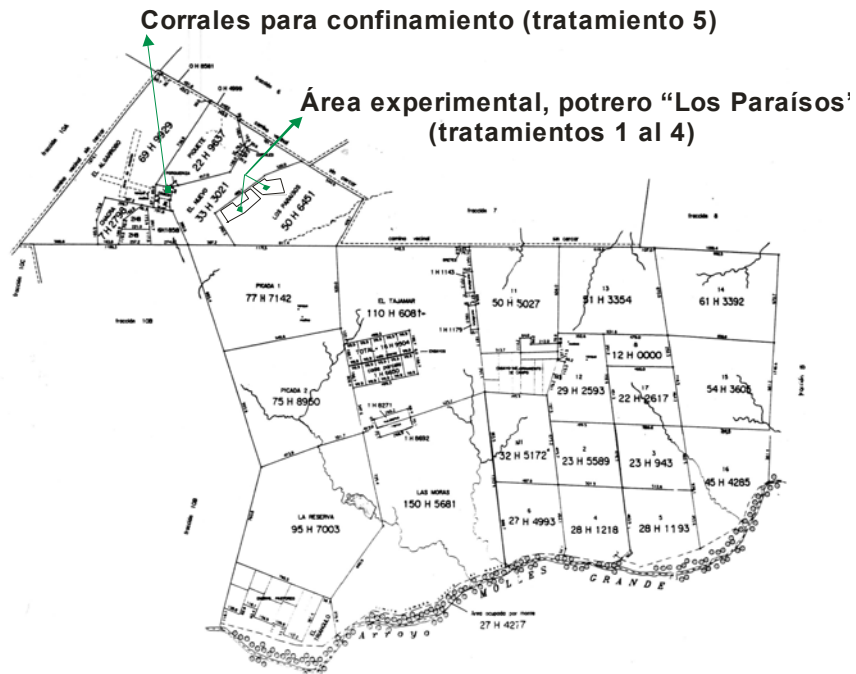








Figura 4. Ubicación de las estaciones meteorológicas.





Figura 5. Escala de Condición Corporal.

Condición	Características físicas	Representación Gráfica
0	Animal extremadamente flaco; próximo a morir. No se detecta músculo ni tejido adiposo entre piel y hueso.	
1	AE: Se sienten prominentes y agudas. AT: También son agudas. Los dedos pasan fácilmente debajo de los extremos. Los espacios entre vértebras se palpan fácilmente. ML: Superficiales y sin cobertura de grasa.	
2	AE: Se sienten prominentes pero suaves. Las apófisis individuales solo se palpan como corrugaciones finas. AT: Son suaves y redondeadas. Es posible pasar los dedos debajo de los extremos con una leve presión. Tiene una profundidad moderada y poca cobertura de grasa. ML: Superficiales y sin cobertura de grasa.	
3	AE: Se detectan solo como elevaciones pequeñas. Son suaves y redondeadas y los huesos individuales solo se palpan presionando. AT: Son suaves y están bien cubiertas. Es necesario presionar firmemente para palpar los extremos. Están llenos y tienen una moderada cobertura de grasa. ML: Superficiales y sin cobertura de grasa.	
4	AE: Se detectan, presionando, como una línea dura entre la cobertura de grasa del área del ojo del lomo. AT: No se pueden palpar sus terminaciones. ML: Están llenos y tienen una gruesa capa de grasa.	
5	AE: No se pueden palpar, aun presionando con fuerza. Hay una depresión entre las capas de grasa en el lugar donde normalmente se sienten las apófisis espinosas. AT: No se pueden detectar. ML: Están completamente llenos y tienen una capa de grasa muy gruesa. Pueden haber grandes depósitos de grasa sobre el anca y la cola.	

Nota: AE: apófisis espinosas, ML: músculos del lomo y AT: apófisis transversas.
Fuente: Jefféries, adaptado por Russel et al. (1969).

Figura 6. Cartilla de Tipificación y Clasificación de canales de INAC.

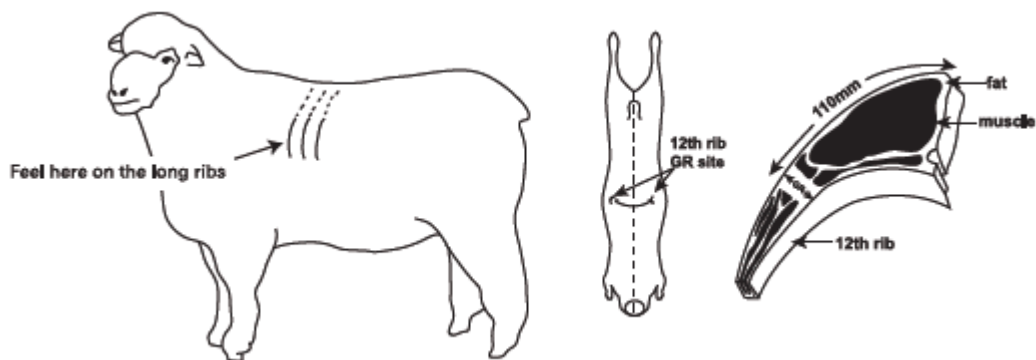
 INSTITUTO NACIONAL DE CARNES URUGUAY							
CLASIFICACION Y TIIFICACION DE CARNE OVINA							
CATEGORIA	CONFORMACION				TERMINACION		
	S	P	M	I	0	1	2
CORDERO / A	CS	CP	CM	CI			
BORREGO / A	BS	BP	BM	BI			
OVINO ADULTO	AS	AP	AM	AI			

CLASIFICACION	
CORDERO	OVINO QUE NO MANIFIESTA LA ERUPCION DE NINGUN INCISIVO PERMANENTE.
BORREGO	OVINO DE HASTA CUATRO INCISIVOS PERMANENTES. SE ADMITEN MACHOS.
OVINO ADULTO	OVINO MACHO CASTRADO O HEMBRA CON MAS DE CUATRO INCISIVOS PERMANENTES. MACHO ENTERO CON MAS DE DOS INCISIVOS PERMANENTES

TIPOS DE CONFORMACION	GRADOS DE TERMINACION
S CONFORMACION SOBRESALIENTE	0 INSUFICIENTE GRASA DE COBERTURA
P CONFORMACION BUENA	1 MODERADA GRASA DE COBERTURA
M CONFORMACION MEDIANA	2 EXCESIVA GRASA DE COBERTURA
I CONFORMACION DEFICIENTE	

Fuente: Robaina (2002).

Figura 7. Ubicación del punto GR en la canal.



Fuente: MLA (2008).

Figura 8. Relación entre la altura del forraje ofrecido medida dentro del rectángulo y la disponibilidad de materia seca por ciclo de pastoreo.

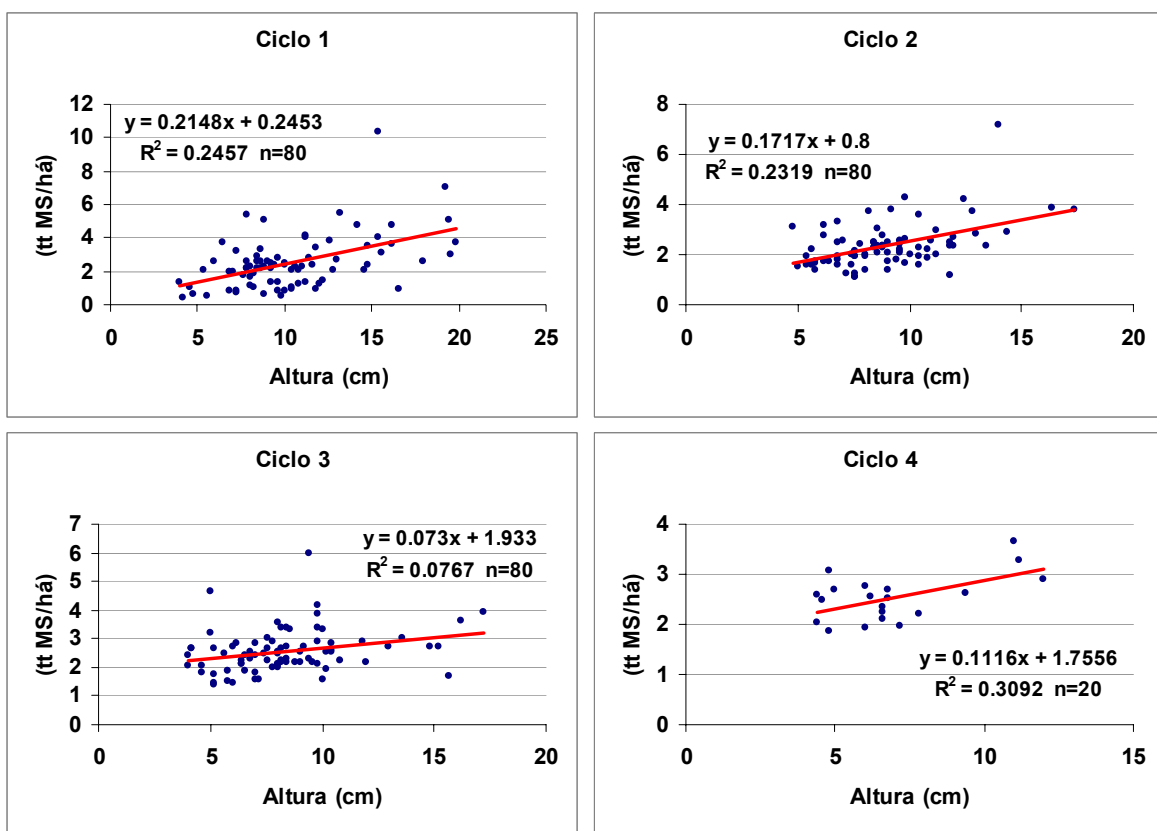


Figura 9. Relación entre la altura del forraje remanente medida dentro del rectángulo y la disponibilidad de materia seca por ciclo de pastoreo.

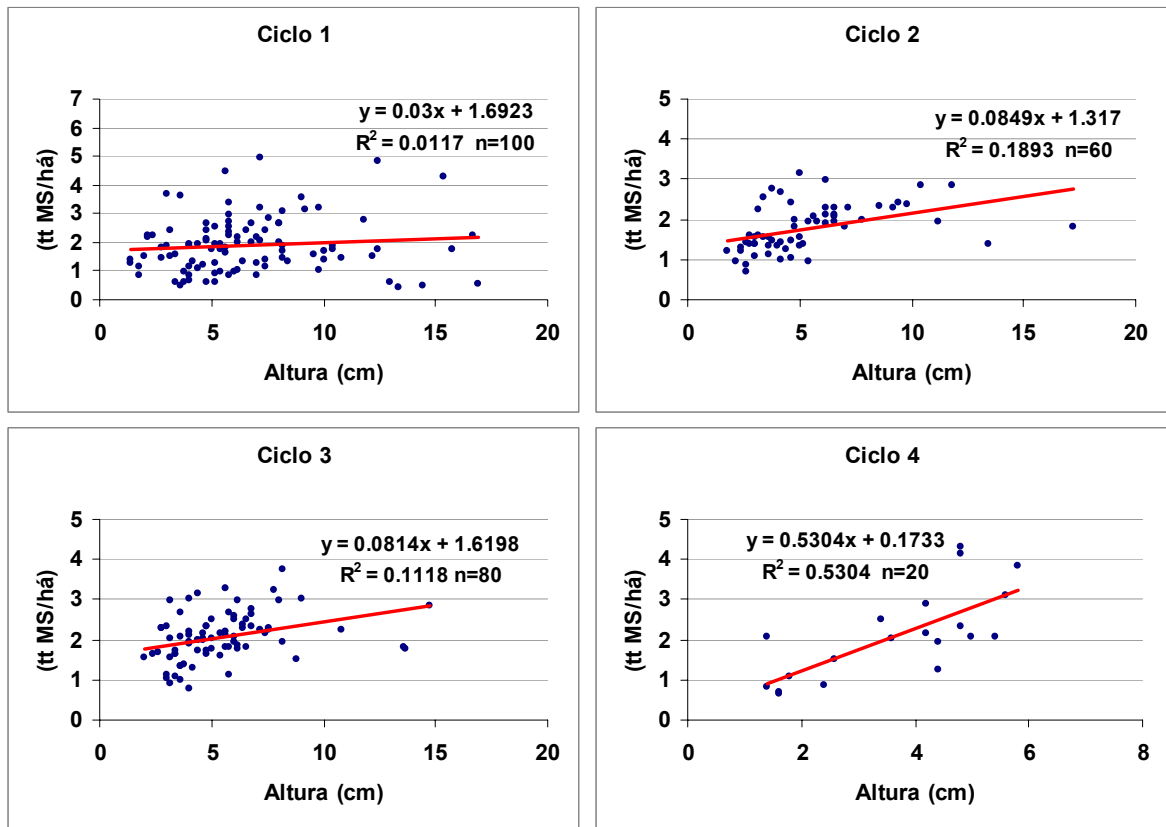


Figura 10. Evolución de la temperatura en los días en que se tomaron las medidas de comportamiento.

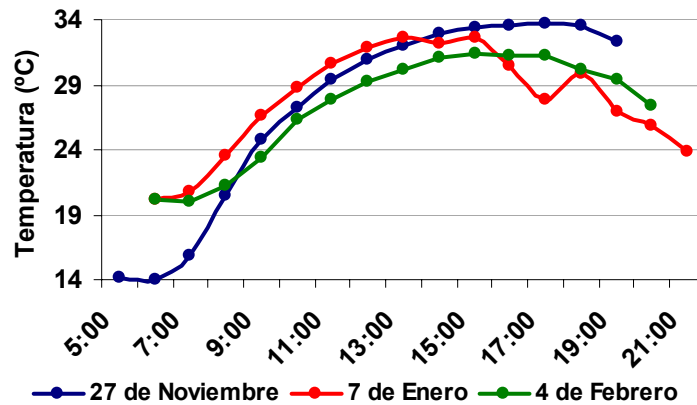


Figura 11. Evolución de los componentes del valor nutritivo promedio, como la diferencia porcentual entre el forraje remanente y el ofrecido para cada ciclo, promedio del total del período experimental.

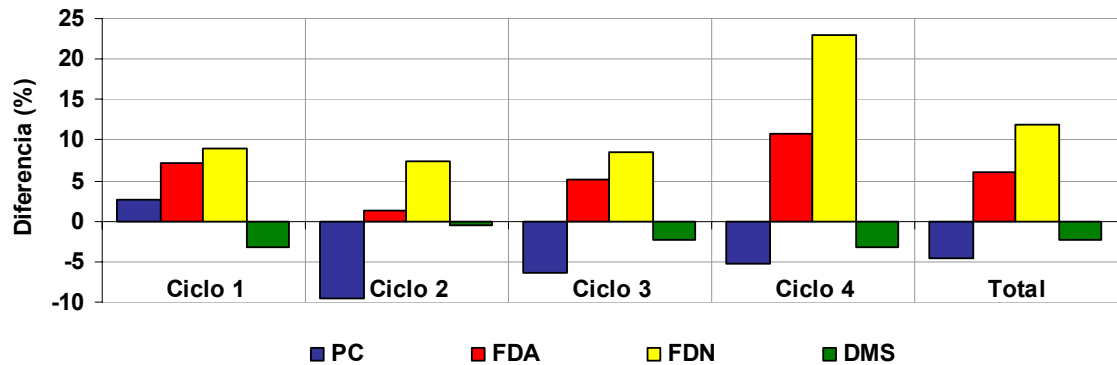
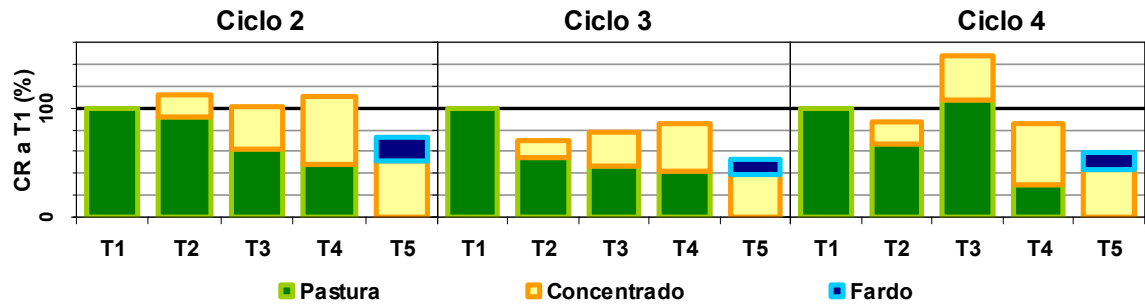


Figura 12. Representación gráfica de la relación entre el consumo de MS total y de MS de cada uno de los componentes de la dieta (g/animal/día) para cada ciclo según tratamiento.



Cuadro 1. Cantidades de ración ofrecida (gramos/animal/día) durante el periodo de acostumbramiento según tratamiento.

	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
24/10	50	50	50	50
25/10	50	50	50	50
26/10	100	100	100	100
27/10	150	150	150	150
28/10	200	200	200	200
29/10	250	250	250	250
30/10	300 *	400	400	500
31/10	300	600 *	600	700
1/11	300	600	750	900
2/11	300	600	900 *	1100
3/11	300	600	900	1210 *

Nota: * día en que se llega a la cantidad de ración objetivo (fin del periodo de acostumbramiento).

Cuadro 2. Contraste de medias del sistema Pastoril versus los sistemas Pastoriles-suplementados para la variable disponibilidad del forraje ofrecido (kg MS/ha) por ciclo y total.

Ciclo	T1	T234	P
1	2640	2678	ns
2	2355	2330	ns
3	2718	2468	ns
4	2264	2615	ns
Total	2547	2500	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 3. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la variable altura del forraje ofrecido (cm) por ciclo y total.

Ciclo	T1	T234	P
1	11.1	9.9	ns
2	9.4	8.9	ns
3	8.9	8.2	ns
4	6.0	7.2	ns
Total	9.5	8.8	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

Cuadro 4. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la variable altura del forraje ofrecido (cm) medida en la parcela por ciclo y total.

Ciclo	T1	T234	P
1	13.5 a	10.3 b	**
2	10.7	10.0	ns
3	8.8	8.2	ns
4	7.2	7.0	ns
Total	10.7 a	9.2 b	**

** = $P<0.01$ y ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 5. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la disponibilidad de forraje (Verde) y hoja verde (Ftb) de leguminosa disponible (kg MS/ha) por ciclo de pastoreo y total.

Ciclo	Fracción	T1	T234	P
1	Verde	1.526	1.688	ns
	Ftb	575	449	ns
2	Verde	0.081	1.101	ns
	Ftb	257	256	ns
3	Verde	1.170 a	998 b	0.0992
	Ftb	213 a	151 b	*
4	Verde	1.765	1.858	ns
	Ftb	426 b	599 a	**
Total	Verde	1.252	1.308	ns
	Ftb	354	309	ns

* = $P<0.05$; ** = $P<0.01$ y ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Verde = kg de material verde, Ftb = kg de foliolo de trébol blanco.

Cuadro 6. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la variable altura del forraje ofrecido (cm) medida en la parcela por ciclo y total (como porcentaje de ración relativo a el feedlot).

Ciclo	T1	T234	P
1	2529 a	1906 b	0.0809
2	1968	1718	ns
3	1967	2081	ns
4	1709	2250	ns
Total	2164	1943	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 7. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la variable Altura del forraje ofrecido (cm) por ciclo y total .

Ciclo	T1	T234	P
1	6.2	6.1	ns
2	4.9	5.6	ns
3	5.3	5.5	ns
4	4.1	3.5	ns
Total	5.5	5.6	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

Cuadro 8. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la variable Altura del forraje ofrecido (cm) medida en la parcela por ciclo y total .

Ciclo	T1	T234	P
1	6.7 a	5.7 b	*
2	4.8 b	6.7 a	*
3	6.9	6.4	ns
4	3.6	3.4	ns
Total	6.0	6.0	ns

* = $P<0.05$ y ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 9. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para la disponibilidad de forraje (verde) y hoja verde (Ftb) de leguminosa rechazada (kg MS/ha) por ciclo de pastoreo y total .

Ciclo	Fracción	T1	T234	P
1	Verde	1.186	1.186	ns
	Ftb	255	255	ns
2	Verde	800	717	ns
	Ftb	58 a	38 b	**
3	Verde	794 b	1.044 a	*
	Ftb	68 b	90 a	0.062
4	Verde	1.423	1.707	ns
	Ftb	29	35	ns
Total	Verde	995	995	ns
	Ftb	135	135	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$ y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 10. Composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) para el ciclo 1.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	42.5	37.4	36.5	44.5	ns
FTB	20.4	17.5	18.9	12.5	ns
PTB	16.8	19.4	25.6	19.2	ns
ETB	5.9	6.6	6.0	2.9	ns
ITB	3.7	1.2	3.5	0.5	ns
GR	1.8	4.7	5.3	4.2	ns
MZ	8.9	7.7	3.5	10.7	ns
RG	0.0	5.5	0.7	5.5	ns

ns: no significativo ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 11. Composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) según tratamiento para el ciclo 2.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	60.4	52.1	64.5	41.9	ns
FTB	10.6	11.5	8.7	11.6	ns
PTB	7.7	7.7	4.3	7.4	ns
ETB	7.8	8.7	10.0	15.6	ns
ITB	2.9	6.0	1.2	1.3	ns
GR	1.2 b	1.2 b	2.8 b	11.4 a	0.0706
MZ	9.4	12.8	8.5	10.8	ns
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 12. Composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) según tratamiento para el ciclo 3.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	55.4 ab	49.4 b	61.9 a	66.2 a	0.0739
FTB	8.1	9.2	5.3	5.0	ns
PTB	7.1 a	7.3 a	4.5 ab	3.2 b	0.0950
ETB	8.7 b	14.1 a	8.3 b	8.0 b	*
ITB	4.0 a	2.2 ab	1.6 ab	0.3 b	0.0991
GR	0.0 b	0.0 b	2.8 a	0.0 b	0.0957
MZ	16.7	17.8	15.6	17.3	ns
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 13. Composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) según tratamiento para el ciclo 4

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	22.1	28.7	27.6	30.6	ns
FTB	18.8 b	25.9 a	26.3 a	16.4 b	*
PTB	10.5 ab	12.2 a	12.3 a	7.7 b	*
ETB	20.4 a	13.6 b	15.7 b	16.9 ab	0.0878
ITB	8.6	3.8	0.0	0.0	ns
GR	0.0	0.0	0.0	0.0	ns
MZ	19.6 ab	15.8 b	18.1 ab	28.4 a	*
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 14. Comparación en porcentaje entre la composición botánica del forraje ofrecido y del remanente total para todo el periodo.

Fracción	Disponible	Rechazo		P
RS	49.7	53.0	-	ns
FTB	12.3 a	6.5 b	↓	**
PTB	10.3 a	7.0 b	↓	*
ETB	9.2	8.7	-	ns
ITB	2.5 a	0.8 b	↓	**
GR	2.8	3.6	-	ns
MZ	12.6 b	20.5 a	↑	**
RG	0.7 a	0.0 b	-	t (0.0902)

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 15. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total según tratamiento para el ciclo 1.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	15.9	15.9	15.2	16.6	ns
FDA	35.8	36.4	35.7	36.5	ns
FDN	42.9	44.4	44.8	45.9	ns
DMS	61.0	60.6	61.1	60.5	ns

ns: no significativo.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 16. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total según tratamiento para el ciclo 2.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	17.6	18.3	18.1	18.3	0.0813
FDA	39.1	35.9	37.9	36.9	ns
FDN	49.0 a	44.8 b	49.5 a	47.7 ab	*
DMS	58.5	60.9	59.4	60.1	ns

ns: no significativo, * = P<0.05.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 17. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total según tratamiento para el ciclo 3.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	16.0	16.7	16.5	16.2	ns
FDA	35.5	33.9	34.8	35.2	ns
FDN	47.1 ab	43.5 c	45.8 bc	48.9 a	**
DMS	61.2	62.5	61.8	61.5	ns

ns: no significativo, * = P<0.05.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 18. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total según tratamiento para el ciclo 4.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	15.1 a	15.8 a	13.0 b	15.0 a	**
FDA	28.7 c	36.2 a	31.7 b	29.0 bc	**
FDN	41.2 c	52.3 a	46.4 b	46.4 b	*
DMS	66.5 a	60.7 c	64.2 b	66.3 ab	**

* = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 19. Composición botánica del forraje remanente en el total (%) según tratamiento para el ciclo 1.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	56.8	54.4	54.1	55.1	ns
FTB	10.0	10.9	14.8	10.1	ns
PTB	19.7	15.7	17.1	15.4	ns
ETB	5.4	1.8	3.5	3.3	ns
ITB	0.3	0.1	0.3	0.9	ns
GR	4.8	10.7	1.7	10.3	ns
MZ	3.0	6.4	8.5	4.9	ns
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 20. Composición botánica del forraje remanente en el total (%) según tratamiento para el ciclo 2.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	59.1	62.2	60.7	53.6	ns
FTB	2.5	2.5	2.3	2.2	ns
PTB	2.3	2.1	1.1	1.5	ns
ETB	15.0 a	10.0 b	5.4 c	10.1 b	*
ITB	0.6	2.1	1.0	0.4	ns
GR	0.0	0.0	0.0	0.0	ns
MZ	20.5	21.1	29.5	32.2	0.0508
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

ns: no significativo ($P>0.1$); * = $P<0.05$.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 21. Composición botánica del forraje remanente en el total (%) según tratamiento para el ciclo 3.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	58.8	51.6	49.7	51.2	ns
FTB	3.5	4.6	4.3	4.0	ns
PTB	2.7	3.1	3.2	3.5	ns
ETB	12.2	9.0	9.1	12.3	ns
ITB	0.8	0.8	0.9	2.5	ns
GR	4.3	3.3	7.0	7.4	ns
MZ	17.7	27.6	25.8	19.1	ns
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

ns: no significativo ($P>0.1$) y * = $P<0.05$ y t: tendencia ($P<0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 22. Composición botánica del forraje remanente en el total (%) según tratamiento para el ciclo 4.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
RS	16.7	15.3	27.2	28.5	ns
FTB	1.7	1.0	2.3	1.2	ns
PTB	1.4	0.5	1.7	0.5	ns
ETB	3.1	45.4	6.3	2.3	ns
ITB	0.0	0.0	0.0	0.0	ns
GR	0.0	0.0	0.0	0.0	ns
MZ	77.1	37.8	62.5	67.5	ns
RG	0.0	0.0	0.0	0.0	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 23. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje remanente total según tratamiento para el ciclo 1.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	17.2 a	15.6 b	17.1 a	15.1 c	**
FDA	37.9 bc	40.4 a	36.8 c	39.4 ab	**
FDN	46.0 c	49.2 b	47.1 c	51.9 a	**
DMS	59.3 ab	57.4 c	60.2 a	58.2 bc	**

ns: no significativo.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 24. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje remanente total según tratamiento para el ciclo 2.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	17.0 b	16.2 a	15.9 ab	16.3 a	*
FDA	39.4 a	38.9 b	35.7 ab	37.5 ab	*
FDN	50.4	51.4	51.3	51.6	ns
DMS	58.2 b	58.6 a	61.1 ab	59.7 ab	*

ns: no significativo.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 25. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje remanente total según tratamiento para el ciclo 3.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	15.4	14.9	15.6	15.2	ns
FDA	37.6	36.2	36.8	35.9	ns
FDN	50.4	49.5	50.4	50.3	ns
DMS	59.6	60.7	60.2	60.9	ns

ns: no significativo.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 26. Componentes del valor nutritivo (%) del forraje remanente total según tratamiento para el ciclo 4.

Fracción	T1	T2	T3	T4	P
PC	15.3 a	16.3 a	12.0 b	12.2 b	**
FDA	37.0 a	31.3 b	33.3 b	35.6 a	**
FDN	56.7 b	45.6 c	62.3 a	61.6 a	**
DMS	60.1 b	64.5 a	63.0 a	61.1 b	**

ns: no significativo.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 27. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje ofrecido en el total (%).

Ciclo	T1	T234	P
RS	50.4	48.9	ns
FTB	13.5	12.0	ns
PTB	10.6	10.9	ns
ETB	8.4	9.4	ns
ITB	3.9 a	1.9 b	*
GR	0.9	3.3	ns
MZ	12.3	12.4	ns
RG	0.0	1.2	ns

* = $P < 0.05$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 28. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) para el ciclo 1.

Ciclo	T1	T234	P
RS	42.5	39.5	ns
FTB	20.4	16.3	ns
PTB	16.8	21.4	ns
ETB	5.9	5.2	ns
ITB	3.7	1.7	ns
GR	1.8	4.7	ns
MZ	8.9	7.3	ns
RG	0.0	3.9	ns

ns: no significativo

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 29. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) para el ciclo 2.

Ciclo	T1	T234	P
RS	60.4	52.8	ns
FTB	10.6	10.6	ns
PTB	7.7	6.5	ns
ETB	7.8	11.4	ns
ITB	2.9	2.8	ns
GR	1.2	5.1	ns
MZ	9.4	10.7	ns
RG	0.0	0.0	ns

ns: no significativo:

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 30. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) para el ciclo 3.

Ciclo	T1	T234	P
RS	55.4	59.2	ns
FTB	8.1	6.5	ns
PTB	7.1	5.0	ns
ETB	8.7	10.1	ns
ITB	4.0 a	1.4 b	*
GR	0.0	0.9	ns
MZ	16.7	16.9	ns
RG	0.0	0.0	ns

* = $P < 0.05$, ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 31. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje ofrecido en el total (%) para el ciclo 4.

Ciclo	T1	T234	P
RS	22.1 b	29.0 a	*
FTB	18.8 b	22.9 a	0.0850
PTB	10.5	10.7	ns
ETB	20.4 a	15.4 b	*
ITB	8.6	1.3	ns
GR	0.0	0.0	ns
MZ	19.6	20.8	ns
RG	0.0	0.0	ns

* = $P < 0.05$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 32. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje remanente en el total (%) para el total del periodo experimental.

Ciclo	T1	T234	P
RS	54.9	52.0	ns
FTB	5.7	6.6	ns
PTB	9.1	7.6	ns
ETB	9.5	7.6	ns
ITB	0.4	0.9	ns
GR	3.2	4.7	ns
MZ	17.2	20.6	ns
RG	0.0	0.0	ns

ns: no significativo.

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 33. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje remanente en el total (%) para el ciclo 1.

Ciclo	T1	T234	P
RS	56.8	54.5	ns
FTB	10.0	11.9	ns
PTB	19.7	16.1	ns
ETB	5.4 b	2.9 a	0.0929
ITB	0.3	0.4	ns
GR	4.8	7.6	ns
MZ	3.0	6.6	ns
RG	0.0	0.0	ns

ns: no significativo; t: tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: RS (restos secos), FTB (foliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 34. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje remanente en el total (%) para el ciclo 2.

Ciclo	T1	T234	P
RS	59.1	58.8	ns
FTB	2.5	2.3	ns
PTB	2.3	1.6	ns
ETB	15.0	8.5	ns
ITB	0.6	1.2	ns
GR	0.0	0.0	ns
MZ	20.5	27.6	ns
RG	0.0	0.0	ns

ns: no significativo.

Nota: RS (restos secos), FTB (fóliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 35. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje remanente en el total (%) para el ciclo 3.

Ciclo	T1	T234	P
RS	58.8	50.8	ns
FTB	3.5	4.3	ns
PTB	2.7	3.3	ns
ETB	12.2	10.1	ns
ITB	0.8	1.4	ns
GR	4.3	5.9	ns
MZ	17.7	24.2	ns
RG	0.0	0.0	ns

ns: no significativo.

Nota: RS (restos secos), FTB (fóliolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

Cuadro 36. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables de composición botánica del forraje remanente en el total (%) para el ciclo 4.

Ciclo	T1	T234	P
RS	16.7	23.7	ns
FTB	1.7	1.5	ns
PTB	1.4	0.9	ns
ETB	3.1	18.0	ns
ITB	0.0	0.0	ns
GR	0.0	0.0	ns
MZ	77.1	55.9	ns
RG	0.0	0.0	ns

Nota: RS (restos secos), FTB (folíolo de trébol blanco), PTB (peciolo de trébol blanco), ETB (estolón de trébol blanco), ITB (inflorescencia de trébol blanco), GR (gramíneas), MZ (malezas) y RG (raigrás).

* = $P < 0.05$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

Cuadro 37. Utilización (%) de la materia seca disponible por ciclo de pastoreo y total .

Ciclo	T1	T234	P
1	38.6 b	52.7 a	0.0950
2	43.5	35.0	ns
3	36.9	30.0	ns
4	39.7	44.5	ns
Total	39.4	41.3	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$); t: tendencia ($P < 0.1$).

Cuadro 38. Utilización (%) del forraje verde y hoja verde disponible por ciclo de pastoreo y total.

Ciclo	Fracción	T1	T234	P
1	Verde	62.3	69.5	ns
	Ftb	75.2	68.1	ns
2	Verde	46.1	52.9	ns
	Ftb	86.7	85.4	ns
3	Verde	46.3 a	28.6 b	0.0618
	Ftb	71.2	62.5	ns
4	Verde	35.6	39.3	ns
	Ftb	94.5	96.6	ns
Total	Verde	51.0	51.3	ns
	Ftb	78.6	73.9	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$); t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Verde = Forraje verde, Ftb = folíolo de trébol blanco.

Cuadro 39. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables que describen el valor nutritivo (%) del forraje ofrecido total para el total del periodo experimental.

Ciclo	T1	T234	P
PC	13.1	13.1	ns
FDA	28.0	27.9	ns
FDN	42.9	37.1	ns
DMS	67.1	67.1	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = Digestibilidad de la Materia Seca.

Cuadro 40. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las variables que describen el valor nutritivo (%) del forraje remanente total para el total del periodo experimental.

Ciclo	T1	T234	P
PC	13.2	12.4	ns
FDA	30.6	29.4	ns
FDN	46.0	41.7	ns
DMS	65.1	66.0	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = Digestibilidad de la Materia Seca.

Cuadro 41. Evolución de los componentes del valor nutritivo promedio del forraje ofrecido y remanente de cada ciclo para el total del periodo experimental.

	Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3			Ciclo 4		
	D	R	P	D	R	P	D	R	P	D	R	P
PC	15.9	16.3	ns	18.1 a	16.3 b	**	16.3 a	15.3 b	**	14.6	14.0	ns
FDA	36.1 b	38.6 a	**	37.5	37.9	ns	34.8 b	36.6 a	**	30.7 b	34.3 a	*
FDN	44.5 b	48.5 a	**	47.8 b	51.2 a	**	46.3 b	50.2 a	**	45.8 b	56.5 a	**
DMS	60.8 b	58.8 a	**	59.7	59.4	ns	61.8 a	60.4 b	**	64.9 a	62.2 b	*

* = $P<0.05$, ** = $P<0.01$ y ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = Digestibilidad de la Materia Seca.

Cuadro 42. Evolución de los componentes del valor nutritivo promedio del forraje ofrecido y remanente de cada ciclo para el total del periodo experimental.

	T 1			T 2			T 3			T 4		
	D	R	P	D	R	P	D	R	P	D	R	P
PC	16.1	16.3	ns	16.65	15.72	0.056	15.69	15.17	ns	17	14.7	*
FDA	34.78	38	0.052	35.59	36.7	ns	35.05	35.64	ns	34	37.1	0.07
FDN	45.06	50.9	**	46.26	48.91	ns	46.62	52.79	*	47	53.9	**
DMS	61.8	59.3	0.052	61.17	60.31	ns	61.6	61.14	ns	62	60	0.07

* = P<0.05; ** = P<0.01; t: tendencia (P<0.1) y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: PC= proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; FDN = fibra detergente neutro y DMS = Digestibilidad de la Materia Seca.

Cuadro 43. Condiciones climáticas en los días que se realizaron las determinaciones de comportamiento animal.

	Temperatura			HR%
	Media	Mínima	Máxima	
Ciclo 2	27.2	13.9	33.8	52.8
Ciclo 3	27.8	19.9	33.3	70.6
Ciclo 4	27.3	19.7	32.1	78.4

Cuadro 44. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:30 – 19:30 horas), para el Ciclo 2.

	T1	T234	P
P	500 a	363 b	**
R	82	87	ns
O	257 b	328 a	**
A	2	4	ns
TB	36	34	ns

** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocados).

Cuadro 45. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las actividades comportamentales de los animales (minutos/corderas) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:45 – 20:30 horas), para el Ciclo 3.

	T1	T234	P
P	313 a	251 b	**
R	107 a	54 b	**
O	460 b	525 a	**
A	5	12	ns
TB	33.4 b	36.6 a	**

** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocados).

Cuadro 46. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para las actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (6:00 – 20:00 horas), para el Ciclo 4.

	T1	T234	P
P	367 a	249 b	**
R	42	51	ns
O	432	464	ns
A	0	6	ns
TB	34.5	34.3	ns

** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocados).

Cuadro 47. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para las actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:30 – 19:30 horas), para el Ciclo 2.

	T234	T5	P
R	87	70	ns
O	328 b	598 a	**
S	58 a	14 b	**
A	4	8	ns

** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocados).

Cuadro 48. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para las actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (5:45 – 20:30 horas), para el Ciclo 3.

	T234	T5	P
R	54	38	ns
O	525 b	728 a	**
S	43 a	61 b	**
A	12	10	ns

** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocados).

Cuadro 49. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para las actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz (6:00 – 20:00 horas), para el Ciclo 4.

	T234	T5	P
R	51	38	ns
O	464 b	691 a	**
S	70	56	ns
A	6	10	ns

** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo), R (rumia), D (descanso), A (consumo de agua) y TB (tasa de bocados).

Cuadro 50. Actividades comportamentales de los animales (minutos/cordera) y tasa de bocado (bocados/minuto) durante las horas de luz, según tratamiento para todo el período experimental.

Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	P
P	393 a	380 a	267 b	226 b	-	**
R	77 b	112 a	46 c	39 c	49 c	**
D	383 c	322 c	483 b	502 b	670 a	**
A	2	9	6	8	9	t
S	-	32 c	56 b	81 a	78 a	**
F	-	-	-	-	48	
TB	35 ab	36 a	36 a	34 b	-	*

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: P (pastoreo), R (rumia), D (descanso, juego, otros, etc.), A (consumo de agua), S (consumo de suplemento), F (consumo de fardo) y TB (tasa de bocados). En el cuadro XX, t de 0.0733 a favor de (b a ab a a)

Cuadro 51. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para consumo aparente de materia seca total (g MS/animal/día).

	T1	T234	P
2	1490	1636	ns
3	2259 a	1743 a	**
4	1933	2066	ns
Total	1929 a	1782 b	0.0864

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 52. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para consumo aparente de materia seca total (g MS/animal/día).

	T234	T5	P
2	1636 a	1097 b	**
3	1743 a	1204 b	**
4	2066 a	1136 b	**
Total	1782 a	1152 b	**

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 53. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para consumo aparente de materia seca como porcentaje del peso vivo.

	T1	T234	P
2	3.4	3.7	ns
3	4.7 a	3.6 b	**
4	3.7	3.9	ns
Total	4.1 a	3.7 b	0.0667

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 54. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para consumo aparente de materia seca como porcentaje del peso vivo.

	T234	T5	P
2	3.7 a	2.9 b	**
3	3.6 a	2.8 b	**
4	3.9 a	2.4 b	**
Total	3.7 a	2.8 b	**

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 55. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para consumo aparente de proteína cruda (g/animal/día) para todo el periodo experimental.

	T1	T234	P
2	254	277	ns
3	356 a	299 b	*
4	277 b	401 a	**
Total	305	312	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 56. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para consumo aparente de proteína cruda (g/animal/día) para todo el periodo experimental.

	T234	T5	P
2	277	264	ns
3	299 a	220 b	**
4	401 a	209 b	**
Total	312	235	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 57. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para consumo aparente de materia seca (g/animal/día) para todo el periodo experimental.

	T1	T234	P
2	874	966	ns
3	1370	1221	ns
4	1610	1537	ns
Total	1254	1189	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 58. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para consumo aparente de materia seca digestible (g/animal/día) para todo el periodo experimental.

	T234	T5	P
2	966 a	843 b	*
3	1221 a	924 b	**
4	1537 a	881 b	**
Total	1189 a	884 b	**

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 59. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para utilización (%) de la materia seca de total ofrecido por ciclo de pastoreo.

	T1	T234	P
2	29.9	34.4	ns
3	38.5	28.3	ns
4	19.8	16.6	ns
Total	31.6	27.6	ns

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 60. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para utilización (%) de la materia seca de total ofrecido por ciclo de pastoreo.

	T234	T5	P
2	34.4 a	74.1 b	**
3	28.3 a	75.8 b	**
4	16.6 a	70.0 b	**
Total	27.6 a	74.0 b	**

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t : tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 61. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para consumo aparente materia seca del forraje desaparecido por día (g/MS/animal/día).

	T1	T234	P
2	1490 b	1020 a	**
3	2259 b	1096 a	**
4	1933 b	1310 a	**
Total	1929	1120	ns

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 62. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para consumo aparente de ración (g/MS/animal/día).

	T234	T5	P
2	590 b	767 a	**
3	648 b	874 a	**
4	756 b	827 a	**
Total	648 b	883 a	**

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 63. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para utilización (% desaparecido) del forraje ofrecido (materia seca).

	T1	T234	P
2	29.9	24.5	ns
3	38.5 a	19.2 b	**
4	19.8 a	11.1 b	**
Total	31.6 a	19.1 b	**

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 64. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para utilización (% desaparecido) de la ración ofrecida (materia seca).

	T234	T5	P
2	100	67.3	ns
3	97.1 a	69.4 b	0.0696
4	97.2	63.4	ns
Total	98.3 a	67.4 b	**

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 65. Utilización (% desaparecido) de la proteína cruda ofrecida en el total de la dieta según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	28.9 c	49.1 bc	54.1 b	46.3 bc	73.5 a	**
3	38.2 b	26.9 b	30.3 b	33.0 b	76.3 a	**
4	18.9 b	15.8 b	25.7 b	25.9 b	70.5 a	**
Media	30.9 b	33.5 b	37.4 b	37.2 b	74.1 a	**

** = P<0.01; a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 66. Utilización (% desaparecido) de la materia seca digestible total según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
2	30.0 b	50.6 b	56.3 ab	47.5 b	72.7 a	**
3	38.3 b	27.5 b	32.2 b	34.6 b	74.3 a	**
4	24.4 b	13.0 b	22.6 b	20.1 b	68.4 a	**
Media	32.6 b	33.8 b	38.3 b	36.9 b	72.5 a	*

** = P<0.01; * = P<0.05; a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 67. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para consumo diario de agua (lts./animal/día) para todo el periodo experimental.

	T1	T234	P
2	3.96	4.00	ns
3	3.51 b	4.81 a	**
4	4.53	5.46	ns
Total	3.89 b	4.60 a	*

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 68. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para consumo diario de agua (lts./animal/día) para todo el periodo experimental.

	T234	T5	P
2	4.00 b	4.53 a	*
3	4.81	4.62	ns
4	5.46 a	4.74 b	*
Total	4.60	4.61	ns

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1) y t : tendencia (P<0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 69. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso vivo lleno promedio (kg/cordera) inicial y final para cada ciclo de pastoreo.

Ciclo	T1	T234	P
Inicial	33.7	32.6	ns
Inicial'	34.4	35.3	ns
1	38.7	39.2	ns
2	45.1	45.2	ns
3	50.9	50.5	ns
Final	51.1	52.5	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Inicial' no tiene en cuenta el periodo de acostumbramiento (11 días).

Cuadro 70. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso vivo lleno promedio (kg/cordera) inicial y final para cada ciclo de pastoreo.

Ciclo	T234	T5	P
Inicial	32.6	32.5	ns
Inicial ¹	35.3	33.9	ns
1	39.2 a	34.7 b	**
2	45.2 a	40.0 b	**
3	50.5 a	45.9 b	**
Final	52.5 a	47.5 b	**

** = $P<0.01$, ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Inicial¹ no tiene en cuenta el periodo de acostumbramiento (11 días).

Cuadro 71. Peso vivo lleno promedio (kg/cordero) inicial y final para cada ciclo de pastoreo ajustado por el peso vivo lleno inicial, según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
Inicial	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	ns
Inicial ¹	34.4	35.4	34.8	35.8	33.6	ns
1	38.7 a	38.9 a	39.5 a	39.1 a	34.7 b	**
2	45.1 a	45.5 a	44.5 a	45.6 a	40.0 b	**
3	50.9 a	50.9 a	50.0 a	50.7 a	45.9 b	*
Final	51.1 ab	52.0 a	52.0 a	53.5 a	47.5 b	*

* = $P<0.05$, ** = $P<0.01$, ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: Inicial¹ no tiene en cuenta el periodo de acostumbramiento (11 días).

Cuadro 72. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso vivo lleno promedio (kg/cordera) inicial al inicio del experimento y al final de cada ciclo ajustado por peso vivo lleno inicial.

Ciclo	T1	T234	P
Inicial	32.8	32.8	ns
1	37.9 b	39.3 a	*
2	44.2	45.2	ns
3	50.0	50.6	ns
4	50.3 b	52.6 a	*

<0.05, ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 73. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento Peso vivo lleno promedio (kg/cordera) al inicio del experimento y al final de cada ciclo ajustado por peso vivo lleno inicial.

Ciclo	T234	T5	P
Inicial	32.8	32.8	ns
1	39.3 a	35.0 b	**
2	45.2 a	40.4 b	**
3	50.6 a	46.4 b	**
4	52.6 a	48.0 b	**

** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 74. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para ganancia de peso vivo lleno promedio (g/cordera/día) de cada ciclo de pastoreo y total.

Ciclo	T1	T234	P
1	154 b	198 a	**
1'	175	179	ns
2	238	221	ns
3	207	185	ns
4	17 b	132 a	**
Total	169 b	191 a	*
Total'	173	154	ns

* P<0.05, ** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: 1' y Total' no tiene en cuenta el periodo de acostumbramiento (11 días). Valores ajustados por peso vivo inicial.

Cuadro 75. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para ganancia de peso vivo lleno promedio (kg/cordera/día) de cada ciclo de pastoreo y total.

Ciclo	T234	T5	P
1	198 a	67 b	**
1'	179 a	145 b	**
2	221	208	ns
3	185	176	ns
4	132	105	ns
Total	191 a	147 b	**
Total'	154 a	33 b	**
4	52.6 a	48.0 b	**

**= P<0.01 ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: 1' y Total' no tiene en cuenta el periodo de acostumbramiento (11 días). Valores ajustados por peso vivo inicial.

Cuadro 76. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso vivo vacío promedio (kg/cordera) al inicio del experimento y al final de cada ciclo.

Ciclo	T1	T234	P
Inicial	31.3	30.4	ns
1	35.6	36.6	ns
2	41.2	41.8	ns
3	46.9	47.4	ns
4	47.1	49.2	ns

ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 77. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso vivo vacío promedio (kg/cordera) al inicio del experimento y al final de cada ciclo.

Ciclo	T234	T5	P
Inicial	30.4	30.2	ns
1	36.6 a	32.6 b	**
2	41.8 a	37.2 b	**
3	47.4 a	42.6 b	**
4	49.2 a	44.1 b	**

** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 78. Peso vivo vacío promedio (kg/cordero) al inicio del experimento y al final de cada ciclo de pastoreo ajustado por peso vivo vacío inicial, según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
Inicial	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	ns
1	35.6 ab	36.4 a	37.0 a	36.3 a	32.3 b	*
2	41.2 a	42.4 a	41.1 a	42.0 a	37.2 b	*
3	46.9 a	47.7 a	47.2 a	47.3 a	42.6 b	*
Final	47.1 ab	48.7 a	49.0 a	49.9 a	44.1 b	*

* = $P < 0.05$, ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 79. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso vivo vacío promedio (kg/cordera) inicial y final ajustado por peso vivo vacío promedio al inicio del experimento y al final de cada ciclo ajustado por peso vivo inicial.

Ciclo	T1	T234	P
Inicial	30.5	30.5	ns
1	34.8 b	36.7 a	**
2	40.4 b	41.9 a	*
3	46.1	47.5	ns
4	46.3 b	49.3 a	**

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 80. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso vivo vacío promedio (kg/cordero) inicial y final ajustado por peso vivo vacío promedio (kg/cordero) al inicio del experimento y al final de cada ciclo ajustado por peso vivo inicial.

Ciclo	T234	T5	P
Inicial	30.5	30.5	ns
1	36.7 a	32.9 b	**
2	41.9 a	37.7 b	**
3	47.5 a	43.1 b	**
4	49.3 a	44.5 b	**

$P < 0.01$, ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 81. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para condición corporal promedio (kg/cordero) inicial y final para cada ciclo de pastoreo.

Ciclo	T1	T234	P
Inicial	3.45	3.46	ns
1	3.36 b	3.79 a	**
2	3.89 b	4.34 a	**
3	4.25 b	4.45 a	0.0556
4	4.33 b	4.51 a	**

** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 82. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para condición corporal promedio inicial y final para cada ciclo de pastoreo.

Ciclo	T234	T5	P
Inicial	3.46	3.45	ns
1	3.79 a	3.46 b	**
2	4.34 a	3.93 b	**
3	4.45	4.30	ns
4	4.51	4.41	ns

P<0.01, ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 83. Condición Corporal promedio (kg/cordero) inicial y final para cada ciclo de pastoreo ajustado por condición corporal inicial según tratamiento.

Ciclo	T1	T2	T3	T4	T5	P
Inicial	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	ns
1	3.36 b	3.67 ab	3.90 a	3.80 a	3.46 b	*
2	3.89 b	4.25 ab	4.35 a	4.43 a	3.93 b	*
3	4.25	4.44	4.43	4.50	4.30	ns
4	4.33	4.53	4.45	4.55	4.41	ns

* = P<0.05, ** = P<0.01, ns: no significativo (P>0.1).

a, b y c = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 84. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para condición corporal promedio inicial y final para cada ciclo de pastoreo ajustada por condición corporal inicial.

Ciclo	T1	T234	P
Inicial	3.47	3.47	ns
1	3.36 b	3.79 a	**
2	3.88 b	4.34 a	**
3	4.25 b	4.46 a	*
4	4.33 b	4.51 a	*

* $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 85. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para condición corporal promedio (kg/cordero) inicial y final para cada ciclo de pastoreo ajustada por condición corporal inicial.

Ciclo	T234	T5	P
Inicial	3.47	3.48	ns
1	3.79 a	3.44 b	**
2	4.34 a	3.95 b	**
3	4.46	4.30	ns
4	4.51	4.42	ns

** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 86. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para producción de lana vellón sucia y limpia (kg/animal) y crecimiento de lana (microgramo/anim/día) sucia y limpia.

Ciclo	T1	T234	P
Vellón	2.135	1.987	ns
Vellón (LI)	2.038	2.080	ns
Vellón (LI y PV)	2.009	2.075	ns
Crecimiento limpio	1177	1241	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: LI = ajustado por lana inicial, LI y PV = ajustado por lana inicial y por peso vivo.

Cuadro 87. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para producción de lana vellón sucia y limpia (kg/animal) y crecimiento de lana (microgramo/anim/día) sucia y limpia.

Ciclo	T234	T5	P
Vellón	1.987	1.976	ns
Vellón (LI)	2.080 a	1.813 b	*
Vellón (LI y PV)	2.075 a	1.853 b	*
Crecimiento limpio	1241	1158	ns

* P<0.05 y ns: no significativo (P>0.1)

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: LI = ajustado por lana inicial, LI y PV = ajustado por lana inicial y por peso vivo.

Cuadro 88. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para producción de lana vellón sucia y limpia (kg/animal) y crecimiento de lana (microgramo/anim/día) sucia y limpia.

	T1	T234	P
Diámetro (micras)	31.9 b	33.6 a	0.0756
CV (%)	21.6 a	19.2 b	*
Rendimiento (%)	82.0	78.8	ns
Largo mecha (cm)	4.13	3.59	ns
Luminosidad (Y)	63.0	62.5	ns
Amarillamiento (Y_Z)	6.51	5.62	ns

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: CV = coeficiente de variación.

Cuadro 89. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para producción de lana vellón sucia y limpia (kg/animal) y crecimiento de lana (microgramo/anim/día) sucia y limpia.

	T234	T5	P
Diámetro (micras)	33.6	33.1	ns
CV (%)	19.2	19.4	ns
Rendimiento (%)	78.8	79	ns
Largo mecha (cm)	3.59	3.32	ns
Luminosidad (Y)	62.5 b	65 a	**
Amarillamiento (Y_Z)	5.62	4.82	ns

** = P<0.01,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: CV = coeficiente de variación.

Cuadro 90. Evolución de la dentición (proporción en %) según tratamiento.

Tratamiento	Clasificación	Semana de Experimento						
		4	6	8	10	12	14	16
1	DL	100	90	90	70	40	0	0
	C1D	0	10	0	20	20	10	0
	C2D	0	0	10	0	20	40	20
	2D	0	0	0	10	20	50	80
2	DL	90	80	80	70	60	30	0
	C1D	10	10	0	10	0	20	10
	C2D	0	10	20	0	10	20	20
	2D	0	0	0	20	30	30	70
3	DL	100	90	80	70	10	0	0
	C1D	0	10	10	10	50	0	0
	C2D	0	0	10	10	10	60	0
	2D	0	0	0	10	30	40	100
4	DL	90	90	80	70	40	10	0
	C1D	10	0	0	10	20	10	0
	C2D	0	10	20	10	10	50	10
	2D	0	0	0	10	30	30	90
5	DL	83	92	64	64	36	18	0
	C1D	17	0	18	0	18	9	9
	C2D	0	8	18	27	18	36	18
	2D	0	0	0	9	27	36	73

Cuadro 91. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para variables determinadas en la canal *post mortem*

	T1	T234	P
AOBu	15.85	17.03	ns
P:C.(mm)	9.06	10.37	ns
AOBu'	16.05	16.82	ns
P.C. '(mm)	9.37	10.05	ns
AOBc	15.11	15.34	ns
AOBc''	15.21	15.26	ns
AOBc'''	15.20	15.01	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: AOBu (área de ojo de bife por ultrasonografía), AOBc (área de ojo de bife medida con cuadrícula), P.C. (Punto C), ' = ajuste por Peso vivo vacío final, '' = ajuste por Peso vivo vacío al momento de la ultrasonografía, ''' = Ajuste por peso de canal fría.

Cuadro 92. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para variables determinadas en la canal *post mortem*

	T234	T5	P
AOBu	17.03	15.88	ns
P:C.(mm)	10.37 a	9.11 b	0.093
AOBu'	16.82	16.27	ns
P.C. ' (mm)	10.05	9.72	ns
AOBc	15.34	15.18	ns
AOBc''	15.26	14.92	ns
AOBc'''	15.01	14.48	ns

ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: AOBu (área de ojo de bife por ultrasonografía), AOBc (área de ojo de bife medida con cuadrícula), P.C. (Punto C), ' = ajuste por Peso vivo vacío final, '' = ajuste por Peso vivo vacío al momento de la ultrasonografía, ''' = Ajuste por peso de canal fría.

Cuadro 93. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para variables determinadas en la canal *post mortem*.

	T1	T234	P
PVVf (kg)	45.8 b	49.4 a	*
PCc (kg)	23.1 b	25.6 a	**
Rdto. (%)	46.5 b	48.6 a	**
PCf (kg)	22.8 b	25.2 a	*
M. frío (%)	1.1	1.7	ns
GR (mm)	18.9	21.8	ns
GR' (mm)	19.1	21.2	ns
GR bife (mm)	16.6	18.3	ns
GR bife' (mm)	16.7	17.6	ns

* P<0.05, ** = P<0.01,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ' = ajustado por peso de canal caliente; PVVf = peso vivo vacío final; PCc = peso de canal caliente; Rdto. = rendimiento; PCf = peso de canal fría; M. frío = merma por enfriamiento; GR = espesor de grasa en la; GR bife = espesor de grasa medida en el bife ya cortado.

Cuadro 94. Contraste de medias sistema pastoril-suplementado versus el sistema feedlot para variables determinadas en la canal *post mortem*.

	T1	T234	P
PVVf (kg)	49.4 a	44.1 b	**
PCc (kg)	25.6 a	22.5 b	**
Rdto. (%)	48.6 a	47.4 b	0.0552
PCf (kg)	25.2 a	21.8 b	**
M. frío (%)	1.7 b	3.3 a	*
GR (mm)	21.8	20.0	ns
GR' (mm)	21.2	21.0	ns
GR bife (mm)	18.3 a	15.2 b	*
GR bife' (mm)	17.6	17.0	ns

* P<0.05, ** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ' = ajustado por peso de canal caliente; PVVf = peso vivo vacío final; PCc = peso de canal caliente; Rdto. = rendimiento; PCf = peso de canal caliente; M. frío = merma por enfriamiento; GR = espesor de grasa en la; GR bife = espesor de grasa medida en el bife ya cortado.

Cuadro 95. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados y de sistema pastoril-suplementado versus el sistema feedlot para peso de pierna con cuadril y sin hueso (kg).

	T1	T234	T5	P
Peso (kg)	2.187	2.334	-	0.0751
Peso (kg)	-	2.334 a	2.179 b	*
Peso (kg)'	2.283	2.239	-	ns
Peso (kg)'	-	2.239 b	2.361 a	**

* P<0.05, ** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ' = Ajustado por Peso de Canal Fría.

Cuadro 96. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados y de sistema pastoril-suplementado versus el sistema feedlot para (kg)..

	T1	T234	T5	P
Rack	592 b	645 a	-	*
Rack	-	645 a	569 b	**
Rack'	615 a	622 a	-	ns
Rack'	-	622 a	613 a	ns

* P<0.05, ** = P<0.01, y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: ' = Ajustado por Peso de Canal Fría.

Cuadro 97. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (gramos) de la paleta izquierda entera y de las fracciones obtenidas en el despiece de la misma.

Fracción	T1	T234	P
Peso Paleta	1724	1740	ns
Músculo	946	904	ns
G. Sub.	122	133	ns
G. Int.	192	226	ns
Hueso	318	317	ns
Otros	123	114	ns
Diferencia (%)	1.37 b	2.57 a	*
Músculo T.	969	949	ns

P<0.05 y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 98. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de la paleta izquierda entera y de las fracciones obtenidas en el despiece de la misma.

Fracción	T234	T5	P
Peso Paleta	1.740 a	1584 b	**
Músculo	904	865	ns
G. Sub.	133 a	96 b	0.0693
G. Int.	226 a	183 b	0.0759
Hueso	317 a	292 b	0.0543
Otros	114	111	ns
Diferencia (%)	2.57	2.30	ns
Músculo T.	949	901	ns

** = P<0.01 y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 99. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados peso (gramos) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos, ajustado por peso de canal fría.

Fracción	T1	T234	P
Peso Paleta	1711	1698	ns
Músculo	939 a	882 b	**
G. Sub.	121	129	ns
G. Int.	190	220	ns
Hueso	317	315	ns
Otros	122	110	ns
Diferencia (%)	1.37 b	2.57 a	*
Músculo T.	962	924	ns

P<0.05, ** = P<0.01,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 100. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos, ajustado por peso de canal fría.

Fracción	T234	T5	P
Peso Paleta	1698 a	1732 a	ns
Músculo	882 b	942 a	*
G. Sub.	129 a	113 a	ns
G. Int.	220 a	207 a	ns
Hueso	315 a	304 a	ns
Otros	110 a	124 a	ns
Diferencia (%)	2.57 a	2.36 a	ns
Músculo T.	924 b	983 a	0.0732

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 101. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso total de la paleta) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos.

Fracción	T1	T234	P
Músculo	54.9 a	52.0 b	*
G. Sub.	7.11	7.6	ns
G. Int.	11.2	12.9	ns
Hueso	18.4	18.3	ns
Otros	7.03	6.6	ns
Músculo T.	56.3	54.5	ns

P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 102. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso total de la paleta) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos.

Fracción	T234	T5	P
Músculo	52 a	54.6 a	*
G. Sub.	7.6	6.08	ns
G. Int.	12.9	11.6	ns
Hueso	18.3	18.4	ns
Otros	6.6	7.02	ns
Músculo T.	54.5 a	57 a	0.0873

* $P < 0.05$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 103. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso total de la paleta) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos, ajustado por peso de canal fría.

Fracción	T1	T234	P
Músculo	54,9 a	52 b	*
G. Sub.	7,08	7.5	ns
G. Int.	11,1	12.9	ns
Hueso	18,5	18.6	ns
Otros	7,01	6.5	ns
Músculo T.	56.3	54.4	ns

$P < 0.05$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 104. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso total de la paleta) de las fracciones obtenidas en el despiece de la paleta izquierda de los corderos, ajustado por peso de canal fría.

Fracción	T234	T5	P
Músculo	52	54.6	ns
G. Sub.	7.5	6.43	ns
G. Int.	12.9	11.8	ns
Hueso	18.6	17.6	ns
Otros	6.5	7.18	ns
Músculo T.	54.4	57	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 105. Peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes) ajustado por peso de canal caliente, según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Grasa Cavitaria	161 b	260 ab	301 a	196 b	152 b	0.0558
Retículo-Rumen	824	846	838	832	786	ns
Omaso-Abomaso	407	365	359	317	318	ns
Intestino	1779	1707	1485	1573	1556	ns
Tela (Grasa)	1360	1582	1530	1534	1471	ns
Esófago	80	89	77	69	76	ns
Recto	91	65	80	100	70	ns

* = $P < 0.05$, ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 106. Peso (gramos) de las partes que componen las vísceras verdes ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Grasa Cavitaria	159 b	264 ab	303 a	201 ab	141 b	*
Retículo-Rumen	823	827	839	827	809	ns
Omaso-Abomaso	407	356	359	313	330	ns
Intestino	1774	1661	1493	1569	1603	ns
Tela (Grasa)	1338	1542	1560	1573	1465	ns
Esófago	80	85	77	67	82	ns
Recto	94	62	80	95	76	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 107. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes).

Órgano	T1	T234	P
Grasa Cavitaria	159 b	257	*
Retículo-Rumen	822	844	ns
Omaso-Abomaso	407	347	ns
Intestino	1770	1614	ns
Tela (Grasa)	1331 b	1637 a	0.0742
Esófago	80	78	ns
Recto	95	75	ns

$P < 0.05$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 108. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes).

Órgano	T234	T5	P
Grasa Cavitaria	257 a	139 b	**
Retículo-Rumen	844 a	772 b	0.0752
Omaso-Abomaso	347	318	ns
Intestino	1614	1488	ns
Tela (Grasa)	1637 a	1237 b	*
Esófago	78	78	ns
Recto	75	81	ns

* $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 109. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T1	T234	P
Grasa Cavitaria	159 b	258 a	*
Retículo-Rumen	821	839	ns
Omaso-Abomaso	406	344	ns
Intestino	1763	1578	ns
Tela (Grasa)	1306	1544	ns
Esófago	80	78	ns
Recto	95	78	ns

* $P < 0.05$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 110. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T234	T5	P
Grasa Cavitaria	258 a	139 b	0.0583
Retículo-Rumen	839	789	ns
Omaso-Abomaso	344	326	ns
Intestino	1578	1573	ns
Tela (Grasa)	1544	1542	ns
Esófago	78	74	ns
Recto	78	75	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 111. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T1	T234	P
Grasa Cavitaria	159 b	258 a	*
Retículo-Rumen	823	832	ns
Omaso-Abomaso	407 a	343 b	0.0991
Intestino	1774	1566	ns
Tela (Grasa)	1338	1559	ns
Esófago	80	76	ns
Recto	94	8	ns

P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 112. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T234	T5	P
Grasa Cavitaria	258 a	141 a	*
Retículo-Rumen	832	809	ns
Omaso-Abomaso	343	330	ns
Intestino	1566 b	1603 a	*
Tela (Grasa)	1559	1465	ns
Esófago	76	82	ns
Recto	80	76	ns

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 113. Peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes) ajustado por peso de canal caliente, según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Retículo-Rumen	18.5	18.2	19.4	18.4	18.8	ns
Omaso-Abomaso	8.9	7.9	8.9	7.2	7.8	ns
Intestino	391	371	334	357	361	ns
Tela (Grasa)	19.7	33.5	34.6	35.1	33.7	ns
Esófago	16.5	19.3	17.7	14.3	18.3	ns
Recto	20.9	14.1	19.2	21.9	17.9	ns

* = P<0.05 y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 114. Peso (% del peso total del aparato digestivo) de las partes que componen las vísceras verdes ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Retículo-Rumen	18.5	18.4	19.4	18.2	18.8	ns
Omaso-Abomaso	9.0	7.9	8.9	7.1	7.9	ns
Intestino	39.3	37.1	33.3	35.2	36.4	ns
Tela (Grasa)	29.5	33.4	34.7	36.1	33.1	ns
Esófago	1.7	1.9	1.8	1.4	1.9	ns
Recto	2.1	1.4	1.9	2.1	1.9	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$) y t: tendencia ($P < 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 115. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, según tratamiento.

Órgano	T1	T234	P
Corazón	164	168	ns
Hígado	830	820	ns
Riñones	113	120	ns
Pulmones	395	378	ns
Traquea	373	364	ns
Grasa	411	543	ns
Bazo	70	7.8	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 116. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, según tratamiento.

Órgano	T234	T5	P
Corazón	168	158	ns
Hígado	820 a	751 b	*
Riñones	120	110	ns
Pulmones	378	378	ns
Traquea	364	365	ns
Grasa	543	444	ns
Bazo	7.8	78	ns

* $P < 0.05$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 117. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para pastoril-suplementado versus el sistema feedlot para peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T1	T234	P
Corazón	163	162	ns
Hígado	825	804	ns
Riñones	112	117	ns
Pulmones	394	374	ns
Traquea	372	343	ns
Grasa	401	511	ns
Bazo	70	7.7	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 118. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T234	T5	P
Corazón	162	176	ns
Hígado	804	805	ns
Riñones	117	120	ns
Pulmones	374	394	ns
Traquea	343	375	ns
Grasa	511	569	ns
Bazo	7.7	77	ns

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 119. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T1	T234	P
Corazón	165	162	ns
Hígado	832	803	ns
Riñones	113	117	ns
Pulmones	396	373	ns
Traquea	373	346	ns
Grasa	415	511	ns
Bazo	70	76	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 120. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas, ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T234	T5	P
Corazón	162	175	ns
Hígado	803	802	ns
Riñones	117	119	ns
Pulmones	373	398	ns
Traquea	346	367	ns
Grasa	511	557	ns
Bazo	76	81	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 121. Peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal caliente según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Corazón	166	172	155	162	172	ns
Hígado	836	788	777	846	795	ns
Riñones	114	118	119	115	116	ns
Pulmones	396	359	380	384	388	ns
Traquea	373	346	354	336	368	ns
Grasa	427	464	598	448	568	ns
Bazo	70	78	72	83	76	ns

ns: no significativo ($P>0.1$) y t: tendencia ($P<0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 122. Peso (gramos) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso vivo vacío final según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Corazón	165	167	157	164	175	ns
Hígado	832	775	782	851	802	ns
Riñones	113	115	120	115	119	ns
Pulmones	396	350	381	383	398	ns
Traquea	373	346	354	336	367	ns
Grasa	415	448	594	471	557	ns
Bazo	70	75	73	81	81	ns

* = $P<0.05$ y ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 123. Peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal caliente según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Corazón	0.34	0.35	0.32	0.34	0.36	ns
Hígado	1.73	1.61	1.64	1.78	1.67	ns
Riñones	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	ns
Pulmones	0.82	0.74	0.8	0.81	0.82	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 124. Peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por Peso vivo vacío final según tratamiento.

Órgano	T1	T2	T3	T4	T5	P
Corazón	0.34	0.35	0.33	0.34	0.36	ns
Hígado	1.73	1.62	1.64	1.78	1.68	ns
Riñones	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	ns
Pulmones	0.82	0.74	0.80	0.80	0.84	ns

* = $P < 0.05$ y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 125. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes).

Órgano	T1	T234	P
Retículo-Rumen	18.7	18.4	ns
Omaso-Abomaso	9.0	7.8	ns
Intestino	39.5	35	ns
Tela (Grasa)	29.0	35.5	ns
Esófago	1.7	1.7	ns
Recto	2.2	1.7	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 126. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes).

Órgano	T234	T5	P
Retículo-Rumen	18.4	19.4	ns
Omaso-Abomaso	7.8	8.2	ns
Intestino	35	37.2	ns
Tela (Grasa)	35.5	31.1	ns
Esófago	1.7 b	2.0 a	0.0667
Recto	1.7	2.1	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 127. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T1	T234	P
Retículo-Rumen	18.7	18.9	ns
Omaso-Abomaso	9.0	8.0	ns
Intestino	39.5	35.2	ns
Tela (Grasa)	29.0 b	34.5 a	0.0665ns
Esófago	1.7	1.7	ns
Recto	2.2	1.8	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 128. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T234	T5	P
Retículo-Rumen	18.9	18.5	ns
Omaso-Abomaso	8	7.9	ns
Intestino	35.2	35.6	ns
Tela (Grasa)	34.5	34.4	ns
Esófago	1.7	1.8	ns
Recto	1.8	1.8	ns

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 129. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T1	T234	P
Retículo-Rumen	18.5	18.7	ns
Omaso-Abomaso	9.0	7.9	ns
Intestino	39.3	35	ns
Tela (Grasa)	29.5	34.7	ns
Esófago	1.7	1.7	ns
Recto	2.1	1.8	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 130. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso total del aparato digestivo) de los órganos que componen el aparato digestivo (vísceras verdes), ajustado por peso vivo vacío final.

Órgano	T234	T5	P
Retículo-Rumen	18.7	18.8	ns
Omaso-Abomaso	7.9	7.9	ns
Intestino	35	36.4	ns
Tela (Grasa)	34.7	33.1	ns
Esófago	1.7	1.9	ns
Recto	1.8	1.9	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 131. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T1	T234	P
Corazón	0.3	0.34	ns
Hígado	1.7	1.7	ns
Riñones	0.2	0.24	ns
Pulmones	0.8	0.77	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 132. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T234	T5	P
Corazón	0.34	0.4	ns
Hígado	1.7	1.7	ns
Riñones	0.24	0.2	ns
Pulmones	0.78 b	0.9 a	*

* $P < 0.05$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 133. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal fría ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T1	T234	P
Corazón	0.3	0.34	ns
Hígado	1.7	1.7	ns
Riñones	0.2	0.24	ns
Pulmones	0.8	0.78	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 134. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal fría .

Órgano	T234	T5	P
Corazón	0.34	0.4	ns
Hígado	1.7	1.7	ns
Riñones	0.24	0.3	ns
Pulmones	0.78	0.8	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 135. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso de canal fría ajustado por peso de canal fría.

Órgano	T1	T234	P
Corazón	0.3	0.34	ns
Hígado	1.7	1.7	ns
Riñones	0.2	0.24	ns
Pulmones	0.8	0.77	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 136. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para peso (% del peso vivo vacío final) de los órganos que componen las vísceras rojas ajustado por peso vivo vacío final .

Órgano	T234	T5	P
Corazón	0.34	0.4	ns
Hígado	1.7	1.7	ns
Riñones	0.24	0.2	ns
Pulmones	0.78	0.8	ns

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 137. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para peso de otras fracciones obtenidas de las vísceras .

Fracción	T1	T234	P
Cabeza	1664	1590	ns
Cuero	3580 b	3981 a	*
Útero	108 a	66 b	**
Cabeza'	1659 a	1571 b	0.0917
Cuero'	3568 b	3932 a	*
Útero'	109 a	71 b	**
Cabeza''	1666 a	1567 b	*
Cuero''	3586 b	3911 a	*
Útero''	108 a	69 b	**

* $P<0.05$, ** = $P<0.01$, y ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 138. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para Peso de otras fracciones obtenidas de las vísceras .

Fracción	T234	T5	P
Cabeza	1590	1539	ns
Cuero	3981 a	3681 b	0.0983
Útero	66	75	ns
Cabeza'	1571	1599	ns
Cuero'	3932	3826	ns
Útero'	71	61	ns
Cabeza''	1567	1606	ns
Cuero''	3911	3880	ns
Útero''	69	68	ns

ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Cuadro 139. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para evolución del a fuerza de desgarramiento del músculo *Longissimus dorsi* .

Maduración (días)	N	T1	T234	P
2	1/Ln	4.14 a	3.27 b	0.0817
5	Ln	3.27	3.82	ns
10	Ln	2.99	2.61	ns
CRA	-	31.4 b	32.3 a	*

ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 140. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para evolución del a fuerza de desgarramiento del músculo *Longissimus dorsi* .

Maduración (días)	N	T234	T5	P
2	1/Ln	3.27 b	4.17 a	0.0539
5	Ln	3.82	3.09	ns
10	Ln	2.61	2.59	ns
CRA	-	32.3 b	32.6 a	*

ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 141. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para evolución de pH del músculo *Longissimus dorsi* .

Maduración (días)	N	T1	T234	P
1 hora	Ln	6.36	6.38	ns
3 horas	$\sqrt[3]{}$	6.28 a	6.20 b	*
24 horas	-	5.97	5.93	ns
48 horas	$\sqrt[3]{}$	5.82	5.85	ns
5 días	Ln	5.53	5.55	ns
10 días	Ln	5.56	5.55	ns

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 142. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para evolución de pH del músculo *Longissimus dorsi* .

Maduración (días)	N	T234	T5	P
1 hora	Ln	6.38	6.41	ns
3 horas	$\sqrt[3]{}$	6.20 a	6.31 b	*
24 horas	-	5.93	5.91	ns
48 horas	$\sqrt[3]{}$	5.85	5.87	ns
5 días	Ln	5.55	5.52	ns
10 días	Ln	5.55	5.53	ns

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 143. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para evolución de temperatura (°C) del músculo *Longissimus dorsi* .

Maduración (días)	N	T1	T234	P
1 hora	-	26.6 b	28.6 a	*
3 horas	Ln	15.9 b	17.4 a	*
24 horas	$\sqrt[3]{}$	0.4	0.5	ns
48 horas	Ln	2.5	2.5	ns

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 144. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para evolución de temperatura (°C) del músculo *Longissimus dorsi*.

Maduración (días)	N	T234	T5	P
1 hora	-	28.6	27.7	ns
3 horas	Ln	17.4 a	14.2 b	**
24 horas	$\sqrt[3]{}$	0.5	0.7	ns
48 horas	Ln	2.5 b	2.7 a	0.0711

** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 145. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos, a los dos días de maduración.

Maduración (días)	N	T1	T234	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	35.2	35.0	ns
a*músculo	Ln	16.6	27.1	ns
b*músculo	Ln	9.3	9.0	ns
L*grasa	-	67.4	72.0	ns
a*grasa	Ln	5.3	5.6	ns
b*grasa	Ln	5.56	5.55	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 146. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos, a los dos días de maduración.

Maduración (días)	N	T234	T5	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	35.0	34.5	ns
a*músculo	Ln	27.1	15.7	ns
b*músculo	Ln	9.0	8.7	ns
L*grasa	-	72.0	69.7	ns
a*grasa	Ln	5.6	5.9	ns
b*grasa	Ln	1.1	1.1	ns

ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 147. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos , a los cinco días de maduración.

Maduración (días)	N	T1	T234	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	36.5	36.1	ns
a*músculo	Ln	15.5	16.5	ns
b*músculo	Ln	8.9	8.9	ns
L*grasa	-	66.4	68.4	ns
a*grasa	Ln	7.4	6.7	ns
b*grasa	Ln	13.0 a	11.5 b	0.0775

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 148. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos, a los cinco días de maduración.

Maduración (días)	N	T234	T5	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	36.1	36.5	ns
a*músculo	Ln	16.5	17.0	ns
b*músculo	Ln	8.9	9.6	ns
L*grasa	-	68.4	67.2	ns
a*grasa	Ln	6.7	5.4	ns
b*grasa	Ln	11.5	10.2	0.0819

ns: no significativo ($P>0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), $1/Ln$ (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 149. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos, a los diez días de maduración.

Maduración (días)	N	T1	T234	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	36.4	36.5	ns
a*músculo	Ln	16.7	17.7	ns
b*músculo	Ln	10.6	10.6	ns
L*grasa	-	63.0 b	66.4 a	*
a*grasa	Ln	8.7	8.4	ns
b*grasa	Ln	13.4	12.5	ns

* P<0.05,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica),

Cuadro 150. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos, a los diez días de maduración.

Maduración (días)	N	T234	T5	P
L*músculo	$\sqrt[3]{}$	36.5	35.8	ns
a*músculo	Ln	17.7	17.0	ns
b*músculo	Ln	10.6	10.9	ns
L*grasa	-	66.4	65.3	ns
a*grasa	Ln	8.4	7.8	ns
b*grasa	Ln	12.5	11.9	ns

ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica).

Cuadro 151. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para el contenido de grasa intramuscular (% en peso), grupos de ácidos grasos (% de la grasa total) y relaciones entre estos.

	N	T1	T234	P
Grasa	1/Ln	6.86 a	6.68 a	ns
SAF	Ln	45.9 a	44.0 b	*
MUFA	$\sqrt[3]{}$	46.2 b	47.5 a	ns
PUFA	Ln	5.52 b	5.69 a	ns
Humedad	-	70.2 a	70.3 a	ns

* P<0.05, ** = P<0.01,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica).

Cuadro 152. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para el contenido de grasa intramuscular (% en peso), grupos de ácidos grasos (% de la grasa total) y relaciones entre estos.

	N	T234	T5	P
Grasa	1/Ln	6.68 a	5.75 b	*
SAF	Ln	44.0	43.9	ns
MUFA	$\sqrt[3]{}$	47.5	46.5	ns
PUFA	Ln	5.69 b	6.68 a	*
Humedad	-	70.3 b	71.4 a	*

* P<0.05, ** = P<0.01,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica).

Cuadro 153. Contraste de medias del sistema pastoril versus los sistemas pastoriles-suplementados para el perfil de Ácidos Grasos (% de la grasa total) .

		T1	T234	P
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Saturados (SFA)		
14:0	$\sqrt[3]{}$	1.60	1.64	ns
15:0	$\sqrt[3]{}$	0.91	0.95	ns
16:0	$\sqrt[3]{}$	24.2	23.8	ns
17:0	$\sqrt[3]{}$	1.06	1.08	ns
18:0	$\sqrt[3]{}$	17.1 a	15.5 b	*
20:0	-	0.64 b	0.83 a	**
22:0	-	0.41	0.38	ns
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA)		
16:1	$\sqrt[3]{}$	1.12	1.20	ns
18:1 cis	Ln	43.5	44.1	ns
18:1 trans	-	1.59 b	2.22 a	**
18:1 total		45.10	46.32	
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA)		
18:2 cis	Ln	3.05	3.47	ns
18:2 trans	-	0.73 b	0.85 a	0.0547
18:2 total		3.75	4.30	
18:3	$\sqrt[3]{}$	1.39 a	0.93 b	**

* P<0.05, ** = P<0.01,y ns: no significativo (P>0.1).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{}$ (raíz cúbica).

Cuadro 154. Contraste de medias de los sistemas pastoriles-suplementados versus el sistema de confinamiento para el perfil de Ácidos Grasos (% de la grasa total).

		T234	T1	P
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Saturados (SFA)		
14:0	$\sqrt[3]{\quad}$	1.64	1.72	ns
15:0	$\sqrt[3]{\quad}$	0.95	1.08	ns
16:0	$\sqrt[3]{\quad}$	23.8	23.3	ns
17:0	$\sqrt[3]{\quad}$	1.08	1.08	ns
18:0	$\sqrt[3]{\quad}$	15.5	15.3	ns
20:0	-	0.83 b	1.23 a	**
22:0	-	0.38	0.36	ns
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA)		
16:1	$\sqrt[3]{\quad}$	1.20 b	1.42 a	**
18:1 <i>cis</i>	Ln	44.1 a	41.6 b	**
18:1 <i>trans</i>	-	2.22 b	3.39 a	**
18:1 total		46.32	45.09	
Ácido Graso	N	Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA)		
18:2 <i>cis</i>	Ln	3.47 b	4.44 a	**
18:2 <i>trans</i>	-	0.85 b	1.10 a	0.0547
18:2 total		4.30	5.54	**
18:3	$\sqrt[3]{\quad}$	0.93 a	0.53 b	**

** = $P < 0.01$, y ns: no significativo ($P > 0.1$).

a y b = medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes.

Nota: N (factor de corrección de normalidad usado en cada variable), Ln (logaritmo neperiano), 1/Ln (inverso del logaritmo neperiano) y $\sqrt[3]{\quad}$ (raíz cúbica).

Cuadro 155. Contraste de medias del sistema pastoril y los sistemas pastoriles suplementados para las relaciones entre grupos de ácidos grasos, contenido de CLA y de ácidos grasos con isomería *trans* en el músculo *longissimus lumborum*.

Maduración (días)	N	T1	T234	P
P:S	-	0.12	0.13	ns
$\Omega 6:\Omega 3$	-	1.37 b	2.42 a	0.0587
Trans	$\sqrt[3]{\quad}$	2.25 b	2.96 a	**
CLA	$\sqrt[3]{\quad}$	0.38	0.48	0.0811

Cuadro 156. Contraste de medias entre los sistemas pastoriles-suplementados y el sistema en confinamiento para las relaciones entre grupos de ácidos grasos, contenido de CLA y de ácidos grasos con isomería *trans* en el músculo *longissimus lumborum*.

Maduración (días)	N	T234	T5	P
P:S	-	0.13 b	0.16 a	**
$\Omega 6:\Omega 3$	-	2.42 b	5.38 a	**
Trans	$\sqrt[3]{}$	2.96 b	4.40 a	**
CLA	$\sqrt[3]{}$	0.48	0.62	ns