

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INCIDENCIA DE DIFERENTES DIETAS SOBRE EL
CRECIMIENTO ANIMAL, EL RENDIMIENTO CARNICERO Y LA
CALIDAD DE LA CARNE**

por

**Gonzalo ARRIETA ARRAGA
Ximena LAGOMARSINO LARRIERA
Javier OLIVERA FALCO
Gonzalo TRINDADE DÍAZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY**

2008

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Ph D. Gustavo Brito

Ing. Agr. M.Sc. Roberto San Julián

Dr. Vet. Oscar Feed

Dr. Vet. M.Sc. Juan Franco

Fecha:

Autor:

Gonzalo Arrieta Arraga

Ximena Lagomarsino Larriera

Javier Olivera Falco

Gonzalo Trindade Díaz

AGRADECIMIENTOS

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

Al personal técnico de campo de la Unidad Experimental Glencoe, al personal de laboratorio, especialmente a Julio Costales por su colaboración.

A los Drs. Vet. Oscar Feed y Juan Franco, docentes de la Facultad de Agronomía.

A los Ings. Agrs. Gustavo Brito, Roberto San Julián y Oscar Pittaluga por ayudarnos y acompañarnos durante esta etapa.

A nuestros compañeros y amigos que nos acompañaron durante este periodo.

Y principalmente a nuestra familia por habernos ayudado, estar siempre a nuestro lado y alentarnos a seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	IX
 1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1 CRECIMIENTO Y PERFORMANCE ANIMAL	4
2.1.1 <u>Conceptos de crecimiento y desarrollo animal</u>	4
2.1.2 <u>Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo</u>	5
2.1.2.1 Edad	6
2.1.2.2 Sexo.....	8
2.1.2.3 Raza.....	9
2.1.2.4 Clima	9
2.1.2.5 Enfermedades.....	10
2.1.2.6 Nutricionales	10
2.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA RECRÍA.....	12
2.3 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA PASTURA NATURAL	13
2.3.1 <u>Características de pasturas naturales en basalto</u>	15
2.3.2 <u>Efecto del crecimiento de las pasturas en la ganancia de peso</u>	16
2.4 EFECTO DE LA PASTURA EN EL CONSUMO ANIMAL	17
2.4.1 <u>Componentes del comportamiento ingestivo</u>	18
2.4.2 <u>Conducta animal</u>	20
2.4.3 <u>Factores de la pastura que afectan el consumo</u>	21
2.4.3.1 Factores no nutricionales	22
2.4.3.2 Factores nutricionales.....	24
2.4.4 <u>Selectividad</u>	26
2.5 EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y VEGETAL	 27
2.5.1 <u>Objetivos de la suplementación</u>	28
2.5.2 <u>Factores que determinan la respuesta a la suplementación</u>	28
2.5.2.1 Pastura	29
2.5.2.2 Animal.....	29
2.5.2.3 Suplemento.....	29
2.5.3 <u>Tipo de suplementos</u>	30
2.5.3.1 Suplementos energéticos.....	30

2.5.3.2	Suplementos proteicos	31
2.5.4	<u>Valor nutritivo de los suplementos utilizados</u>	32
2.5.4.1	Afrechillo de arroz	32
2.5.4.2	Expeller de girasol.....	32
2.5.5	<u>Manejo de la suplementación</u>	33
2.5.5.1	Período de acostumbramiento	33
2.5.5.2	Frecuencia de alimentación.....	33
2.5.5.3	Suplementación otoño-invernal	34
2.5.5.4	Momento de suplementación	35
2.5.5.5	Forma física.....	35
2.5.6	<u>Interacción pastura-animal-suplemento</u>	36
2.5.6.1	Adición.....	37
2.5.6.2	Sustitución.....	37
2.5.6.3	Adición y sustitución	38
2.5.6.4	Adición con estímulo	38
2.5.6.5	Sustitución con depresión	38
2.6	CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LA CANAL	44
2.6.1	<u>Descripción y evaluación de las canales</u>	45
2.6.1.1	Métodos subjetivos	45
2.6.1.2	Métodos objetivos	46
2.6.2	<u>Parámetros medidos en la canal <i>in vivo</i> y/o <i>post mortem</i></u>	48
2.6.2.1	Área del ojo de bife (AOB).....	48
2.6.2.2	Espesor de grasa subcutánea (EGS).....	49
2.6.2.3	Grasa subcutánea a nivel del cuadril (P8).....	50
2.6.2.4	Contenido de grasa intramuscular	50
2.6.2.5	Clasificación de las canales por calidad.....	52
2.6.3	<u>Clasificación y tipificación de la canal</u>	52
2.7	CALIDAD DE LA CANAL	54
2.7.1	<u>Parámetros que definen la calidad de la canal</u>	55
2.7.1.1	Peso de la canal, rendimiento y pérdidas	55
2.7.1.2	Grado de engrasamiento.....	56
2.7.1.3	Conformación.....	57
2.7.1.4	Composición en tejidos	58
2.7.1.5	Relaciones entre tejidos.....	59
2.7.2	<u>Factores que influyen en la calidad de la canal</u>	59
2.7.2.1	Raza.....	61
2.7.2.2	Sexo.....	63
2.7.2.3	Edad	65
2.7.2.4	Peso vivo	66
2.7.2.5	Alimentación	68
2.8	CONVERSION DEL MUSCULO A CARNE.....	74

2.8.1	<u>Rigor mortis</u>	74
2.8.2	<u>Descenso de pH</u>	76
2.8.3	<u>Temperatura</u>	77
2.9	CALIDAD DE CARNE	78
2.9.1	<u>Conceptos de calidad de carne</u>	79
2.9.2	<u>Parámetros que definen la calidad de la carne</u>	80
2.9.2.1	Color de la carne y de la grasa	80
2.9.2.2	pH.....	82
2.9.2.3	Sexo.....	84
2.9.2.4	Edad	84
2.9.2.5	Tipo de músculo.....	85
2.9.2.6	Raza.....	85
2.9.3	<u>Terneza</u>	87
2.9.3.1	Determinación de la terneza.....	88
2.9.3.2	Factores que la afectan	89
2.9.4	<u>Capacidad de retención de agua y jugosidad</u>	95
2.9.4.1	Flavor	96
2.9.5	<u>Cantidad y tipo de ácidos grasos</u>	96
2.9.5.1	Caracterización de los ácidos grasos.....	97
2.9.5.2	Influencia del tipo de ácido graso en la salud humana.....	101
2.9.5.3	Relación de los ácidos grasos en los componentes de calidad de carne	103
2.9.5.4	Factores que afectan la cantidad y tipo de ácidos grasos	104
2.10	EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE LA CARNE ...	108
2.10.1	<u>Color</u>	108
2.10.2	<u>Terneza</u>	109
2.10.3	<u>Ácidos grasos</u>	111
3	<u>MATERIALES Y METODOS</u>	120
3.1	LOCALIZACIÓN, SUELOS Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	120
3.2	INFORMACIÓN CLIMÁTICA	120
3.3	DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	122
3.3.1	<u>Área experimental</u>	123
3.3.2	<u>Suplementación</u>	124
3.4	DETERMINACIONES DEL EXPERIMENTO A NIVEL DE CAMPO	124
3.4.1	<u>Pasturas</u>	124
3.4.1.1	Disponibilidad	124
3.4.1.2	Composición botánica	124
3.4.1.3	Valor nutritivo	125
3.4.2	Animales	125

3.4.2.1	Peso vivo	125
3.4.2.2	Condición corporal.....	125
3.4.2.3	Características de la canal	125
3.4.2.4	Altura de anca	125
3.4.2.5	Manejo sanitario.....	126
3.5	DETERMINACIONES A NIVEL DEL FRIGORÍFICO	126
3.5.1	<u>Datos registrados en la planta de faena</u>	126
3.5.2	<u>Datos registrados en el cuarteo</u>	126
3.6	DETERMINACIONES A NIVEL DEL LABORATORIO	130
3.6.1	<u>pH</u>	130
3.6.2	<u>Color</u>	130
3.6.3	<u>Fuerza de corte</u>	131
3.6.4	<u>Ácidos grasos</u>	131
3.7	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	132
4	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	134
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PASTURA Y SUPLEMENTO	134
4.1.1	<u>Disponibilidad del forraje</u>	134
4.1.2	<u>Altura del forraje</u>	135
4.1.3	<u>Composición botánica del forraje</u>	138
4.1.4	<u>Valor nutritivo del forraje</u>	139
4.1.5	<u>Valor nutritivo del suplemento y consumo de proteína cruda (PC)</u>	141
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ANIMALES	144
4.2.1	<u>Evolución y ganancia de peso vivo durante la recría</u>	144
4.2.2	<u>Evolución de la condición corporal durante la recría</u>	150
4.2.3	<u>Evolución del área de ojo de bife durante la recría</u>	155
4.2.4	<u>Evolución del espesor de grasa durante la recría</u>	155
4.2.5	<u>Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (P8) durante la recría</u> ..	157
4.2.6	<u>Evolución de la altura del anca durante la recría</u>	159
4.2.7	<u>Evolución y ganancia de peso durante la etapa de terminación</u>	160
4.2.8	<u>Calidad de la canal</u>	164
4.2.8.1	Determinaciones <i>in vivo</i>	164
4.2.8.2	Determinaciones <i>post mortem</i>	166
4.2.9	<u>Calidad de carne</u>	174
4.2.9.1	pH.....	174
4.2.9.2	Color.....	175
4.2.9.3	Terneza.....	179
4.2.9.4	Contenido de grasa intramuscular (GIM)	182
4.2.9.5	Ácidos grasos	183
4.3	RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL	185

4.3.1	<u>Asociaciones entre características medidas <i>in vivo</i> y <i>pos mortem</i></u>	186
4.3.2	<u>Asociaciones entre las variables de calidad de carne</u>	189
4.3.2.1	Análisis de correlación.....	189
4.3.2.2	Análisis de regresión.....	190
5	<u>CONCLUSIONES</u>	191
6	<u>RESUMEN</u>	195
7	<u>SUMMARY</u>	197
8	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	199
9	<u>ANEXOS</u>	218

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto del nivel de alimentación	10
2. Contenidos recomendados de fibra y proteína como porcentaje del alimento.....	13
3. Consumo voluntario (% PV/día) en una pastura de 20 cm. y calidad media.....	13
4. Producción estacional de suelos sobre Basalto (Kg de MS/ha/día).	15
5. Efecto de algunos factores sobre la ganancia diaria de peso estacional.	16
6. Periodo de cierre y disponibilidad al inicio de pastoreo.	17
7. Evolución del peso vivo de novillos sobre Campo Natural Diferido.....	17
8. Respuesta esperada en peso vivo y consumo de energía de vacunos y ovinos suplementados con energía, proteína o NNP y pastoreando forrajes de diferentes niveles de disponibilidad, contenido de fibra y proteína.....	30
9. Composición química de Afrechillo de arroz.	32
10. Composición química de Expeller de girasol.....	33
11. Manejo diario de la alimentación de acuerdo a la cantidad de suplemento.	34
12. Efecto de la suplementación en el aumento de peso y consumo de la pastura	39
13. Resumen de los valores medios de tratamientos entre lotes testigos y suplementados en animales en pastoreo de pasturas de alta calidad.....	40
14. Efecto de la suplementación en la ganancia diaria	41
15. Ganancia diaria de dos niveles de suplementación.	41
16. Resultados animales según asignación de forraje	42
17. Impacto de la suplementación en la recría	43
18. Área de ojo de bife promedio y peso de canal caliente (PCC) de animales sobre pasturas y feedlot según diferentes autores	49
19. Escala de grados para la medición del contenido de grasa intramuscular	51
20. Factores que influyen en parámetros relacionados con la calidad de la canal	60
21. Pesos de faena, canal, rendimiento y espesor de grasa para distintos biotipos	61
22. Eso vivo, de res y rendimiento para razas a diferentes edades.	62
23. Contenido de grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de terneros Hereford	64
24. Rendimiento canal de novillos Hereford y su asociación con la composición	65
25. Composición de la carcasa en novillos Hereford a diferentes edades	66
26. Variación del rendimiento según peso vivo	67
27. Efecto del manejo en la composición de la canal.	69
28. Peso y rendimiento obtenido de los novillos en diferentes fechas de faena.	71
29. Contenido de grasa según sistema de producción.....	72
30. Clasificación de algunos factores de la calidad de la carne.	80
31. Diferencia en los parámetros de color entre sexos.....	84
32. Parámetros de color (L*, a*, b*) en novillos de diferente edad.	85
33. Terneza en novillos Hereford procedentes de pasturas naturales y artificiales.	91

34. Fuerza de corte máximo y mínimo de 464 animales (machos y hembras)	93
35. Estructura, nombre común y localización de algunos ácidos grasos.	97
36. Estructura, nombre común y localización de los principales MUFA.	98
37. Principales PUFA.....	99
38. Contenido de ácidos grasos insaturados y colesterol en diferentes especies.	104
39. Composición en ácidos grasos del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en novillos Hereford procedentes de pasturas naturales y mejoradas (% respecto al total de ácidos grasos identificados).....	107
40. Contenido y composición lipídica en diferentes genotipos.....	108
41. Parámetros de color de la carne y de la grasa	109
42. Fuerza de corte en carne de novillos terminados en pastura o concentrado	111
43. Relación n-6 / n-3 y concentración de CLA (mg/100 mg ácidos grasos)	113
44. Calidad y composición química de la carne vacuna.	114
45. Composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular	116
46. Resultados obtenidos para los distintos tratamientos.....	117
47. Efecto del nivel de concentrado en la dieta sobre la hidrogenación (%) de los ácidos linoleico y linolénico	118
48. Registros pluviométricos anuales y mensuales (mm)	121
49. Registros pluviométricos durante los meses del experimento.	121
50. Registros de temperatura mínima (min) y máxima (max) promedio, valores mínimos y máximos de la serie histórica y para el primer periodo experimental...	121
51. Tratamientos realizados según las estaciones	122
52. Composición química de los suplementos.	124
53. Escalas de marmoreo	128
54. Clasificación de las canales según USDA.	129
55. Estándares en cortes traseros.....	129
56. Disponibilidad de forraje (KgMS/ha) estacional y total	135
57. Disponibilidad de forraje (KgMS/ha) mensual	135
58. Altura de forraje disponible (cm) estacional medido con regla graduada (cm) por estación y todo el periodo experimental, según bloque y tratamiento.....	136
59. Altura de forraje mensual disponible medido con regla graduada (cm)	136
60. Proporción de restos secos (RS, %) de la pastura por mes.	138
61. Proporción de la materia verde (MV, %) de la pastura por mes.	138
62. Valor nutritivo (%) el forraje disponible total según bloque y tratamiento para todo el periodo experimental.....	140
63. Valor nutritivo de los suplementos utilizados	142
64. Cantidad de suplemento suministrado (Kg/animal/día) según otoño e invierno. ...	142
65. Estimación del consumo (Kg.) de proteína cruda mensual según bloque y tratamiento.	143
66. Evolución del peso vivo lleno promedio a través del período experimental	144
67. Evolución del peso vivo lleno promedio por estación y durante todo el periodo experimental según raza, bloque y tratamiento.....	145
68. Evolución de las ganancias de peso vivo promedio a través del período otoñal,	

invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque.	146
69. Evolución del peso vivo vacío promedio a través del período experimental.....	148
70. Contenido del tracto gastro-intestinal (Kg).....	150
71. Evolución de la condición corporal (escala 1-8) promedio a través del período experimental según tratamiento, tipo racial y bloque.	150
72. Evolución de las CC (escala 1-8) promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque.....	152
73. Evolución del área de ojo de bife (cm ²) promedio a través del período experimental según tratamiento y tipo racial.	153
74. Evolución de las ganancias área de ojo de bife promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque.	155
75. Evolución del área de ojo de bife (cm ²) promedio a través del período experimental según tratamiento y tipo racial, corregido por peso vivo	155
76. Evolución del espesor de grasa (mm.) promedio a través del período experimental según tratamiento.	156
77. Evolución del espesor de grasa subcutánea promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque.	157
78. Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (mm) promedio a través del período experimental según tratamiento.	158
79. Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque.	159
80. Evolución de la altura de anca (cm) según raza, bloque y tratamiento.....	160
81. Evolución de la ganancia de peso vivo según raza, tratamiento y bloque	161
82. Evolución de la ganancia de peso vivo según raza y tratamientos	161
83. Peso vivo lleno, vacío previo al embarque (Kg) según raza y tratamientos	162
84. % y número de animales faenados según alimentación de la recría	163
85. % y número de animales faenados según tratamiento de engorde.....	163
86. % y número de animales faenados en cada fecha de faena según bloque y tratamiento.	164
87. Efecto de los diferentes tratamientos y raza en las ultimas medidas <i>in vivo</i>	165
88. Peso de la canal caliente (Kg) y rendimiento.....	166
89. Área de ojo de bife (AOB, cm ²), Espesor de grasa (EG, mm), e índice de muscularidad (IM).....	167
90. Peso de media res (MR) izquierda (Kg) y Peso pistola (PP) (Kg).....	169
91. Peso de los cortes que surgen del pistola (Kg) y peso (Kg) de cortes valiosos	170
92. Relaciones entre diferentes determinaciones post mortem de la canal	171
93. Cantidad y porcentaje de canales mayores a 230 Kg.....	172
94. Cantidad y porcentaje de canales con mas de 5 mm de espesor de grasa	173
95. Peso de bife mayor a 4 Kg según tratamiento.....	173
96. pH a las 24 y 48 horas según etapa de terminación	174
97. pH a las 24 y 48 horas de los animales sobre campo natural mas suplemento	175
98. pH a las 24 y 48 horas de los animales pastoreando sobre mejoramiento	175
99. Parámetros del colorímetro (L*, a* y b*) para la grasa y músculo <i>longissimus</i>	

<i>dorsi</i> en el momento de faena y del músculo a los 2, 7 y 14 días <i>post mortem</i>	176
100. Parámetros del colorímetro de grasa y músculo en animales suplementados.....	177
101. Parámetro del colorímetro de grasa y músculo en animales sobre pasturas.	178
102. Niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según tipo de alimentación.....	179
103. Niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según raza y tratamiento recría para los animales suplementados	181
104. Niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según raza y tratamiento recría para los animales sobre pasturas	181
105. Contenido de grasa intramuscular según raza y tipo de alimentación para los dos años de estudio.	182
106. Contenido de grasa intramuscular según dieta.....	182
107. Porcentaje del total de ácidos grasos saturados (AGS), monisaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) del <i>Longissimus dorsi</i> según tipo de alimentación.	183
108. Porcentaje de los principales ácidos grasos en el <i>Longissimus dorsi</i>	184
109. Relación de los ácidos grasos en el músculo <i>Longissimus dorsi</i>	184
110. Coeficientes de correlación (r) de las variables analizadas con pH.....	190

Figura No.

1. Variaciones de grasa y proteína en función del peso vivo.	6
2. Modelo general de crecimiento	7
3. Influencia de la altura de la pastura en los componentes de comportamiento.	19
4. Consumo de pastura según distintos parámetros (Poppi et al., 1987).....	21
5. Diferentes respuestas a la suplementación (Lange, 1980).	36
6. Esquema de los pesos obtenidos en el animal.....	44
7. Mediciones realizadas por ultrasonografía.....	46
8. Croquis del potrero.....	123
9. Parámetros de medición de color	127
10. Grado de marmoreo	128
11. Esquema de los principales cortes.....	130
12. Evolución de la altura disponible del forraje durante el periodo experimental	137
13. Proporción (%) de restos secos y material verde promedio de todo el periodo experimental según tratamiento	139
14. Promedio del valor nutritivo del forraje por tratamiento	140
15. Evolución (Kg) de la estimación del consumo de proteína cruda (CPC).....	143
16. Evolución del peso vivo lleno (Kg.) a través del período experimental	145
17. Ganancia de peso vivo lleno (Kg/an/día) promedio.....	148
18. Evolución (Kg) promedio mensual del total de animales según tipo de tratamiento	149
19. Evolución de la condición corporal (escala 1-8) a través del período experimental según tratamiento	151
20. Evolución del área de ojo de bife (AOB, cm ²) de los novillos durante el periodo de engorde.....	153
21. Evolución del espesor de grasa (mm.) a través del período experimental según	

tratamiento	156
22. Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (mm) a través del período experimental	158
23. Evolución de la altura de anca (cm) a través del período experimental según tratamiento	160
24. Porcentaje de canales con pesos mayores o menores a 230 Kg	172
25. Evolución de los niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según tipo de alimentación.	180
26. Asociación entre la condición corporal (CC) y el peso vivo lleno (PVLL, a) y peso vivo vacío (PVV, b) durante la etapa de recría.	185
27. Asociación entre la altura del anca (AA, cm) y el peso vivo lleno	186
28. Relación entre el área de ojo de bife y el peso vivo	186
29. Relación entre peso canal caliente y peso vivo lleno (PVLL, a) y vacío (PVV, b).	187
30. Relación entre peso media res y peso vivo lleno (PVLL, a) y peso vivo vacío (PVV, b)	187
31. Relación entre peso corte pistola y peso vivo lleno (PVLL, a) y peso vivo vacío (PVV, b).	188
32. Asociaciones entre área de ojo de bife medida por ultrasonografía y área de ojo de bife medida con acetato.	188
33. Asociaciones entre espesor de grasa medida por ultrasonografía y espesor de grasa medida con regla	189
34. Asociaciones entre el peso de la canal (Kg) y el peso del corte pistola (Kg)	189

1 INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la producción pecuaria del Uruguay se obtienen a partir de pasturas naturales, las cuales cubren áreas que van del 40% en las zonas de agricultura y predominio de pasturas cultivadas, hasta más del 90% donde predominan suelos superficiales y sistemas de ganadería extensiva (Ferreira, citado por Berreta, 2003).

Los procesos de invernada vacuna en la región de basalto se caracterizan por alta edad de faena y baja tasa de extracción, resultado del principal recurso forrajero utilizado, el campo natural y utilizado con cargas animales relativamente fijas y por encima de la capacidad de carga del campo natural estando los animales expuestos a ciclos de ganancia y pérdidas de peso que enlentecen los procesos productivos (Malaquín y Bartaburu, 2003).

Con el manejo tradicional de engorde a campo, se obtienen bajas ganancias de peso a lo largo del año, con perdidas en épocas críticas, lo que determina un prolongado periodo de engorde. La baja oferta de forraje del campo natural en invierno unido a las inclemencias del tiempo determina pérdidas de peso en el orden del 5 al 15% con respecto al peso al inicio del otoño. La terminación de los novillos se obtiene por lo general a los 3.5 a 5 años de edad, más frecuentemente en el período de fin de verano a otoño (Pigurina et al., 1998).

En los sistemas más intensivos se emplea la suplementación con concentrados o reservas de voluminosos con el objetivo de uniformizar la oferta de nutrientes a lo largo del año, aumentar la carga del sistema o darles una terminación a los animales que no es posible lograr solamente con pasturas.

La recría es la etapa de crecimiento en la vida del animal, donde es más eficiente para convertir alimento en músculo y hueso. A su vez, restricciones severas en esta etapa (especialmente de proteína), y que son muy frecuentes en nuestras condiciones de producción, afectan el tamaño final adulto del animal. Los principales momentos críticos de las categorías de recría, son sin duda el primer y segundo invierno (muda de dientes), donde las condiciones climáticas y la cantidad y calidad de las pasturas del campo natural no permiten aprovechar este período de crecimiento, de acuerdo a objetivos bien definidos en cuanto a peso y edad de entore o faena (Pigurina et al., citados por Cibils et al., 2002).

Tanto crecimiento como desarrollo son resultantes de una serie de cambios anatómicos y fisiológicos complejos que ocurren en el organismo animal a intervalos definidos en el tiempo (Bocco et al., 2005).

El estudio de la composición corporal de los bovinos tiene importancia porque involucra la evaluación de las condiciones carniceras de la res para determinar su valor

comercial y por las características fisiológicas del animal, donde no solo se considera a la res sino a todos los componentes del peso vacío, ya que la proporción de distintos tejidos y el tamaño relativo de órganos y vísceras, están asociados a la partición de la energía del alimento y a la eficiencia misma del proceso de crecimiento (Capellari et al., 2003)

La predicción confiable de la composición del animal vivo y su canal es crítica para todos los segmentos de la cadena cárnica. A nivel del productor, una correcta estimación permite mayor conocimiento del ganado pudiendo clasificar los animales en lotes de similar composición permitiendo un uso más eficiente de la alimentación y definiendo cual es el mercado más conveniente para su producto. A nivel de los frigoríficos, las ventajas radican en comprar productos que se ajusten a las demandas de sus compradores y que presenten un mayor rendimiento carnicero (Brito y Pringle, 2001).

La tecnología del ultrasonido es utilizada como una herramienta para evaluar la composición carnicera de los animales vivos. Es un método no invasivo ni destructivo, que permite determinar el valor y la calidad de un animal, desde su desenvolvimiento fetal hasta su venta final (Bellenda, 2002).

En el Uruguay, la faena de vacunos esta compuesta por un alto porcentaje de vacas adultas (38-40%), en general destinadas al consumo interno (abasto). Ello hace necesaria la búsqueda de alternativas que mejoren la calidad de la carne, particularmente su terneza, habida cuenta de la incidencia negativa de la edad del animal sobre esta característica y dada la importancia que tiene esta característica para nuestros sistemas de producción (Feed y Franco, 2004).

Con altos niveles de alimentación y/o alto nivel energético de la dieta se obtiene una mayor ganancia de peso, estado de engrasamiento y menor edad de faena. La mayor ganancia de peso afecta la composición del músculo y la mayor deposición de tejido graso lleva a un menor contenido de agua en el músculo que determina una mejora de la terneza, asociada a una tasa de tejido conjuntivo menor y a un marmoleado más abundante. Altas ganancias de peso previo a la faena producen una mayor velocidad de recambio proteico a nivel muscular (Depetris, 2000).

Las dietas proteicas permiten una mayor deposición de proteína, tendiendo a disminuir la presencia de grasa y afectando la composición corporal final del animal (Foot et al., 1977).

La calidad de la carne está asociada a su contenido de grasa intramuscular, ácidos grasos y colesterol que, además de variar con la raza o el biotipo de animal utilizado (Bidner et al. 1981, García 1992, García y Casal, citados por Schindler et al. 2004), está directamente relacionada al sistema de producción (Schindler et al., 2004).

El consumo de ácidos grasos saturados (AGS) ha sido asociado con incrementos en la concentración del colesterol de lipoproteína de baja densidad en suero (LDL), un factor de riesgo para las enfermedades coronarias (Keys, citado por French et al. 2002, de Blas 2004). Los ácidos grasos polinsaturados (PUFA) y monoinsaturados (MUFA) son generalmente beneficiosos en la salud humana, reduciendo el nivel de LDL en plasma (de Blas 2004, Scollan et al. 2006).

La grasa de los rumiantes tiene una mayor concentración de AGS y una menor relación de AGPI:AGS que la grasa de monogástricos, debido a la hidrogenación de los ácidos insaturados de la dieta, a nivel ruminal (French et al. 2002, French et al., citados por Realini et al. 2004, Rearte 2006).

No toda la carne tiene el mismo contenido y composición de la grasa. El metabolismo de los lípidos en ganado consumiendo pasturas de alta calidad es distinto del que ocurre en animales alimentados a corral con dietas basadas en granos, comprobándose que la carne producida a pasto contiene menos grasa y colesterol que la producida a corral (Instituto de Tecnología de Carnes, INTA, citados por Depetris, 2000).

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CRECIMIENTO Y PERFORMANCE ANIMAL

Conceptualmente la vida del vacuno para carne se divide en tres periodos de crecimiento: lactancia, recría y engorde. Dichos períodos se diferencian por el cambio de peso, por el tipo y proporción de tejidos que se desarrollan y por modificaciones del metabolismo (Di Marco, 2004).

Tanto crecimiento como desarrollo son resultantes de una serie de cambios anatómicos y fisiológicos complejos que ocurren en el organismo animal a intervalos definidos en el tiempo (Bocco et al., 2005).

El grado de crecimiento y desarrollo definidos para la edad adulta de cada especie, está sujeto a la herencia, variabilidad individual y nutrición e implica que debe producirse un crecimiento y desarrollo completo y coordinado de todas y cada una de sus partes, fenómenos que requieren un gran número de procesos (Bocco et al., 2005).

2.1.1 Conceptos de crecimiento y desarrollo animal

Fowler, citado por Berg y Butterfield (1979), Hammond, citado por Lawrie (1998), Bocco et al. (2005), consideran que el crecimiento se divide en crecimiento propiamente dicho y desarrollo. El primero es medido como el aumento de masa (peso) por unidad de tiempo (Owens et al., 1993) desde el nacimiento hasta su estabilización en la edad adulta. El segundo se refiere a las modificaciones que experimentan las proporciones, conformación, composición química corporal y funciones fisiológicas del animal a medida que avanza la edad.

Ambos fenómenos pueden producirse simultáneamente, sin embargo es posible que un individuo se desarrolle (aumente su largo y altura) sin experimentar alteraciones en su peso (crecimiento) o un individuo adulto (que ha terminado su desarrollo) aumente su peso por engorde (crecimiento) (Bocco et al., 2005).

La respuesta o performance animal se define por la ganancia de peso, el estado corporal y la conversión de alimento a producto. La acumulación diferencial de tejido determina en primer lugar la ganancia de peso y en segundo lugar el estado corporal y finalmente el costo de mantenimiento y la demanda de energía del animal (Webster, citado por Di Marco, 1993).

El aumento de peso del animal o de los tejidos individualmente ocurre cuando la tasa de síntesis de proteínas y grasas excede sus respectivas degradaciones (Di Marco 1993, Fernández 1998). La acumulación de tejidos, que es la causa del aumento de peso, es consecuencia de que la energía del alimento que no se disipa como calor y se retiene

como proteína y grasas en distintos tejidos (Baldwin y Bywatter, Webster, citados por Di Marco, 1993).

La tasa de retención de proteínas y grasas depende de variables inherentes al animal (peso, tasa de ganancia de peso, edad, sexo y tamaño animal) y a factores externos (alimentación, clima, manejo y estado sanitario) (Di Marco, 1993).

Los principales componentes del peso son huesos, músculos, vísceras y grasa. Durante la ganancia de peso primero crecen intensamente los órganos y vísceras, le sigue el tejido óseo, luego el muscular y finalmente el tejido adiposo (Di Marco 1993, Fernández 1998, Johnson 1998, Warris 2000, Black, citado por Di Marco 2004, Bocco et al. 2005).

Los modelos de crecimiento de los tejidos muestran que el hueso crece a una velocidad constante, pero lenta, y que el músculo crece con relativa rapidez, por lo que el cociente musculatura/hueso aumenta (Berg y Butterfield, 1979).

En la fase prenatal, hasta el nacimiento, el tejido óseo es prioritario en el crecimiento, creciendo a una tasa mayor en relación a los otros dos tejidos (músculo y grasa) constituyendo la mayor proporción en peso durante esta fase. El músculo muestra un crecimiento importante en esta etapa pero no a tasas tan altas como el tejido óseo (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). En la etapa postnatal, el tejido muscular continúa su crecimiento a una tasa similar al de la fase prenatal y la tasa de crecimiento relativo del hueso cae inmediatamente. El crecimiento de la grasa comienza relativamente lento y se incrementa exponencialmente a medida que el animal entra en la fase de engrasamiento (Berg y Butterfield 1979, Berg y Walters 1983, Brito y Jiménez de Aréchaga 2004).

Los órganos también presentan crecimiento diferencial, los de mayor importancia fisiológica para el animal están mejor desarrollados al nacimiento que aquellos que tienen menor importancia hasta un tiempo después del nacimiento, como ser el rumen y el retículo. A estos órganos se les puede fomentar su rapidez de desarrollo por un manejo especial del ternero (Bocco et al., 2005).

2.1.2 Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo

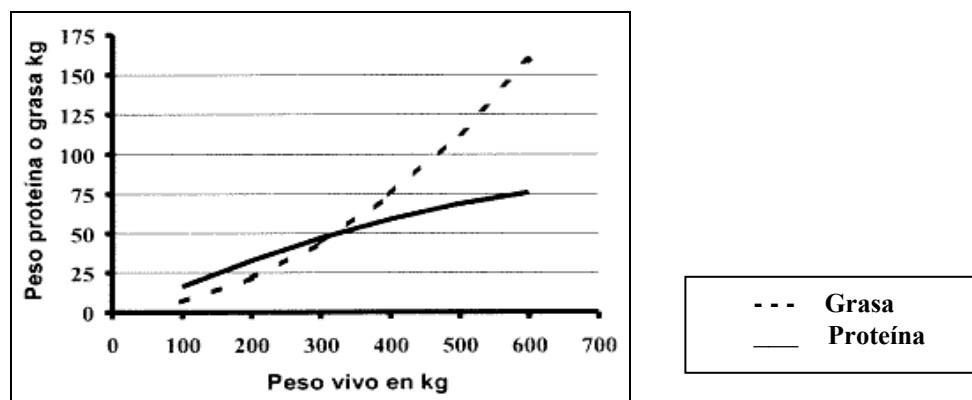
Según Bocco et al. (2005) la velocidad de crecimiento de un animal está determinada por su caudal genético y por factores ambientales, dentro de los cuales la alimentación ocupa el primer lugar porque determina la conformación y composición durante el crecimiento activo.

El potencial de ganancia de peso es función del potencial de acumulación del tejido magro, que a su vez es determinante del tamaño del animal y de su consumo. Los

animales de mayor tamaño o frame ganan más peso cuando no existen restricciones, como consecuencia de que consumen más por unidad de peso (Thonney et al., citados por Di Marco, 1993) y son capaces de retener más energía como proteínas que como grasa (Webster, citado por Di Marco, 1993).

En la producción de carne la relación entre proteína y grasa es la más importante. En la figura siguiente se muestran dichas variaciones en base a datos de Fox y Black, Owens et al., citados por Di Marco (2004).

Figura 1: Variaciones de grasa y proteína en función del peso vivo.



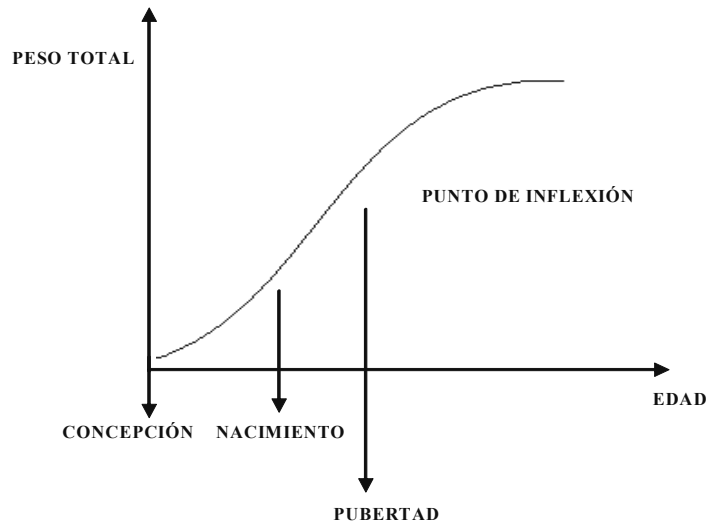
A cualquier peso, al aumentar la tasa de ganancia la retención proteica crece a rendimientos decrecientes (Di Marco 1993, Fernández 1998), hasta llegar a una ganancia o peso adulto a partir de la cual la acumulación de tejido proteico se hace casi nula (Fernández, 1998) y la grasa crece exponencialmente (Di Marco, 1993). Ello hace que cuando mayor es el peso o la tasa de ganancia, más fácil se logra la terminación del animal (Di Marco, 1993).

Para Geay, Owens et al., citados por Fernández (1998), a medida que el animal aumenta el peso vacío (grado de madurez), incrementa la cantidad de tejido graso en forma cuadrática, mientras que la masa proteica incrementa a una tasa decreciente.

2.1.2.1 Edad

Los animales en su proceso de crecimiento ganan altura rápidamente en las primeras etapas de su vida, y a medida que aumenta la edad, el desarrollo y crecimiento se hace más lento, hasta que finalmente se detienen. Esto determina una curva de desarrollo y crecimiento que relaciona peso con edad (Figura 2) (Shorthorn 1988, Bavera 2005).

Figura 2. Modelo general de crecimiento



El primer tramo de la curva de crecimiento se caracteriza por un crecimiento acelerado donde el potencial del animal es muy elevado y se realiza con ganancias importantes de peso en valor absoluto por unidad de tiempo; en la segunda parte el crecimiento se desacelera, con menor ganancia diaria hasta que llega a ser nula cuando se llega el peso adulto. Ese cambio o punto de inflexión indica un cambio fisiológico definido, la pubertad, estando en el 33% del peso adulto (Berg y Butterfield 1979, Joandet 1990, Owens et al. 1993, Warris 2000, Bavera 2005, Bocco et al. 2005).

El aumento de peso y el avance en la edad van acompañados de cambios en la composición corporal y del metabolismo animal. A medida que el animal envejece, disminuye la proporción de hueso y músculo y hay un incremento en la proporción de grasa (Brito y Jiménez de Aréchaga 2004, Bocco et al. 2005) y en su distribución (Di Marco, 1993). Sin embargo, en cifras absolutas, el animal maduro sigue teniendo más músculo que grasa (Bocco et al., 2005).

El peso adulto máximo o madurez del animal representa la máxima acumulación de tejido magro, a partir de la cual, la tasa de síntesis proteica equipara a la degradación respectiva (Fernández, 1998). Una vez que el animal alcanza el tamaño adulto la ganancia de peso de allí en más se hace exclusivamente acumulando grasa (Joandet, 1990).

En animales muy jóvenes o livianos, la única forma de que acumulen la grasa necesaria para lograr un buen estado corporal es ganando peso a una alta tasa; en animales de mayor edad (3 años o más) o de mayor peso, la deposición de grasa aumenta con respecto a la de la proteína, ya que tiene poca capacidad de retener tejidos proteicos

y se engrasan con mayor facilidad, por lo cual es factible su terminación con tasas de ganancia de peso relativamente bajas (Di Marco, 1993).

La grasa se deposita de manera diferente con la edad, primero se deposita alrededor de las vísceras, denominándose grasa interna (Gorrachategui, 1997), al aumentar la edad, y existir un aporte energético se forma la grasa entre los músculos (intermuscular), que en un primer momento constituye una cantidad relativamente pequeña de la canal (Berg y Butterfield 1979, Di Marco 1993) entre 5 y 7 % (Depetris, 2000); después se deposita la grasa que recubre la superficie externa (grasa subcutánea) y finalmente se forma dentro de las fibras musculares (grasa intramuscular) (Di Marco 1993, Gorrachategui 1997, Johnson 1998, Fernández 1998, Brito y Jiménez de Aréchaga 2004, Black, citado por Di Marco 2004, Bocco et al. 2005).

La grasa intermuscular es el mayor depósito graso del animal; pero la proporción con respecto al total desciende en la medida que el animal acumula mas grasa debido a que la grasa de cobertura aumenta (Di Marco, 1993).

2.1.2.2 Sexo

El sexo es otra variable del animal que afecta el potencial de ganancia de peso, de la misma manera que lo hace el tamaño del animal, ya que el sexo y el tamaño están relacionados (Di Marco, 1993).

Comparativamente los machos crecen más rápido que las hembras debido a la mayor potencia de los andrógenos con respecto a los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento. Los machos en comparación con las hembras consumen más alimento por una mayor tasa metabólica, son más eficientes en la conversión de alimento, tienen mayor peso al nacer y el largo de la gestación es de 3 a 4 días mas. A una misma edad los machos son más pesados que las hembras y los novillos son de mayor altura que los toros (Di Marco, 1993).

Los machos enteros son mas eficientes para ganar peso que los castrados, dado que las relaciones músculo/hueso y músculo/grasa son siempre favorables a los machos enteros (Bocco et al., 2005).

Las vaquillonas maduran más temprano que los novillos, y estos antes que los toros (Berg y Butterfield 1979, Brito y Jiménez de Aréchaga 2004). Aunque la hembra alcanza antes la madurez, el macho es más grande y pesado que la hembra en la vida adulta y, puesto que las diversas partes de los tejidos corporales crecen a velocidades diferentes, la variación de tamaño entre sexos se traduce en diferencias en el desarrollo de las proporciones corporales (Hammond, citado por Lawrie, 1998).

2.1.2.3 Raza

Los animales de alto potencial de crecimiento son más jóvenes a un mismo peso, presentan mayor peso adulto, madurez más tardía y en consecuencia depositan más proteína que grasa cuando aumentan de peso (Joandet 1990, Di Marco 1993, 2004), lo que requiere llevarlas a pesos de faena mayores, para alcanzar el mismo grado de terminación (Gregory, citado por Franco et al., 2002). En condiciones en que los animales ganan peso por debajo de su potencial sin alcanzar a depositar grasa de cobertura, se ven menos terminados que los de menor tamaño estructural (Di Marco, 2004).

Los animales de mayor peso adulto o frame son más precoces cuando se comparan al mismo peso que los de menor frame, y por lo tanto resultan más eficientes por unidad de tejido magro retenido (Webster, citado por Di Marco 1993, Bocco, et al. 2005). Muchas de las diferencias debidas al factor animal tienden a desaparecer cuando se comparan a igual grado engrasamiento (Di Marco, 1993).

La velocidad de crecimiento más rápida de las razas pesadas explica la diferencia de peso. Esta diferencia en la ganancia diaria está determinada por el distinto potencial genético. (Bocco et al., 2005).

El peso al cual se inicia la etapa de engrasamiento difiere entre razas y probablemente difiere también en la velocidad a la que depositan la grasa durante esta etapa (Di Marco et al., citados por Fernández, 1998). Según Berg y Butterfield (1979) algunas razas empiezan a engrasar a pesos bajos y otras a pesos más altos. Generalmente al ganado vacuno precoz tiene un tamaño más pequeño y entra en la fase de engrasamiento a pesos más bajos. Palsson, Wood et al., citados por Gorrachategui (1997) observaron que las razas mejoradas poseen mayor cantidad de grasa subcutánea, mientras que las razas rústicas poseen más cantidad de grasa interna (pélvico-renal).

Las razas británicas (Hereford, Angus) comienzan la etapa de engrasamiento a un peso menor en relación a las razas continentales, denominándose las primeras razas de maduración temprana (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). Los novillos de razas Británicas tradicionales después de los 550 Kg, prácticamente no retienen tejido proteico cuando ganan peso (Di Marco, 2004).

2.1.2.4 Clima

Ejerce su influencia sobre los animales en forma directa e indirecta. Ejemplos de la primera son el efecto que tiene la temperatura sobre las necesidades energéticas de los animales (Gutiérrez y Morixe, 1995). El efecto indirecto se debe a que este factor regula el crecimiento de las pasturas. Los sistemas de pastoreo en general tienen limitaciones nutricionales de distinta duración, debido a fluctuaciones de la cantidad y calidad del

forraje. En consecuencia los animales crecen por debajo de su potencial genético y alternan períodos de altas ganancias diarias de peso con etapas de mantenimiento o incluso de pérdidas de peso. Las altas ganancias sólo ocurren cuando se dan las condiciones adecuadas de disponibilidad y calidad de forraje (Binello y Romero, 2005).

2.1.2.5 Enfermedades

Cualquier irregularidad de las condiciones normales del individuo afecta su correcto funcionamiento, por lo tanto el crecimiento de los animales se ve disminuido cuando están enfermos.

2.1.2.6 Nutricionales

Las diferencias en el plano nutricional a cualquier edad desde la última etapa fetal a la madurez afecta el crecimiento en general, las distintas regiones, tejidos y a los diversos órganos en forma diferente (Owens et al. 1993, Lawrie 1998).

El desempeño productivo de animales de distinto tamaño está estrechamente relacionado con las condiciones de alimentación (Cuadro 1), ésta impone los límites biológicos a las posibilidades de utilizar animales de distinto tamaño en producción de carne y es la que en consecuencia condiciona el tamaño y grado de gordura de la res que es factible producir (Binello y Romero, 2005).

Cuadro 1: Efecto del nivel de alimentación

	Diferencias
Bajo	El biotipo chico pierde menos peso y estado o incluso se mantiene cuando el grande pierde peso.
Bajo a mediano	Igual ganancia de peso, pero mejor estado en el biotipo chico. Las hembras mejor que los machos.
Mediano	Ganancia de peso levemente superior en el biotipo grande, dificultad de engorde en pastoreo. Buena respuesta a la suplementación energética.
Alto	Mayor ganancia en el biotipo grande con buen estado corporal. Exceso de grasa en el biotipo chico. Mejor índice de conversión y rendimiento de res en el biotipo grande.

Fuente: Di Marco (2004)

Los aportes alimenticios, energéticos principalmente, permiten modificar la velocidad de crecimiento y su composición. Generalmente, a mayor aporte energético la cantidad de lípidos depositados aumenta, tanto más cuanto mayor es la ganancia de peso (Gorrrachategui, 1997).

Los efectos del nivel de nutrición se deben al nivel de ingesta energética en relación con las necesidades de crecimiento proteico. Esto implica la existencia de un límite biológico en el potencial fisiológico de un animal para depositar proteína, almacenando el resto de energía consumida como grasa (Gorrrachategui, 1997).

Cuando un animal es alimentado con una dieta de submantenimiento, los diferentes tejidos y regiones del cuerpo son utilizados como fuente de energía y proteína para la vida, en el orden inverso de su madurez. En estas condiciones, la grasa es utilizada en primer lugar, seguido por el músculo y luego el hueso. Estos tejidos son primariamente utilizados desde las regiones del cuerpo que presentan maduración más tardía (Hammond, McMeekan, Pomeroy, Wallace, citados por Lawrie, 1998).

En condiciones de alimentación no limitante el organismo del animal tiene como objetivo acumular en el tiempo una cantidad de tejido proteico prefijada acompañada de una cantidad muy variable de grasa, dependiendo del nivel de alimentación y composición del alimento (Webster, citado por Di Marco 1993, Fernández 1998).

Cuando la alimentación afecta la ganancia de peso la ganancia relativa de proteínas esta menos afectada que la de grasa. En condiciones de alimentación o ambiente no limitantes el aumento de masa corporal o de peso es máximo, al igual que la retención de proteínas y grasas (Di Marco, 1993).

El plano nutricional determina la tasa y composición química de la ganancia de peso. El principal efecto es sobre la relación grasa/proteína, debido a las grandes diferencias en la retención de grasa. A mayor tasa de ganancia de peso mayor cantidad de grasa, pero la magnitud de la grasa retenida varía con el peso del animal, la edad, el frame y el sexo (Di Marco, 1993).

Con dietas altas en proteína y bajas en energía, el hueso crece a un ritmo relativamente superior que el músculo, (ocupando la grasa el último lugar), comparado con los resultados de la dieta de baja proteína y alta energía (Berg y Butterfield, 1979).

Para animales de mayor tamaño adulto alimentados con pasturas a edad temprana, en gran parte del año no pueden expresar el potencial de crecimiento ya que lo que ingiere no alcanza para cubrir las necesidades para acumular músculo y grasa simultáneamente, por lo cual deposita principalmente músculo hasta que éste alcanza un punto de madurez que disminuye el ritmo de crecimiento y mayores nutrientes son empleados para acumular grasa. Normalmente, en muy buenas condiciones de pasturas se logra en promedio anual una ganancia diaria de 750 g/día. Con animales más precoces de menor tamaño adulto, es posible en condiciones de pasturas tener a pesos livianos novillos con buen estado de gordura (Joandet, 1990).

Entre los 200 y 500 Kg de peso vivo, a igual peso vacío, la cantidad de proteínas, minerales y agua varía muy poco en un plano nutricional alto o bajo, en cambio la grasa se diferencia notablemente. Ello hace que en un animal de 400 Kg por ejemplo, la cantidad de grasa supere a la de proteínas cuando se alimentan en un alto nivel energético, pero la cantidad de proteína supere a las de grasa, cuando el nivel energético es bajo (Byers, citado por Di Marco, 1993).

La proporción de proteína en la ganancia de peso desciende del 15 al 12%, cuando se pasa de una ganancia de 1 a 0.500 Kg/día. Mientras que la proporción de grasa, disminuye del 50 al 30% para el mismo rango de ganancia de peso (Di Marco, citado por Fernández, 1998).

2.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA RECRÍA

La recría es la etapa del desarrollo del animal desde el destete hasta el momento del entore en las hembras, o su ingreso a las invernadas en los machos. Es la etapa de crecimiento en la vida del animal donde es más eficiente para convertir alimento en músculo y hueso. A su vez, restricciones severas en esta etapa (especialmente de proteína), y que son muy frecuentes en nuestras condiciones de producción, afectan el tamaño final adulto del animal (Pigurina 1989, Cibils et al. 2002).

Los principales momentos críticos de esta categoría, son el primer y segundo invierno (muda de dientes), donde las condiciones climáticas y la cantidad y calidad de las pasturas del campo natural no permiten aprovechar este período de crecimiento, de acuerdo a objetivos bien definidos en cuanto a peso y edad de entore o faena (Pigurina 1989, Cibils et al. 2002).

Particularmente en el invierno, la baja producción de pasto, sumada al manejo descuidado de la recría, hace que los animales ingresen a la primavera con pesos iguales o menores a los alcanzados al destete, y que en el próximo invierno vuelvan a perder una parte importante de los kilos ganados en primavera y otoño (Carámbula et al., Scaglia, citados por Rinaldi et al., 1997). Esto tiene como consecuencia una terminación de novillos con más de 3 años (Rinaldi et al., 1997).

Los requerimientos del animal varían con la edad, el peso y su estado. Con los nutrientes que absorbe del alimento (energía, proteína, minerales, etc.) primero cubre el mantenimiento, luego crece si es joven, y engorda almacenando reservas en forma de grasa para cuando le haga falta energía (Cibils et al., 2002).

En animales de recría, un nivel de ganancia diaria de 100 gramos promedio durante 60 a 90 días indica que se logró alcanzar el nivel de mantenimiento (impuesto a la vida) sin resentir su futuro. Esto lo pone en condiciones ideales para realizar un crecimiento compensatorio en una siguiente etapa (Cibils et al., 2002).

En reglas generales y por el tipo de tejidos que están depositando los animales, hueso, músculo (creciendo) o grasa (engordando o almacenando), se puede decir que a menor peso vivo menor gasto de mantenimiento; animales jóvenes usan mas eficientemente los nutrientes que los adultos, los machos son mas eficientes que las hembras y los enteros aumentan mas que los castrados, independientemente de la edad, a mejor estado mayor es la ineficiencia en convertir pasto en peso vivo porque está depositando grasa; animales jóvenes requieren mas proteína en la dieta que los adultos (Cibils et al., 2002).

Para un buen funcionamiento del metabolismo el alimento debe tener un mínimo y un máximo de fibra. Esta fibra proporciona la energía, pero precisa proteína para poder ser usada. El Cuadro 2 muestra los valores máximos y mínimos orientativos para obtener una buena digestión. El máximo consumo de pasto seco se puede expresar groseramente como porcentaje del peso vivo (% PV) del animal y se muestra en el Cuadro 3 (Cibils et al., 2002).

Cuadro 2: Contenidos recomendados de fibra y proteína como porcentaje del alimento

COMPONENTE	Mínimo	Máximo
Fibra	17 %	40%
Proteína Bruta	7%	12 % Adultos 19% Terneros (*)

(*) Los terneros tienen mayores requerimientos de proteína debido a mayor formación de músculo.

Fuente: adaptado de NRC, citado por Cibils et al. (2002)

Cuadro 3: Consumo voluntario (% PV/día) en una pastura de 20 cm. y calidad media

CATEGORÍA	Consumo medio (% PV)	Consumo máximo (% PV)
Animales jóvenes	2,2 - 2,4	2,6
Animales adultos	2,4 - 2,8	3,0

Fuente: Cibils et al. (2002)

2.3 PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA PASTURA NATURAL

La variación de las comunidades de los campos naturales en cuanto a densidad y composición botánica, en particular los tipos productivos de las especies, hacen que el rendimiento anual de forraje se distribuya en un amplio rango (Rosengurtt, citado por Berreta, 2003).

Estas diferentes vegetaciones tienen una gran variabilidad espacial y temporal. Distintos tipos de suelos, textura, profundidad, humedad, topografía, altitud, manejo

previo, entre otras, determinan diferentes proporciones de tipos vegetales y diferente composición botánica. La variación temporal está relacionada con los factores climáticos, en particular las precipitaciones que se presentan con gran variabilidad entre años y dentro de las estaciones (Berreta y Bemhaja 1998c, Berreta 2003). Debido a estas variaciones, la producción anual de forraje es altamente variable, 40-50 % entre años y aún más cuando ocurren períodos de sequía prolongados (Berreta, 2003).

En sistemas de pastoreo extensivo, la cantidad de forraje está determinada por el crecimiento estacional y las condiciones climáticas. El pastoreo diferido permite mejorar la producción animal a través de la mayor disponibilidad de pastura en momentos críticos (invierno) y a la mayor producción de forraje (Pigurina et al., 1998).

El manejo del pastoreo, en particular la carga, es el factor principal en determinar cambios en la composición botánica de los campos. La carga calculada para distintos tipos de campo en función de su producción varía entre 0,5 y 0,85 unidades ganaderas por hectárea (UG/ha). Cuando no se ajusta la carga a la producción potencial de las pasturas, el desbalance se refleja en una baja producción animal y en una degradación del campo si es mayor o a un endurecimiento y ensuciamiento si es muy baja (Berreta, 2003).

El pastoreo a bajas cargas (0.6 UG/ha) lleva a una subutilización del forraje que se manifiesta en excedentes estacionales, especialmente a fines de primavera. Estos excedentes determinan una conducta de pastoreo donde los animales evitan lugares debido al alto contenido de restos secos y menor calidad, sobrepastoreando las partes más tiernas y verdes. En el corto plazo, estos excedentes se constituyen en reservas en pie que son parcialmente aprovechables en épocas de escasez de forraje, especialmente en invierno, pero con muy bajas ganancias o leves pérdidas de peso (Formoso y Gaggero, citados por Pigurina et al., 1998).

La calidad de las pasturas naturales del Uruguay varía a través del año y está determinada por la digestibilidad y el contenido de proteína cruda. Se estima una digestibilidad promedio de 55, 58, 62 y 50 % para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente (García, citado por Carámbula, 1996). El porcentaje en la materia seca de proteína cruda no debería ser menor a 7% para no provocar carencias en los animales, especialmente para categorías jóvenes en pleno crecimiento. La estación en que el contenido es más bajo es en el verano, con promedios fluctuantes en el entorno de 8% (Carámbula, citado por Rovira, 1996). Por lo tanto el contenido de proteína cruda en los campos naturales del Uruguay no parece actuar como un factor limitante de la producción (Rovira, 1996), cubriendo las necesidades de mantenimiento de bovinos y ovinos (Carámbula, 1996).

2.3.1 Características de pasturas naturales en basalto

El basalto abarca prácticamente el 25% del territorio nacional (3.900.000 ha), siendo en su inmensa mayoría una zona dedicada a la ganadería extensiva. Se estima que el 65% de esa superficie está ocupada por suelos superficiales y el 35% por suelos profundos (Milot et al., citados por Rovira 1996, Berreta 1998b). Rovira (1996) clasifica estos suelos en cuatro grandes grupos: superficial rojo, superficial negro, medio y profundo.

Las épocas de mayor producción de forraje del campo natural de Basalto son primavera y verano (15 a 20 Kg. MS/ha/día), seguidas por el otoño (6-11 Kg. MS/ha/día) e invierno (6-8 Kg. MS/ha/día) (Berretta y Bemhaja 1998, Berretta et al., citados por Pigurina et al. 1998, Cuadro 4).

Cuadro 4: Producción estacional de suelos sobre Basalto (Kg de MS/ha/día)

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total anual
Superficial rojo	8,2	5,6	13,8	5,4	2.995
Superficial negro	10,6	6,1	17,2	7,1	3.737
Medio	10,4	6,1	18,2	8,8	3.984
Profundo	12,3	7,2	21,5	10,5	4.747

Fuente: adaptado de Berreta, citado por Berreta y Bemhaja (1998)

Según Pittaluga et al. (1998) al presentar el campo natural un bajo crecimiento invernal, la disponibilidad de forraje en esta estación dependerá del crecimiento de forraje en las estaciones anteriores (verano-otoño).

Los valores de digestibilidad registrados en tapices de Basalto presentan una gran variación (22 a 50%). Los máximos valores se ven en primavera y verano, seguidos por el otoño e invierno (Pigurina et al., 1998). El nivel de proteína de la pastura varía entre 6-13%, sin embargo, la fracción verde varía entre 10-15%, dependiendo de la estación del año y la composición botánica; los valores máximos se registran en invierno y otoño, le sigue la primavera y los mínimos se dan a principios de verano (Berreta 1998a, Montossi et al. 1998, Millot y Saldaña 1998).

Los análisis de la vegetación muestran un marcado predominio en especies estivales cercano al 80% en suelos profundos, 60%, 75% y 58% para suelos medios, superficiales negro y rojo respectivamente (Meirelles y Riani, citados por Berreta, 1998a).

2.3.2 Efecto del crecimiento de las pasturas en la ganancia de peso

En la Unidad Experimental Glencoe se registraron las tasas de ganancias de peso de novillos según el crecimiento de las pasturas y se vio que ambos seguían la misma tendencia. La variación en la ganancia diaria estuvo más explicada por el efecto de la estación del año (68.3%) y por factores relacionados con el animal (26.4%) que por el año, la carga, el sistema de pastoreo y la relación lanar/vacuno (Pigurina et al., 1998). En primavera se destacaron las mayores ganancias de peso (0.6-1 Kg/día) con el menor coeficiente de variación (37%). En verano las ganancias fueron menores (0.122 a 0.643 Kg/animal/día) con mayores variaciones (68%). En el otoño las condiciones fueron intermedias y en invierno se dieron las menores ganancias con las mayores variaciones (130%). La disponibilidad limitada de las pasturas durante el invierno y los mayores requerimientos del animal por las condiciones climáticas (NRC, citado por Pigurina et al., 1998), determinan graves pérdidas o mantenimiento de peso (-0.37 a 0.045 Kg/animal/día), dependiendo de la condición corporal (grado de reservas) del animal (Pigurina et al., 1998). En el cuadro 5 se observan algunos factores que afectan la ganancia diaria de peso en novillos pastoreando campo natural.

Cuadro 5: Efecto de algunos factores sobre la ganancia diaria de peso estacional

	PASTURAS		Estado nutricional animal	Condiciones climáticas
	Cantidad	Calidad		
OTOÑO	++	++	---	+
INVIERNO	---	+++	-+	---
PRIMAVERA	+++	+++	++	+++
VERANO	+++	+	0	-+

Tipo de efecto: (+) favorable, (-) desfavorable, (0) nulo.

Magnitud del efecto: + bajo, ++ medio, +++ alto.

Fuente: Pigurina et al. (1998)

Sobre un campo natural de Basalto (35% de suelo superficial pardo rojizo, 35% superficial negro y 30% profundo) se estudio el efecto del diferimiento de forraje y carga sobre el crecimiento de terneros y novillos durante el invierno. Se utilizaron 10 terneros de destete y 10 novillos de sobreaño de raza Hereford que pastoreaban conjuntamente a diferentes cargas (Pittaluga et al., 1998). En el cuadro 6 y 7 se puede observar el periodo de cierre y disponibilidad de forraje al inicio del pastoreo y la evolución del peso vivo, respectivamente.

Cuadro 6: Periodo de cierre y disponibilidad al inicio de pastoreo

Año	1994	1995	1996
Fecha			
Inicio cierre	1/3	20/1	10/3
Inicio pastoreo	2/6	1/6	4/6
Disponibilidad inicial (Kg. MS/ha)			
0.82 UG/ha	1280	1321	903
1.25 UG/ha	1320	1607	1280
1.64 UG/ha	1339	1391	1188

Fuente: Pittaluga et al. (1998)

Cuadro 7: Evolución del peso vivo de novillos sobre campo natural diferido

Año	1994			1995			1996		
C (UG/ha)	I (Kg)	F (Kg/d)	G (Kg/d)	I (Kg)	F (Kg/d)	G (Kg/d)	I (Kg)	F (Kg/d)	G (Kg/d)
0.84	198 ^a	218ab	0.19a	193 ^a	196a	0.03a	223a	219a	0.04a
1.25	198 ^a	221a	0.22a	192 ^a	194a	0.20a	222a	224a	0.02a
1.64	196 ^a	203b	0.07b	192 ^a	183a	-0.08b	222a	215a	-0.07a

Referencias: C: Carga, I: Inicio, F: Fin, G: Ganancia

Valores con diferente letra en cada columna difieren significativamente (P<0.05)

Fuente: Pittaluga et al. (1998)

Los tratamientos correspondientes a las menores cargas tuvieron un comportamiento similar en el primer y segundo año con valores del orden de 0.20 Kg. y 0.03 Kg., respectivamente; mientras que los correspondientes a la carga de 1.64 UG/ha estuvieron cercanos a mantenimiento de peso en ambos años (Pittaluga et al., 1998).

2.4 EFECTO DE LA PASTURA EN EL CONSUMO ANIMAL

La performance animal es un efecto directo de la cantidad y calidad de forraje consumido (Montossi et al., 1996). El consumo y selectividad animal bajo pastoreo tiene una importancia fundamental en determinar la productividad animal y la eficiencia global de los sistemas pastoriles (Poppi et al., 1987).

La cantidad, el valor nutritivo y la distribución de la vegetación a la que el animal tiene acceso, inciden en su comportamiento y consumo a pastoreo (Stobbs, Arnold, Hodgson, Legendre y Fortín y Fryxell, citados por Montossi et al., 1996).

El comportamiento ingestivo adquiere importancia, determinando por ejemplo la capacidad del animal para mantener la tasa de consumo en el caso de condiciones limitantes de la pastura o la capacidad para modificar el tiempo de pastoreo en función de contrarrestar los efectos de una tasa de consumo reducida (Galli et al., 1996).

2.4.1 Componentes del comportamiento ingestivo

Hancock, citado por Galli et al. (1996), Allden y Whittaker, citados por Montossi et al. (1996), Zea y Díaz (2000) consideraron al consumo diario de forraje (CD) por un animal en pastoreo como el producto de 3 variables: peso del bocado promedio (PB), tasa de bocado durante el pastoreo (TB) (número de bocados/unidad de tiempo) y tiempo diario de pastoreo (TP), resultando la siguiente ecuación:

$$\text{CD} = \text{PB} \times \text{TB} \times \text{TP}$$

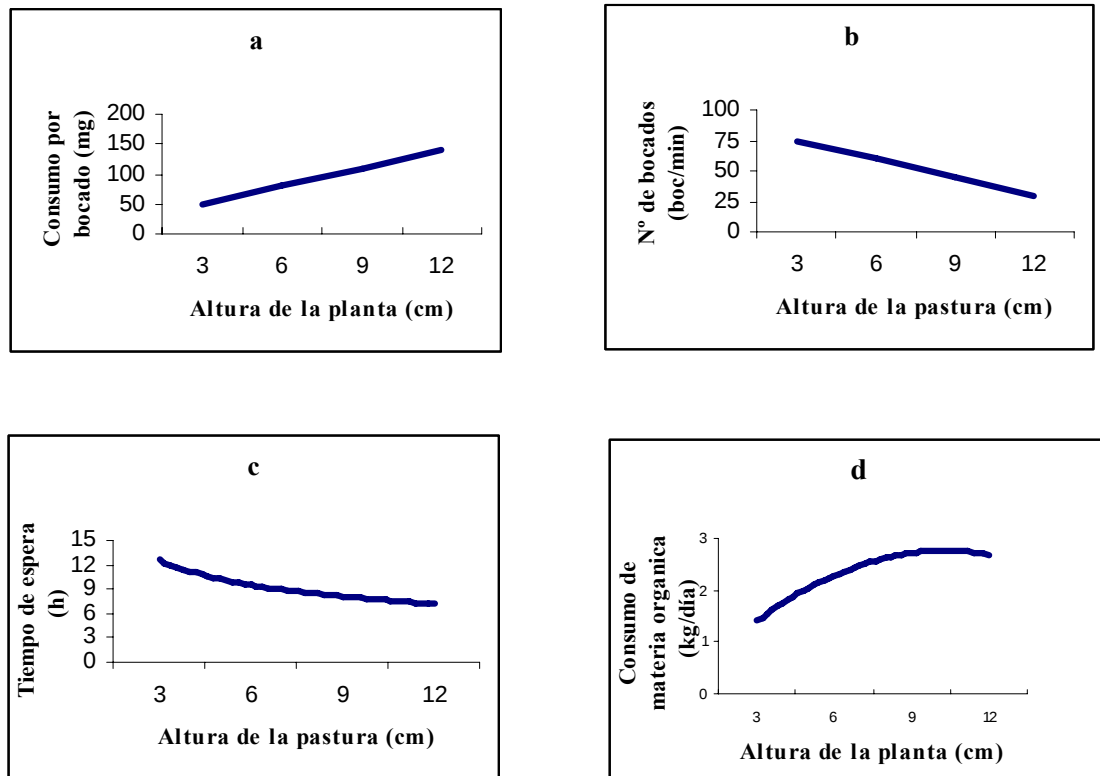
El peso del bocado es la variable con mayor relevancia, explicando el mayor porcentaje de la variación en el consumo diario de forraje, mientras que la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo juegan un papel secundario (Galli et al. 1996, Carámbula 1996).

Las dimensiones del bocado están representadas por el área de bocado que esta directamente relacionada con las dimensiones de la boca del animal y la profundidad del bocado que es una fracción más o menos constante a la altura de la pastura disponible. La profundidad del bocado aumenta con la altura de la pastura, y disminuye con la densidad del forraje (Galli et al., 1996).

Los animales intentan a través del ajuste de los componentes del comportamiento animal lograr un adecuado nivel de consumo cuando enfrentan restricciones asociadas a la estructura y composición de la pastura. En pasturas templadas, los tres componentes de comportamiento son principalmente afectados por la altura de la pastura (Montossi et al., 1996) En la Figura 3 se muestra como la altura de forraje influencia el consumo de bocado (a), la tasa de bocados (b), el tiempo de pastoreo (c) y por lo tanto el consumo diario (d) (Hodgson, 1990)

La estructura de la pastura se puede describir a través de la biomasa aérea, la altura, la cobertura y la densidad de forraje en los distintos estratos. Las variaciones en cualquiera de estas variables afectan el área, la profundidad y el peso de bocado (Galli et al., 1996).

Figura 3: Influencia de la altura de la pastura en los componentes de comportamiento



Fuente: Hodgson (1990)

El consumo por bocado aumenta linealmente con la altura y disponibilidad de la pastura, siendo la densidad de la pastura un factor de relativa importancia en condiciones templadas (Hodgson, citado por Montossi et al., 1996). Con pasturas inferiores a 6-8cm., el incremento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado no son suficientes para compensar las reducciones en el consumo diario de forraje, con pasturas de 3-4 cm. se da la mayor reducción del consumo (Montossi et al., 1996).

A medida que la disponibilidad del pasto decrece, disminuye la ingestión por bocado y aumenta el número de bocados y el tiempo dedicado al pastoreo. Pero como hay un límite, tanto para el tiempo dedicado al pastoreo como para el número de bocados, se llega a un punto en que la ingestión disminuye (Carámbula 1996, Zea y Díaz 2000).

En general, el tiempo de pastoreo aumenta a medida que disminuye la biomasa o la altura de la pastura, el número de bocados aumenta, pero el consumo por hora de pastoreo disminuye (Galli et al., 1996).

2.4.2 Conducta animal

El ganado normalmente divide su día de pastoreo en periodos alternativos de pastoreo, rumia y descanso. El comportamiento ingestivo en pastoreo depende de las reacciones del animal a las variables de la interfase de aquel con la planta, afectando el consumo. El animal dedica un tiempo diario limitado a la cosecha de forraje y por lo tanto necesita lograr una velocidad de ingestión que le permita alcanzar el consumo esperado de acuerdo a la calidad del alimento (Galli et al., 1996).

Los períodos más importantes de pastoreo son el amanecer (un poco antes de la salida del sol hasta dos o tres horas después) y el atardecer (se inicia al final de la tarde hasta entrada la noche). Entre estos dos períodos ocurren otros dos de menor duración que dependen de factores tales como la estación del año, estado de la pastura, estado del tiempo, ubicación de las aguadas, entre otros, dándose al mediodía y media noche (Hodgson, Wagnon et al., citados por Rovira, 1996).

El rango de tiempo de pastoreo registrado es de 4 a 14 horas diarias, con el mayor número de observaciones entre 7 y 11 (Galli et al., 1996). Según Erlinger et al., citados por Di Marco y Aello (2003) se estiman tiempos de pastoreo diarios de 7 horas, con diferencias entre vacunos de distinto tamaño adulto. Los animales de mayor frame tienden a pastorear hasta 70 minutos más por día. Para Aello y Gómez, citados por Di Marco y Aello (2003) el tiempo total de pastoreo oscila entre 9 a 10 hora/día en las distintas estaciones del año, con variaciones entre tiempo de pastoreo diurno y nocturno según la época del año. En general el pastoreo nocturno aumenta en la medida que disminuye el fotoperíodo.

Poppi et al. (1987) sugieren que el tiempo de pastoreo raramente supera las 12-13 horas por día y si se excede este tiempo se podrían ver afectado los componentes del comportamiento ingestivo. Para Erlinger et al., citados por Di Marco y Aello (2003) el tiempo de pastoreo máximo no supera las 10 horas/día y Hodgson (1990) considera que valores mayores a 8-9 horas por día de pastoreo estaría indicando algún tipo de restricción de la pastura

En general luego de cada período de pastoreo los animales dedican un tiempo al período de rumia, pero gran parte de la rumia se realiza en horas de la noche y la mayor intensidad se alcanza en seguida del anochecer (Hodgson 1990, Rovira 1996). El tiempo total que el animal se dedica a rumiar, en términos generales, es alrededor de las tres cuartas partes del de pastoreo. El tiempo de rumia varía en función de la cantidad y digestibilidad del forraje consumido (Rovira, 1996).

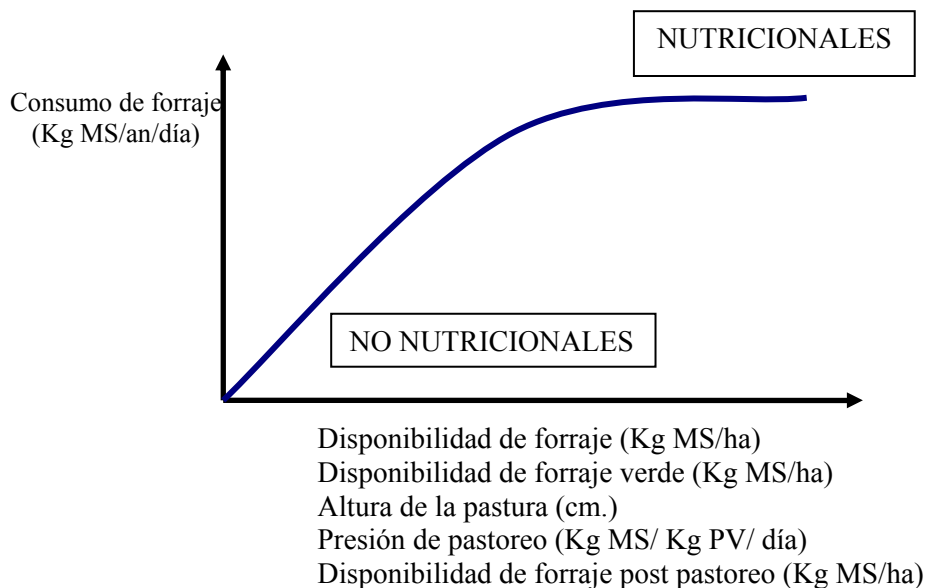
2.4.3 Factores de la pastura que afectan el consumo

El consumo de forraje por un animal, medido en términos de materia seca es muy variable y esta regulado por factores de la planta (cantidad de forraje disponible por animal, disponibilidad forrajera y digestibilidad de la materia seca), de factores del animal (peso vivo, edad y nivel de producción), del medio ambiente (clima, longitud del día, etc.) (Galli et al. 1996, Rovira 1996) y de otros factores como disponibilidad de agua, estado sanitario y deficiencias nutricionales (Rovira, 1996).

Según Poppi et al. (1987) los factores mas importantes en la regulación del consumo son las características de la pastura tales como el forraje disponible, estructura y especies forrajeras. El parámetro de calidad que afecta el llenado del rumen, la tasa de digestión y, por lo tanto el consumo, es la digestibilidad de la dieta.

El consumo en pastoreo esta regulado principalmente por factores nutricionales y no nutricionales. El consumo animal y forraje disponible están relacionados, generalmente en forma curvilínea (Poppi et al. 1987, Galli et al. 1996, Rovira 1996, Rearte 1999) (Figura 4).

Figura 4: Consumo de pastura según distintos parámetros (Poppi et al., 1987)



En la parte ascendente de la curva están representados los factores no nutricionales, relacionados a la habilidad del animal para cosechar la pastura, siendo los de mayor importancia la estructura de la pastura, la conducta de pastoreo de los animales (número de bocado, tasa de bocado y tiempo de pastoreo) y la selección; la segunda sección de la curva está representada por factores nutricionales, tales como la digestibilidad de

materia orgánica, nivel de proteína cruda, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal (Poppi et al., 1987).

El consumo y en consecuencia el comportamiento animal responden a la combinación de factores nutricionales y de la pastura, incrementando junto con la disponibilidad de forraje (Risso, 1996b).

2.4.3.1 Factores no nutricionales

- Disponibilidad

El término disponibilidad da idea de la cantidad de alimento ofrecido a los animales (Risso 1981a, Carámbula 1996) de forma de poder explicar el comportamiento posterior de los mismos (Risso, 1981a), incluye las partes aéreas de las plantas comprendiendo el forraje vivo y el muerto (Korte et al., citados por Carámbula, 1996). Se expresa como la cantidad de forraje en Kg. de materia seca o materia orgánica (por hectárea o por individuo) que se ofrece a los animales en un momento dado (Carámbula, 1996).

Al aumentar la disponibilidad, los animales además de aumentar la cantidad de forraje consumido, aumentan las oportunidades de selección de la dieta modificando la calidad de la pastura ingerida (Risso 1981a, Poppi et al. 1987, Pearson e Ison, citados por Carámbula 1996). A mayor disponibilidad seleccionan forraje más tierno, verde y hojoso, el cual es de digestión mas rápida, lo que aumenta la velocidad de pasaje por el tracto digestivo y por consiguiente incrementa el consumo (Pearson e Ison, citados por Carámbula, 1996). Por el contrario, con bajas asignaciones y reducida cantidad de forraje luego del pastoreo disminuye el consumo (Poppi et al., 1987).

En el rango de 500 a 2500 KgMS/ha, cuanto mayor es la oferta de forraje mejor es la performance animal y cuanto mas alto es el porcentaje de material verde mejor será su comportamiento (Smith et al., citados por Carámbula, 1996). El consumo es máximo cuando la oferta de forraje es del orden de 2250 a 2500 KgMS/ha. Cuando se alcanza un 50 % en la utilización de la pastura, la declinación en la performance de los animales es significativa (Rovira, 1996).

Petersen, Lucas y Mott, citados por Garín et al. (1993) describen la relación entre ganancia de peso y forraje disponible como lineal, hasta un punto en que se alcanza el consumo máximo el cual determina la máxima ganancia de peso. Según Bryant et al., Hart, citados por Garin et al. (1993) la ganancia de peso aumenta en forma lineal a medida que aumenta la cantidad de forraje asignado cada 100 Kg. de peso vivo animal/día, hasta un máximo a partir del cual se puede mantener o disminuir. Para Risso y Zarza (1981b) la ganancia diaria media aumenta a medida que se incrementa la

disponibilidad de forraje hasta un punto por encima el cual los sucesivos aumentos no generan variaciones en la ganancia de peso.

- Altura del tapiz

Según Hodgson, citado por Carámbula (1996) la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo y es la variable más simple para predecir la respuesta animal y de la pastura en pastoreos continuos.

En un pasto bien estructurado la ingestión máxima se produce cuando la altura del mismo es del orden de 15 cm, habiéndose observado que cuando la materia seca por hectárea pasa de 3.000 a 500 Kg, la tasa de ingestión se reduce hasta cuatro veces, mientras que el tiempo de pastoreo aumenta pero raramente excede las 10-12 horas por día. En diferentes trabajos se comprobó que cuando la disponibilidad de pasto disminuía de 9.8 a 7.4 KgMS/animal/día, las ganancias diarias de peso vivo de terneros lo hacían de 971 a 830 gramos (Zea y Díaz, 2000).

El máximo consumo de forraje de un animal bajo pastoreo se logra cuando la pastura tiene de 10 a 15 cm. de altura y la disponibilidad no es menor de 2500 KgMS/ha (Rovira, 1996). En la medida que el volumen de pasto comienza a disminuir, el tiempo de pastoreo tiende a aumentar (Carámbula 1996, Rovira 1996). Esto es debido a que los bocados son más chicos y el ritmo de pastoreo es más lento porque el animal gasta más tiempo en seleccionar la comida (Rovira, 1996).

Para otros autores, citados por Carámbula (1996) el forraje removido por bocado aumenta en forma lineal hasta una altura de 30 cm (Allden y Whittaker, 1970), o 40 cm (Hodgson, 1990).

- Densidad del tapiz

La densidad de la pastura afecta la cantidad de forraje que el animal puede consumir por bocado. A medida que las pasturas son mas densas el volumen del bocado es mayor (Carámbula, 1996).

Cuando se consideran conjuntamente la altura y la densidad del forraje se puede afirmar que los vacunos presentan mejor adaptación y productividad en pasturas altas y ralas (Carámbula, 1996).

- Distribución espacial

Hodgson, citado por Montossi et al. (1996) sugiere que la selección animal depende principalmente de las proporciones relativas de cada uno de los componentes de las pasturas y de la distribución vertical de los mismos en el perfil.

La distribución vertical de los componentes de la pastura influye en el valor nutritivo de la pastura cosechada por los animales, donde los componentes nutritivos más importantes (hojas verdes) se distribuyen en los estratos más altos (Montossi et al., citados por Montossi et al., 1996).

Al aumentar la altura de la pastura, la profundidad de pastoreo se incrementa por mayor proporción de hojas en el horizonte superior, llevando a un aumento en el volumen y peso del forraje ingerido. En los estratos mas bajos (0-5 cm) la calidad del forraje es menor (Carámbula, 1996).

El tamaño de bocado y el estrato al que accede el animal en el tapiz están muy influenciados por la altura de los estratos que contiene material muerto y tallos vegetativos. En el estado reproductivo el tamaño de bocado disminuye ya que se reduce la cantidad de hojas presentes. En esta situación, la relación hoja/tallo es una de las variables que más influye en el consumo (Forbes, citado por Pastorino et al., 1994).

2.4.3.2 Factores nutricionales

Estos factores están relacionados a las propiedades nutritivas del alimento y presentan mayor importancia cuando la tasa de consumo es alta y las disponibilidades de forraje antes y después del pastoreo son mayores (Poppi et al., 1987).

El valor de una pastura esta dado por el producto entre la concentración de los nutrientes en el forraje (valor nutritivo) y la cantidad de forraje que el animal consume (consumo voluntario) (Carámbula, 1996). El valor nutritivo esta determinado por la digestibilidad y los contenidos de proteína y fibra (Carámbula, 1996), siendo la digestibilidad el parámetro de mayor importancia (Frame y Dickson, citados por Carámbula, 1996).

La calidad de una pastura está relacionada con características físicas y químicas de la misma. Ésta afecta directamente el consumo y su tasa, e indirectamente a través de la velocidad de procesamiento del alimento en el tracto digestivo. El consumo voluntario de forrajes está relacionado positivamente con la digestibilidad de la materia seca (Galli et al., 1996).

La calidad de una pastura depende principalmente de la etapa de crecimiento, de la relación hoja/tallo, de la cantidad de restos secos y de la composición química de las fracciones involucradas (Carámbula, 1996).

Los factores nutricionales como la digestibilidad de la pastura, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal tienen gran importancia en determinar el consumo (Montossi et al., 1996).

- Digestibilidad

Cuando la cantidad de forraje no es limitante el consumo de los animales se relaciona directamente con la digestibilidad del forraje ingerido (Carámbula 1996, Santini y Rearte 1997).

Para el ganado de carne la digestibilidad es el factor que más influye en la ingestión, de modo que la relación entre digestibilidad e ingestión es lineal hasta que la digestibilidad alcanza valores del 80%, siendo esta relación más atribuida para los animales más jóvenes (Carámbula 1996, Rovira 1996, Zea y Díaz 2000).

Poppi et al. (1987) indican que la digestibilidad de la dieta es el principal parámetro de calidad que afecta el llenado del rumen, la tasa de digestión y, por lo tanto, el consumo de forraje, cuando la cantidad de forraje disponible y de rechazo es alta.

Los forrajes fibrosos, groseros y por lo tanto de baja digestibilidad, hacen disminuir el consumo al permanecer mucho tiempo dentro del rumen. Esta es la razón por la cual a mayor calidad de forraje (mayor digestibilidad), mayor consumo (Rovira, 1996).

La proporción de los constituyentes de las pasturas varía según el grado de madurez. A medida que avanza la madurez aumentan los constituyentes de la pared celular y disminuye el contenido celular (Hodgson 1990, Carámbula 1996, Ustarroz y De León 2006); la proporción de tallo es mayor y la de hojas disminuye. Los tallos tienen menor digestibilidad porque contienen proporciones mayores de los componentes estructurales de la planta (Pigurina, 1997), tales como la celulosa y la hemicelulosa que poseen baja digestibilidad, y la lignina que es indigestible (Rovira 1996, Santini y Rearte 1997), y hay una reducción de proteína y carbohidratos solubles del contenido celular. Estos cambios determinan una menor tasa de pasaje (Pigurina, 1997) y hacen que varíe el valor nutritivo de las pasturas, ya que disminuye la digestibilidad (Hodgson 1990, Galli et al. 1994, Carámbula 1996, Ustarroz y De León 2006), provocando una disminución en el consumo.

En términos generales, se considera que digestibilidades menores a 50%, así como niveles inferiores a 7% de proteína pueden provocar problemas nutritivos, especialmente a animales jóvenes (Rovira 1996, Carámbula 1996).

- **Proteína cruda**

El contenido de proteína cruda de la pastura, raramente limita la producción de los animales en pastoreo (Smetham, citado por Garín et al. 1993, Berreta 1998a); esta decaería solo cuando el contenido en el forraje disponible se encuentra por debajo de 4 o 5 % (Smetham, citado por Garín et al., 1993).

Al igual que la digestibilidad, a medida que la planta madura el contenido de proteína disminuye (Pigurina, 1997).

2.4.4 Selectividad

La selectividad ha sido interpretada por Robbins, citado por Montossi et al. (1998), como “un proceso dinámico, multifactorial integrando requerimientos animales y capacidades metabólicas, con un vasto conjunto de plantas con diferentes configuraciones químicas y espaciales que determinan diferentes valores absolutos y relativos de los diferentes componentes de la dieta”.

La selectividad animal de los diferentes componentes dentro de una pastura está ligada a la accesibilidad y disponibilidad de los mismos durante el proceso de pastoreo (Montossi et al., 1996). Tiene influencia marcada sobre la digestibilidad de la dieta consumida en comparación con la pastura ofrecida y afecta directamente el consumo a causa de la influencia del tamaño de bocado (Poppi et al., 1987)

La selectividad en el pastoreo es determinada por la palatabilidad y la preferencia (Vallentine, citado por Carámbula, 1996). La palatabilidad es afectada por factores del forraje tanto físicos o morfológicos, como químicos y ambientales los cuales incrementan o reducen el grado de selectividad; la preferencia es afectada por factores intrínsecos de los animales (Carámbula, 1996).

Según Arnold, citado por Pastorino et al. (1994) la selección opera en tapices heterogéneos (en madurez, características físicas y bioquímicas), en términos de especies y partes de plantas y/o abundancia de forraje y variará según características propias del animal (especie, experiencia previa, etc.). En términos generales habría preferencias por la fracción menor y la discriminación será mayor en tapices más altos y menos densos. La selección será a su vez menor en tapices que combinan uniformemente las especies.

El forraje seleccionado por los animales generalmente contiene más hojas y material verde y menos tallos y tejidos muertos que el que ofrece la pastura en un todo (Hodgson 1990, Weir y Torell, citados por Carámbula 1996, Chacon y Stobs, Van Dyne, Arnold, Clark et al., Hodgson, L'Huillier et al., Formoso y Castrillero, Vallentine, citados por Montossi et al. 1998, Zea y Díaz 2000). Este comportamiento conduce a seleccionar una dieta de mayor digestibilidad que la que tiene en promedio la pastura que se le ofrece (Rovira, 1996) y mayor contenido de proteína cruda (Carámbula, 1996).

Las características de consumo y selectividad del animal determinan que el forraje realmente consumido por el vacuno en condiciones de campo natural de Basalto tenga niveles de proteína cruda y digestibilidad de la materia orgánica de 30 a 50% superiores al ofrecido, dependiendo de la estación del año (Montossi et al., 1998).

En invierno, en pasturas de Basalto, los vacunos seleccionan dietas con mayor contenido de restos secos y malezas que en otras estaciones. A su vez, muestran que el componente mayoritario de la dieta en todas las estaciones son hojas verdes de gramíneas, correspondiendo en primavera y verano al 78% del total de la dieta, siendo algo menor en invierno (67%) (Montossi et al., 1998)

Los animales jóvenes son más selectivos que los adultos (Hodgson 1990, Zea y Díaz 2000), pero los patrones de selección de la dieta en estos animales son más inestables (Hodgson, 1990). Existe una relación inversa entre el tamaño y la tasa metabólica que se refleja en el consumo de nutrientes. Cuanto menor es el tamaño, mayor es la tasa metabólica y hay un mayor consumo de las partes más nutritivas de la pastura (Montossi et al., 2000).

2.5 EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y VEGETAL

En algunas épocas del año se presentan deficiencias en calidad y/o cantidad de forraje disponible que ocasiona restricciones en la ganancia de peso, lo cual afecta el sistema de producción, ya sea en la duración de la invernada, la carga animal que pueda mantener el mismo, la productividad por unidad de superficie y como consecuencia en el resultado económico de la empresa (De León 2005, Ustarroz y De León 2006).

Por el crecimiento estacional de las pasturas la utilización de suplementos es una herramienta que permitiría realizar una mejor utilización de la misma. En este marco, la comprensión de los factores que inciden sobre la eficiencia de uso de concentrados resulta fundamental para impactar positivamente en el resultado del negocio ganadero (Simeone et al., 2004).

La suplementación es una posibilidad concreta de diversificar la producción e incrementar el valor agregado al producto agrícola mejorando la eficiencia global del sistema agrícola ganadero (Cozzolino, 2000)

Los suplementos pueden ser usados para aumentar el suministro de nutrientes (efecto aditivo) y como correctores de la dieta, agregando los nutrientes deficientes en las pasturas (Sampedro 2004, Vaz Martins y Banchemo 2005), mejorando así la ganancia de peso de los vacunos en condiciones de pastoreo (Sampedro, 2004).

2.5.1 Objetivos de la suplementación

El uso de suplementos tiene como objetivo adicionar algo que falta ya sea en cantidad o calidad como para que la producción animal obtenida en pastoreo se mantenga o aumente a través de un aumento de la carga y/o de la ganancia de peso (Figurina 1997, Horn et al., citados por Elizalde 2003).

Para Zea y Díaz (2000) el objetivo de la suplementación en el pastoreo es mantener o aumentar la ingestión de materia seca o energía metabolizable, lo que depende básicamente de las condiciones de la pradera y de la cantidad y tipo del suplemento.

Según De León (2005), Ustarroz y De León (2006) los objetivos que se persiguen con la suplementación son:

- a) Aumentar la ganancia de peso individual de los animales. Esta se presenta cuando la respuesta animal está condicionada por parte de la pastura (calidad, cantidad de forraje disponible o desbalances nutricionales).
- b) Aumentar la carga animal. Cuando la baja disponibilidad estacional (productividad o superficie de las pasturas), conspira contra el mantenimiento de la carga animal en el sistema de producción, con ganancia de peso requeridas para una adecuada invernada y lograr una eficiente utilización de las pasturas en el resto del ciclo.
- c) Combinación de los objetivos anteriores: Aumentar ganancia de peso y carga animal.

A ellos se les puede agregar prevenir enfermedades nutricionales, transformar cosechas y residuos de cosecha en producto (Lange 1980, Mieres 1996) y minimizar pérdida de animales en periodos de crisis forrajera (Orcasberro, 1997).

En la recría la suplementación busca disminuir la mortandad y no resentir el peso adulto ni la performance de los animales (Cibils et al., 2002).

2.5.2 Factores que determinan la respuesta a la suplementación

El logro de los objetivos que persigue la suplementación depende del grado de conocimiento que se tiene de la pastura (cantidad y calidad), del animal (edad, estado

fisiológico, condición corporal, potencial de producción), del suplemento (tipo y cantidad) (Cibils et al. 1997, Orcasberro 1997) y de la interacción animal-pastura-suplemento, en un marco de metas biológicamente alcanzables (Cibils et al., 1997).

2.5.2.1 Pastura

Cuando la disponibilidad de pasto es un factor limitante la suplementación puede mantener el ritmo productivo de los animales (Zea y Díaz, 2000). El factor más limitante de la respuesta animal bajo pastoreo en campo natural, es el bajo consumo de energía digestible (Pigurina 1989, Ustarroz y De León 2006).

La oferta de pastura puede ser deficiente en calidad (baja digestibilidad o bajo contenido proteico) o en cantidad (insuficiente disponibilidad para que el animal coseche según sus necesidades diarias) (Pigurina, 1997), haciendo variar la respuesta animal en condiciones de pastoreo (Elizalde, 2003).

Con pasturas de buena calidad, la cantidad de forraje disponible por hectárea es uno de los principales factores que afecta la performance de los animales; por encima de los 2000 KgMS/ha no se obtienen respuestas individuales al suplemento. Con menos de 2000 KgMS/ha la respuesta individual a la suplementación dependerá de la cantidad de pasto disponible por unidad de superficie, siendo mayor a medida que la disponibilidad forrajera disminuye (Santini y Rearte, 1997).

2.5.2.2 Animal

La suplementación debe tener en cuenta el tipo de animal, el estado corporal y nivel de reserva (Pigurina, 1997), el potencial de consumo de materia seca y energía en esa pastura, las posibles tasas de ganancias logrables y las limitantes nutricionales que restringen el nivel de producción objetivo (Cibils et al., 1997, 2002).

La edad, el estado fisiológico y el genotipo animal son otros factores que definen la respuesta a la suplementación. Estos factores establecen la capacidad de consumo de los animales y la eficiencia de conversión de suplemento a carne (Lange 1980, Cibils et al. 2002).

2.5.2.3 Suplemento

La elección del suplemento a utilizar se debe basar en el tipo de producto existente en el mercado, que permita agregar el nutriente limitante con mayor economía, conocer el efecto de suministro del mismo sobre los hábitos del animal y los microorganismos del rumen y con el nivel de asignación planteado conocer el efecto de la suplementación sobre la pastura (Cibils et al., 1997).

La cantidad de suplemento a suministrar dependerá de la respuesta esperada y del tipo y cantidad de pasto que el animal está comiendo (Cibils et al., 2002)

Para Pigurina (1997) los factores que se deben considerar son el tipo de suplemento, el valor nutritivo y el costo relativo. También es importante la forma física, la palatabilidad, problemas y limitantes de consumo y velocidad de degradación ruminal.

2.5.3 Tipo de suplementos

Los alimentos se clasifican generalmente basándose en la cantidad de nutrientes por unidad de peso (prótidos, glúcidos y lípidos), la cantidad de carbohidratos estructurales (fibra) y la cantidad de materia seca presente en el alimento (García, 1997). Pueden dividirse en energéticos y proteicos, pudiendo tener algunos de ellos ambas características (Cibils et al., 2002)

A partir del conocimiento de las limitaciones de las pasturas se puede planificar el tipo de suplemento. En el cuadro 8 se observa la respuesta esperada en bovinos y ovinos a la suplementación con energía, proteína o nitrógeno no proteico (NNP), según las características de la pastura (Pigurina, 1997).

Cuadro 8: Respuesta esperada en peso vivo y consumo de energía de vacunos y ovinos suplementados con energía, proteína o NNP y pastoreando forrajes de diferentes niveles de disponibilidad, contenido de fibra y proteína

Pastura	Niveles (bajo o alto)							
Disponibilidad	Bajo				Alto			
Contenido de fibra	Bajo		Alto		Bajo		Alto	
Contenido de proteína	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Suplemento	Respuesta nula (0), pequeña (+), media (++) o alta (+++)							
Energía	+	+	++	++	0	0	+	+
Proteína	+	0	+	+	+++	0	++	+
NNP (urea)	+	0	0	0	++	0	+	0

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

2.5.3.1 Suplementos energéticos

Están representados por los granos de cereales y algunos de sus subproductos (García, 1997). Se entiende por concentrado energético cuando los alimentos tienen menos de 18% de fibra cruda y menos de 20% de proteína cruda (PC) en base seca (Pigurina 1989, Cozzolino 2000). La fracción energética está constituida en su mayor

parte por almidón y en general tienen poca proteína (7-15%) en relación a otras fracciones del alimento (García, 1997).

Los suplementos energéticos están hechos a base de granos, y en la medida que sean ricos en almidón y sean suministrados en cantidades elevadas los mismos pueden deprimir la digestibilidad del forraje y en particular la de la fracción fibra, deprimiendo también el consumo. Por el contrario granos con menos contenido de almidón o subproductos de granos (como afrechillos de trigo y arroz por ejemplo) afectan menos la digestión de la fibra, debido a una menor alteración de las condiciones del rumen, fundamentalmente el pH, sin provocar alteraciones a nivel de la microflora ruminal (Mieres, 1997).

La suplementación con concentrados energéticos puede tener como objetivo “estirar” el forraje disponible debido a su baja disponibilidad permitiendo obtener ganancias en peso individuales moderadas y elevadas ganancias por unidad de superficie, o llenar los requerimientos nutritivos para la obtención de una determinada performance, esta opción permite maximizar las ganancias individuales por un aumento en el consumo de energía (Vaz Martins, 1996).

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

Generalmente el consumo de este tipo de suplementos hace que disminuya la cantidad de forraje consumido (efecto de sustitución) en la medida que aumenta el suministro de concentrado, pero aumenta el consumo total de nutrientes a bajas asignaciones de forraje (Vaz Martins, 1996).

La suplementación con concentrados energéticos tendrá una mejor respuesta en otoño que en primavera ya que en dicha época es cuando las pasturas son mas deficitarias en energía (baja relación energía-proteína) (Santini y Rearte, 1997).

2.5.3.2 Suplementos proteicos

Se considera un alimento como proteico cuando contiene mas de 20% de proteína cruda en base seca (Cozzolino, 2000).

La suplementación con concentrados proteicos solo tendrá sentido con animales en crecimiento (Santini y Rearte 1997, Balbuena et al. 2003), o cuando la dieta base (pastura) tenga un contenido bajo de proteína (<14%) (Santini y Rearte, 1997).

Las respuestas a la suplementación proteica dependen del tipo de forraje, en especial de la degradabilidad de su componente proteico (Zea y Díaz, 2000).

La época del año recomendable para este tipo de suplementación es primavera-verano por el menor contenido de proteína de las pasturas (Santini y Rearte, 1997).

Al suplementar el ganado que pastorea forrajes de baja calidad, pobres en proteína, con proteínas solubles hace que se incremente el suministro de nutrientes al rumen por un efecto directo y por otro indirecto, ya que se estimula al consumo de forraje otras ventajas relativas de las proteínas verdaderas que también constituyen una fuente energética, aportan minerales, vitaminas y aminoácidos al intestino (Mieres, 1997).

2.5.4 Valor nutritivo de los suplementos utilizados

2.5.4.1 Afrechillo de arroz

Es un subproducto de la industria molinera, resulta del proceso del pulido del grano (García 1997, Cozzolino 2000). Se caracteriza por aportar altos niveles de energía, debido a las altas concentraciones de extracto etéreo (Cozzolino 1989, Gilles, citados por Cozzolino 2000) y por tener una elevada concentración de proteína (10 a 15%), mayores a la del grano original (García 1997, Cozzolino 2000). Los parámetros de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido son mas elevados en relación al material (Cozzolino, 2000, Cuadro 9).

Cuadro 9: Composición química de Afrechillo de arroz

	MS (%)	PC (%)	C (%)	DMO
Afrechillo de arroz	92.8	14.9	9.9	66.3

MS: Materia seca; PC: Proteína Cruda; C: Cenizas; DMO: Digestibilidad de la materia orgánica
Fuente: Cozzolino (2000)

Presenta un buen balance proteína/energía, así como un destacable nivel de fósforo. Tiene una concentración energética muy similar a la del grano de maíz o cebada. Su principal limitación deriva de su elevado contenido de lípidos que determinan que se deba usar con cautela. Tiene muy buenas respuestas en producción hasta niveles de suplementación de hasta 2 ½ a 3 Kg por vaca por día (hasta unos 400 grs. de lípidos por vaca y por día) (Acosta, 2006).

2.5.4.2 Expeller de girasol

Es un subproducto de la extracción del aceite de la semilla. Pertenece al grupo de las harinas de semillas de oleaginosas desgrasadas, las cuales son ricas en proteínas y un

porcentaje elevado de su nitrógeno (más del 95 %) aparece como proteína verdadera, muy digestible, que le confiere un valor biológico elevado a su proteína (Cozzolino, 2000, Cuadro 10)

Es un suplemento altamente especializado, con tenores de proteína de 28 a 32%, con una densidad energética media a baja. Muy adecuado para balancear dietas deficitarias en proteína, no presenta limitaciones técnicas de importancia en el rango normal de uso. Es normalmente muy palatable (Acosta, 2006)

Cuadro 10: Composición química de Expeller de girasol

	MS (%)	PC (%)	C (%)
Expeller de girasol	92.9	35.2	5.3

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; C: Cenizas.

Fuente: Cozzolino (2000)

2.5.5 Manejo de la suplementación

2.5.5.1 Período de acostumbramiento

Según Ledesma, citado por Gutiérrez y Morixe (1995) se debe tener en cuenta el tiempo del animal, del rumen y metabólico. El primero dura aproximadamente entre 7-15 días, el segundo es el tiempo que tardan las bacterias y protozoarios en lograr plena capacidad para utilizar los alimentos suministrados, dependiendo de la concentración y composición química, varía entre 15 y 28 días, y el ultimo es el que requiere el organismo para salir del metabolismo generado por la dieta anterior y entrar en uno nuevo, la duración mínima es de 21 días.

Este mismo autor señala que se logra un correcto acostumbramiento entre 21 y 28 días y el mismo debe ser progresivo, comenzando con cantidades en el orden de 0.2-0.4% del peso vivo.

2.5.5.2 Frecuencia de alimentación

Robinson, citado por Pastorino et al. (1994) indica que la frecuencia de alimentación afecta la performance animal. Esta estaría relacionada con la producción microbiana y el pasaje de partículas. La ingesta poco frecuente puede provocar variaciones en la concentración de metabolitos del rumen, lo cual afectaría el crecimiento y actividad microbiana.

Cuando el suministro es diario, su distribución puede ser fraccionada teniendo en cuenta la cantidad de suplemento (Ledesma Arocena, citado por Gutiérrez y Morixe, 1995, Cuadro 11).

Cuadro 11: Manejo diario de la alimentación de acuerdo a la cantidad de suplemento

CANTIDAD	Nº DE COMIDAS
> 2% PV	3 o mas
> 1% PV	2
< 1% PV	1

Fuente: Ledesma Arocena, citado por Gutierrez y Morixe (1995)

Dietas basadas en raciones que contienen un 40% de concentrado no manifiestan respuesta a una mayor frecuencia, existen cuando se pasa de 40 a 65%. La respuesta a la mayor frecuencia de alimentación interactuaría con el nivel de concentrado en la dieta. A su vez, el acceso frecuente al concentrado puede resultar más ventajoso en casos en que la ración está constituida por elementos rápidamente fermentables. La mayor frecuencia permitiría una mayor eficiencia ruminal, como consecuencia de la existencia de condiciones más adecuadas para el crecimiento microbiano que incrementaría muy poco la producción y un mayor consumo, el cual se reflejaría claramente en la producción (Robinson, citado por Pastorino et al., 1994).

2.5.5.3 Suplementación otoño-invernal

En el otoño es normal que se produzcan respuestas a la suplementación, debido principalmente a la variabilidad de la producción de pasto (Zea y Díaz, 2000).

La suplementación otoñal permite mejorar la calidad de la dieta, aún en condiciones de buena disponibilidad forrajera, ya que la pastura en esta época del año presenta desbalances de energía/proteína, también permite mejorar las ganancias individuales, levantando las restricciones que se dan en condiciones exclusivamente de pastoreo (Fernández et al., 2005).

En regiones templadas se produce durante el otoño una disminución o pérdida de peso de los animales en engorde en condiciones pastoriles. Las causas de este inconveniente son atribuidas a diversos factores; uno de ellos es el clima señalándose un efecto negativo (fundamentalmente días nublados y húmedos) (Andreo et al. 2001, Fernández et al. 2005), sin embargo, la causa principal de las bajas ganancias se atribuye al desbalance en la composición química de las pasturas, con bajas cantidades de energía disponible para los procesos digestivos (Andreo et al., 2001).

El forraje de otoño se caracteriza por presentar un bajo contenido de materia seca (< 15%), con una alta proporción de la proteína en forma soluble y un bajo contenido de carbohidratos solubles y muy alta digestibilidad. Estas características determinan un bajo consumo de materia seca por parte del animal, desbalances de proteínas/carbohidratos en el rumen y alta tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo, entre otros, lo que disminuye la eficiencia de conversión pastura/carne (Fernández et al. 2005, Vaz Martins y Banchemo 2005).

Una de las formas de atenuar este problema es suplementar con alimentos que provean de energía (Andreo et al. 2001, Vaz Martins y Banchemo 2005). Los suplementos energéticos pueden ser vistos como el complemento ideal para aumentar la utilización de la proteína rápidamente degradable, aumentando la síntesis de proteína microbiana, disminuyendo las pérdidas de nitrógeno en la orina y el costo energético, y por ende mejorando la performance animal (Vaz Martins y Banchemo, 2005).

En el invierno “limita la pastura” de forma tal que pone al animal en condiciones de máxima respuesta al agregado de lo que falta (aún en poca cantidad) (Cibils et al., 2002).

La suplementación invernal tendrá como objetivo aumentar el suministro de nutrientes que se vería limitado con el pastoreo exclusivo y mantener durante el invierno una carga animal alta que posibilite una máxima eficiencia de cosecha de las pasturas durante la estación de crecimiento en la primavera-verano. Suplementos voluminosos como silaje de maíz, silaje de pastura o heno, además del concentrado serían los alimentos apropiados para esta época del año (Rearte, 2006).

2.5.5.4 Momento de suplementación

Es común que se lleve a cabo las primeras horas del día. Esto en cierta medida, atentaría el hábito normal de los animales, pues les hace suspender su primer período de pastoreo. La consecuencia sería una sustitución del pasto por el suplemento, es decir, no estaríamos complementando la ración de forraje obtenida directamente a través del pastoreo, sino más bien provocando un menor consumo de la misma (Rovira, 1996).

2.5.5.5 Forma física

Los alimentos suministrados al ganado pueden presentarse de diferente forma en función del proceso al que hayan sido sometidos.

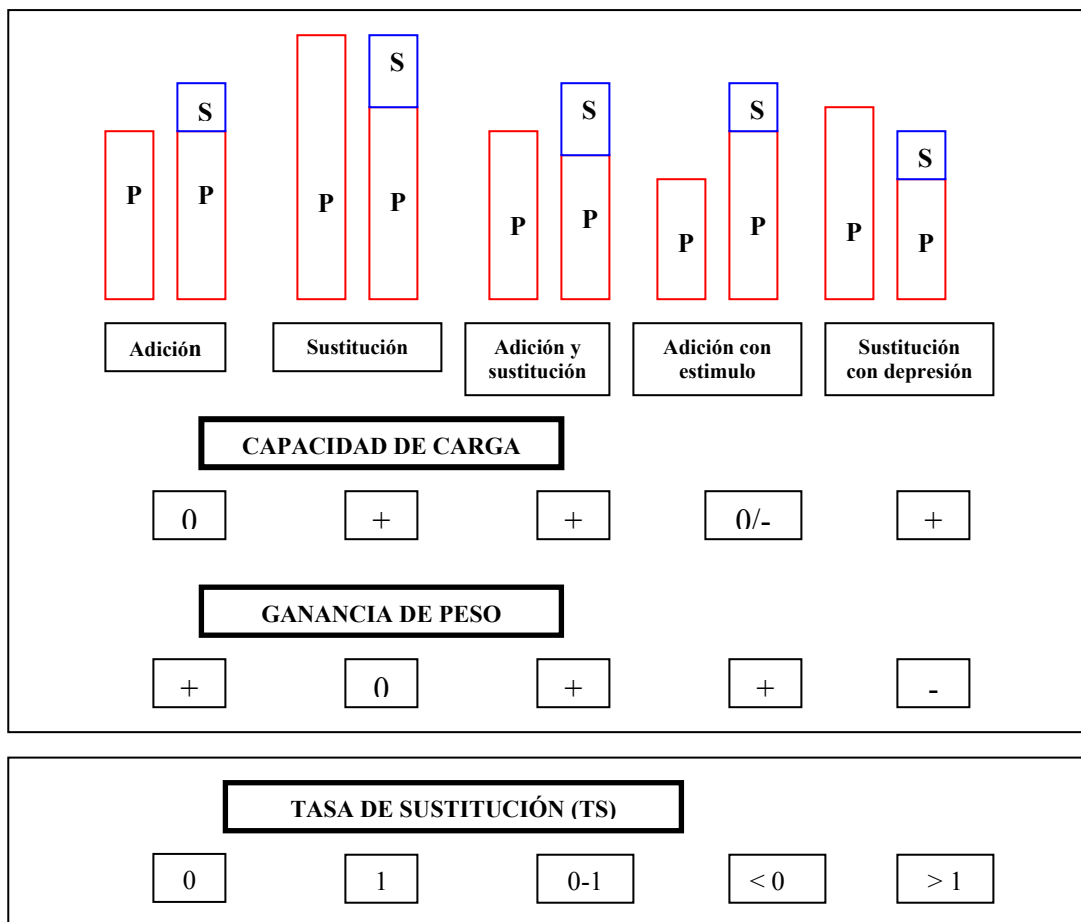
Según Bines, citado por Pastorino et al. (1994) el efecto de la forma física de la ración sobre el consumo del alimento debe ser considerado conjuntamente con la composición de la ración.

Con niveles muy altos de granos en la dieta, la molienda fina puede acarrear problemas de aceptación, y/o trastornos digestivos. En estos casos el peleteado mejoraría el consumo y el índice de conversión en un 10-12%. En el caso de materiales molidos el humedecimiento tiene efectos deseables, reduciendo las pérdidas de polvo y aumentando la digestibilidad (con respecto a esto no habría evidencias claras), con la particularidad que se hace necesario retirar de los comederos los sobrantes de cada comida (Bines, citado por Pastorino et al., 1994).

2.5.6 Interacción pastura-animal-suplemento

Las principales relaciones que se pueden encontrar entre lo que potencialmente ofrece la pastura y el aporte de suplemento se pueden ver en forma general en la figura 5.

Figura 5: Diferentes respuestas a la suplementación (Lange, 1980)



$$TS = \frac{\text{Consumo de forraje (testigo)} - \text{Consumo de forraje (suplementado)}}{\text{Suplemento consumido (Kg.)}}$$

Estos efectos del suplemento sobre el forraje y el tipo de relación resultante, también dependerán de la interacción de una serie de factores como puede ser, estructura del tapiz, disponibilidad y calidad del forraje, tipo del suplemento, nivel de suplementación, procesado del suplemento y del forraje, frecuencia de alimentación, hora de la suplementación, fotoperíodo y características del animal (Mieres, 1997).

2.5.6.1 Adición

Se da cuando el animal obtiene de la pastura una cantidad reducida de nutrientes, limitada por baja digestibilidad, baja oferta forrajera o reducido tiempo de pastoreo (Lange 1980, Pigurina 1997, De León 2005), y el consumo de nutrientes del suplemento se “suman” al consumo de nutrientes de la pastura (Lange, 1980). En este caso la adición de nutrientes, permite incrementar las ganancias de peso individual, sin modificar la capacidad de carga de la pastura (De León, 2005).

Si el forraje disponible es escaso, el suplemento adicionará nutrientes al animal y la ganancia de peso obtenida será un reflejo de la calidad del forraje base y de la calidad del suplemento (Bowman y Sanson, citados por Elizalde, 2003).

La respuesta al uso del suplemento es creciente hasta cierto límite dependiendo de la cantidad y calidad del suplemento. Con niveles de consumo de forraje por debajo de 1.5 KgMS/100 Kg. de peso vivo los efectos a la suplementación son aditivos; por encima de 1.5% comienzan a ser sustitutivos (Pigurina, 1997).

2.5.6.2 Sustitución

La suplementación produce un efecto de sustitución en la ingestión del pasto, dependiendo su intensidad de varios factores, como disponibilidad de pasto y de sus características intrínsecas o extrínsecas. Este efecto puede servir para elevar la carga ganadera sin que decaiga el rendimiento de los animales (Zea y Díaz, 2000).

Cuando se suplementa un forraje de alta calidad y disponibilidad no limitante, el consumo de pasto disminuye en mayor proporción que el aumento del consumo total de materia seca provocado por la suplementación (Lange 1980, Pigurina 1997, Elizalde 2003, De León 2005). En forrajes de baja calidad los suplementos energéticos en general causan una depresión de la digestión de la fibra en mayor proporción que en forrajes de alta calidad (Elizalde, 2003).

En las pasturas de mayor calidad el efecto de sustitución determina que la eficiencia se reduzca a la mitad en el nivel más alto de sustitución (Vaz Martins, 1996, 1997). A disponibilidades importantes de forraje (3% del peso vivo), se produce un efecto de sustitución del suplemento (Vaz Martins, 1996).

Los valores de sustitución en pasturas de alta calidad varían entre 0,5 a 1 Kg de forraje sustituido por Kg de suplemento consumido (Tyler y Wilkinson, citados por Elizalde, 2003). En forrajes de baja calidad (menos de 60 % de digestibilidad) la sustitución varía entre 0,20 a 0,50 Kg de forraje por Kg de suplemento ofrecido (Sanson y Clanton, citados por Elizalde, 2003).

2.5.6.3 Adición y sustitución

Es la combinación de los dos efectos anteriores, en la cual hay una mejora en la provisión de nutrientes, con una disminución no proporcional en el consumo de la pastura. Permite aumentos de la ganancia de peso individual y posibilidad de incrementar la carga animal. Su magnitud se modifica en función de la disponibilidad forrajera y nivel de suplementación (Lange 1980, De León 2005).

2.5.6.4 Adición con estímulo

Se corresponde con aquellos casos en los que el consumo de suplemento estimula la ingesta de forraje. Podría ser el caso de suministro de proteína a animales pastoreando forrajes maduros de baja calidad (Lange 1980, Pigurina 1997).

2.5.6.5 Sustitución con depresión

Se da cuando la inclusión del suplemento afecta negativamente el aporte de los nutrientes de la pastura, con lo cual disminuye la ganancia de peso, pero en contrapartida el menor consumo de pastura permitiría incrementar la carga animal. Se presenta cuando el suplemento produce una disminución de la digestión del forraje base, que es de mediana calidad (De León, 2005).

El suplemento es de menor valor nutritivo que la dieta base (pastura), y su consumo deprime el consumo de forraje y la performance animal también se puede dar cuando el suplemento tiene altos contenidos de aceite (Lange, 1980).

2.1.1 Efecto de la suplementación

La respuesta biológica a la suplementación (ganancia de peso diaria y eficiencia de conversión) depende fundamentalmente de la cantidad y calidad de forraje consumido (Bereta y Simeone, 2004).

Dado la estacionalidad que caracteriza a las pasturas es de esperarse que la respuesta al suministro de concentrados varíe para las diferentes estaciones del año, afectando no sólo a la ganancia individual potencialmente alcanzable, sino también a la eficiencia de conversión del suplemento utilizado (Elizalde 2003, Beretta y Simeone 2004).

El cociente entre la cantidad de suplemento entregado y la carne adicional producida nos indica la eficiencia con que el animal transforma el suplemento en carne (ECi). Las mejores ECi se obtienen cuando la calidad del forraje resulta más deficiente y/o cuando la cantidad de forraje es más limitante. Por otro lado, cuando la calidad y cantidad del forraje disponible no resultan limitantes se produce un aumento de la receptividad de las pasturas (efecto indirecto o de sustitución), que surge como consecuencia de la disminución del consumo de forraje por parte de los animales que reciben el suplemento con granos (Latimori y Kloster, 1997, Cuadro 12).

Cuadro 12: Efecto de la suplementación en el aumento de peso y consumo de la pastura

Características de la pastura	Efecto	Ganancia diaria	Receptividad	Prod./ha
Deficiencias en calidad o disponibilidad	Adición	Aumenta	No cambia	Aumenta
Buena calidad y disponibilidad	Sustitución	No cambia	Aumenta	Aumenta
Calidad y disponibilidad intermedia	Adición + sustitución	Aumenta	Aumenta	Aumenta

Fuente: Latimori y Kloster (1997), Cozzolino (2000)

La eficiencia de conversión es mayor en animales en activo crecimiento (Lange 1980, Latimori y Kloster 1997, Ustarroz y De León 2006), en razas pesadas y cruza, en animales sanos o que realizan crecimiento compensatorio (Lange, 1980).

Una de las razones de estas diferencias está determinada por las distintas necesidades de energía que tienen, para mantenimiento y producción, y los animales adultos deponen mayor proporción de grasas (mayor costo energético que el tejido muscular) que los jóvenes (Latimori y Kloster 1997, Ustarroz y De León 2006). Para incrementar 0,5 Kg de peso vivo, un novillo que pesa 200 Kg necesita aproximadamente 5,5 Mcal/día de energía neta, mientras que otro novillo de 400 Kg, necesitaría alrededor de 9,2 Mcal/día para obtener el mismo aumento de peso (Latimori y Kloster, 1997).

Cuando el forraje es de baja digestibilidad, independientemente que la disponibilidad sea alta o baja, la respuesta a la suplementación de animales en crecimiento o engorde puede ser muy importante en términos físicos y justificable en términos económicos; lo contrario pasa cuando hay alta disponibilidad de alta calidad (Orcasberro, 1997).

Cuando hay forraje disponible, el animal dejará de consumir pasto (sustitución) y las respuestas al suplemento serán un reflejo de la calidad del suplemento en relación a la calidad del forraje. En condiciones de sustitución, cuanto mayor sea la calidad que tenga

el forraje base, menor será la respuesta al suplemento en términos de ganancia de peso (Horn y McCollum, citados por Elizalde, 2003).

En el cuadro 13 se observan los efectos de la ganancia de peso y eficiencia de conversión con la utilización de distintos tipos de suplementos energético/proteicos en pasturas de alta calidad (proteína > 16 %, digestibilidad > 65%) (Elizalde, 2003).

Cuadro 13: Resumen de los valores medios de tratamientos entre lotes testigos y suplementados en animales en pastoreo de pasturas de alta calidad

Consumo de suplemento, % de peso vivo	Ganancia de peso (Kg/d)	Eficiencia de conversión	
		Kg. supl./Kg. carne*	Kg. supl./Kg. carne/ha**
0	710		
0.5	861	19.5	5.19
1.0	1.011	34.7	5.94
1.5	1.161	49.9	6.68
2.0	1.311	65.1	7.42
2.5	1.461	80.3	8.16

* Cuando se tiene en cuenta solo la diferencia de ganancia de peso entre los testigos y los suplementados.

** Respuesta conjunta de la mejora en la ganancia de peso y el ajuste de carga

Fuente: Elizalde (2003)

Para los casos que se aumenta la carga para consumir el forraje que queda en el campo por dar grano, la respuesta obtenida es de 5,2 Kg de grano/Kg de carne con un rango de entre 4,5 y 5,9 Kg/Kg. La eficiencia de conversión del suplemento es peor (mas Kg de grano por Kg de carne) y más variable cuando no se considera el ajuste de la carga por sustitución (Elizalde, 2003).

En un ensayo realizado por Rovira (2003) en la Unidad Experimental Palo a Pique entre marzo y junio se utilizaron novillos de 18 meses y se evaluó el efecto de la suplementación sobre campo natural (CN) con una disponibilidad de forraje superior a 2000 KgMS/ha y una altura mayor a 8 cm. El nivel de suplementación fue de 0.6% del peso vivo. El sistema de pastoreo fue continuo y se uso una dotación de 2.4 UG/ha. Debido a limitantes en la calidad del forraje (digestibilidad < 50% y proteína cruda < 7%) y que el nivel de concentrado no fue suficiente se observaron pérdidas de peso en los animales durante todo el experimento (Cuadro 14).

Cuadro 14: Efecto de la suplementación en la ganancia diaria

	CN	CN	CN + Expeller de girasol	CN + Afrechillo de trigo
Peso inicial (Kg)	370a	368a	367a	368a
Peso final (Kg)	342a	339a	353a	358a
Ganancia diaria (Kg/an/dia)	-0.296a	-0.321a	-0.151b	-0.107b

Fuente: Rovira (2003)

Existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento sin suplementación y los lotes suplementados. El aporte extra de energía y proteína fue responsable del mejor comportamiento de los novillos suplementados. En cuanto a las diferentes fuentes de suplemento no existieron diferencias significativas (Rovira, 2003).

Según Vaz Martins (1996) la calidad de la pastura aparece como la variable más importante que afecta la respuesta de los animales en planteos de suplementación. Por tal motivo, Domestte y Rodríguez, citados por este autor realizaron un trabajo para cuantificar la respuesta en ganancia de peso de novillos, a tres niveles de suplementación con cebada partida en dos pasturas mezcla de calidad contrastante a una presión de pastoreo de 1.5% de peso vivo (PV).

Cuadro 15: Ganancia diaria de dos niveles de suplementación

Pastura	Nivel de suplementación (% PV)		
	0	0.5	1.0
Buena calidad	0.258	0.633	0.593
Mala calidad	0.015	0.269	0.556

Fuente: Domestte y Rodríguez (1996)

En la pastura de alta calidad las ganancias aumentan hasta niveles de suplementación de 0.5% de PV y se mantienen prácticamente iguales al pasar a un consumo de grano de 1% debido al efecto de sustitución. En la pastura de baja calidad se ve adición en todos los niveles de suplementación. A niveles bajos de suplementación bajo condiciones de pastura restringida la respuesta en ganancia diaria y eficiencia de conversión es altamente dependiente de la calidad de la pastura (Vaz Martins, 1997).

Si el forraje es de alta calidad y se quieren lograr altas ganancias de peso, el suplemento deberá ser de una calidad compatible con la calidad del forraje. Si el forraje es de alta calidad pero es escaso en cantidad, un suplemento de menor calidad que la del forraje disponible, elevará la ganancia de peso pero nunca será tan elevada como la

obtenida con el forraje sólo si estuviera disponible a voluntad o si se ofreciera un suplemento al menos de igual calidad que la del forraje disponible (Elizalde, 2003).

Trabajos nacionales relacionados al uso de suplementos energéticos sobre pasturas en invierno marcaron tendencias similares. El uso de cantidades controladas de concentrados permite maximizar la eficiencia del forraje sin perjudicar e incluso mejorar el ritmo de ganancia de peso de los animales en altas dotaciones, aumentando la capacidad de carga y productividad del predio (Fernández y Mieres, 2005).

El cuadro 16 muestra los resultados de un experimento llevado a cabo con novillos de 362 Kg de peso promedio durante 75 días de invierno con dos asignaciones de forraje y tres niveles de suplementación (Risso et al., citados por Fernández y Mieres, 2005).

Cuadro 16: Resultados animales según asignación de forraje

Oferta pastura (Kg MS/100 Kg.PV)	Concentrado (Kg./animal/día)	Ganancia diaria (Kg./animal/día)	Útil. Forraje (%)	Eficiencia (Kg. suplemento/Kg. PV adicional
3.0	0	0.904 ab	57.2	----
	2	1.045 a	58.3	14.2
	4	0.958 ab	43.6	74.0
1.5	0	0.173 d	81.8	----
	2	0.813 bc	77.6	3.1
	4	0.841 bc	69.6	6.0

Valores seguidos de distinta letra difieren significativamente ($P < 0.05$)

Fuente: Risso et al., citados por Fernández y Mieres (2005)

El suministro de 2 Kg de suplemento a animales sometidos a restricción severa de asignación de forraje resultó en una significativa mejora de la ganancia que superó los 0.8 Kg/día. Niveles superiores de suplemento mejoraron muy poco el comportamiento. En el nivel aliviado de asignación de forraje (3.0 KgMS/100Kg.PV) los animales manifestaron muy buenos niveles de ganancia (0.904 Kg/día) que apenas mejoró con la incorporación de 2 Kg de suplemento, para caer a niveles similares al testigo. La escasa mejora en los niveles de ganancia en estos tratamientos revela un importante efecto de sustitución de la pastura por suplemento (Fernández y Mieres, 2005).

En el Cuadro 17 se presentan situaciones en las que se evalúa el impacto de la suplementación durante la recría en un modelo de internada de novillos en el total del ciclo de engorde (Cibils et al., 2002). La situación 1 corresponde a un manejo racional sobre pasturas donde no se compromete el comportamiento futuro del animal; la situación 2 corresponde a un manejo postergado con alta mortandad y disminución de la

ganancia promedio del animal en toda su vida y del peso final adulto y la situación 3 representa un esquema de manejo donde hay suplementación y se da preferencia a las categorías adultas en el manejo del pasto. En esta situación la mortandad disminuye y la performance de los animales no se resiente. El mejor manejo del pasto permite incrementar la carga manteniendo iguales niveles de ganancia que en la situación 1.

Cuadro 17: Impacto de la suplementación en la recría

	Situación 1	Situación 2	Situación 3
Peso Inicial (Kg)	120	120	120
Peso Final (Kg)	485	437	485
G. Diaria prom. (Kg/día)	0,450	0,383	0,450
Mortandad(% peso final)	2,0	6,0	2,0
Duración del ciclo (meses)	26,6	27,1	26,6
Carga (UG 400 Kg/ha)	1,0	1,0	1,2
An. promedio/ha	1,32	1,43	1,59

Fuente: Cibils et al. (2002)

Experimentos realizados en INIA Tacuarembó e INIA Treinta y Tres, permitieron definir que suplementaciones con Afrechillo de arroz entre 0.8 a 1% del peso vivo de terneros o novillos de sobreaño permite obtener ganancias diarias de 0.2 Kg durante 90 días de invierno, con pasturas de baja disponibilidad (500-800 KgMS/día). Cuando la pastura disponible es mas abundante o de mejor calidad, el objetivo se logra con las menores cantidades de suplementos (Pigurina et al., 1997).

Quintans et al. (1994a) evaluaron la suplementación invernal con afrechillo de arroz a terneras de destete sobre campo natural. A pesar de que las ganancias diarias de los animales suplementados no fueron altas (150 gr/an/día aproximadamente), las diferencias son importantes respecto a aquellos que no comieron y perdieron más de 200 gr/día.

El trabajo de Quintans y Vaz Martins (1994b) mostró que 0.6 Kg/día de expeller de girasol al igual que 0.8 Kg/día de afrechillo de arroz durante el invierno, también son suplementos que permiten una ganancia de 0.2 Kg/día en terneros, en pasturas bien empastadas (mayor a 1800 KgMS/ha).

Quintans (1994c) encontró un efecto favorable de la suplementación invernal con afrechillo de arroz desgrasado, realizando suplementaciones con 2 niveles de suplemento (bajo: 0.35% y alto: 1.5% del peso vivo). Con bajos niveles de suplementación se logro mantener el peso de los animales. El nivel alto provoco un aumento de 0.230 Kg/an/día,

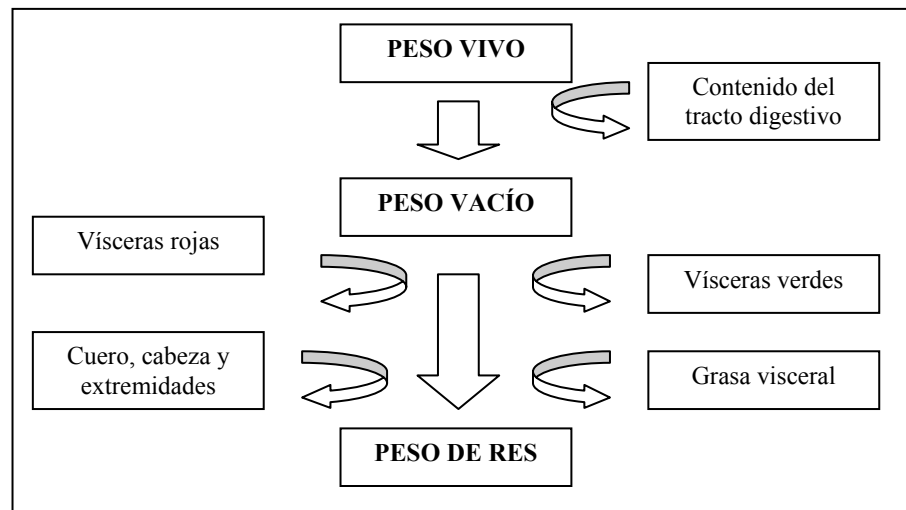
mientras que los animales que no fueron suplementados registraron pérdidas de peso durante el período.

2.6 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LA CANAL

Existe una gran relación entre el peso de la canal y el peso vivo (Berg y Butterfield 1979, Gorrachategui 1997, Figura 6). Uno de los aspectos más importantes del desarrollo de la canal es su relación con el aumento de peso vivo, que viene determinado por el rendimiento de la canal (Cianzio et al., 1972).

La canal de un animal es lo que mayor proporción representa en relación al peso vivo y es lo que alcanza el mayor precio: "*Canal es el cuerpo del animal, sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza ni extremidades*" (Gorrachategui 1997, Robaina 2002, Robaina y Castro 2004b, Guardia et al. 2004, Avilez 2006).

Figura 6: Esquema de los pesos obtenidos en el animal



Fuente: Feed (2003)

El peso de la canal esta compuesto por músculo, grasa, hueso (Berg y Butterfield 1978, Brito y Jiménez de Aréchaga 2004, Guardia et al. 2004) y tejido conectivo (Berg y Butterfield 1979, Brito y Jiménez de Aréchaga 2004). La musculatura es el componente de mayor proporción (Berg y Butterfield 1979, Di Marco 1993, Gorrachategui 1997) e importancia económica (Di Marco, 1993) seguido por la grasa, mientras que los huesos en ninguna de las etapas de crecimiento ejercen un papel dominante en la determinación de las proporciones relativas de los tres tejidos principales (Berg y Butterfield, 1979). El tejido conectivo representa del 1.5 al 2.5 % del peso de la canal (Bruto y Jiménez de Aréchaga, 2004).

La composición de la canal es medida por los cambios en las proporciones de sus componentes cuando el animal esta en el proceso de crecimiento (Berg y Butterfield, 1979) viéndose influenciados positivamente por el crecimiento de los mismos, y negativamente por el peso de los órganos, contenido digestivo y crecimiento de otras partes que no constituyen la canal propiamente dicha. (Gorrachategui, 1997).

Las diferencias de velocidad, el orden y la extensión del desarrollo de cada parte anatómica y de cada tejido son responsables de la variación en la conformación y en la composición química y anatómica de los animales de diferentes pesos y razas (Ruiz de Huidobro et al., 2000).

2.6.1 Descripción y evaluación de las canales

El estudio de la composición corporal de los bovinos en vivo tiene importancia porque involucra la evaluación de las condiciones carniceras de la res (para determinar su valor comercial) y por las características fisiológicas del animal, donde no solo se considera a la res sino a todos los componentes del peso vacío, ya que la proporción de distintos tejidos y el tamaño relativo de órganos y vísceras están asociados a la partición de la energía del alimento y a la eficiencia misma del proceso de crecimiento (Capellari et al., 2003).

La estimación de la composición y predicción de las características de las canales es importante durante el periodo de engorde y próximo al momento de la faena, como también para poder predecir el número de días de alimentación requerido por cada grupo para alcanzar un punto composicional de faena prefijado (Brito y Pringle, 2001).

2.6.1.1 Métodos subjetivos

El método ampliamente utilizado, debido a su rapidez, es el visual. Es netamente subjetivo y su exactitud no es muy alta, dependiendo del conocimiento y habilidad del evaluador. Se utilizan escalas, en los cuales se asignan un score según la apreciación visual de la muscularidad y de la grasa. Estas escalas varían en su amplitud (de 1 a 5 o 9), siendo 1 el animal con menor muscularidad o grasa y el valor más alto corresponde al de mayor muscularidad o grado de engrasamiento (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004).

La medición de la condición corporal en bovinos es una técnica fácil de aplicar a grupos de animales ó individualmente. Indica el balance del animal entre entrada, (consumo, digestión y metabolismo) y salida de nutrientes, (crecimiento, gestación, producción leche, enfermedad), siendo una herramienta de diagnóstico nutricional general del animal (Ayala, 2002).

Otro método pero que requiere mayor trabajo que el anterior, consiste en palpar áreas del animal donde la grasa se acumula (por ejemplo el doblez de la cola), aplicando

el conocimiento de deposición de tejidos grasos para asignar un grado de engrasamiento (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004).

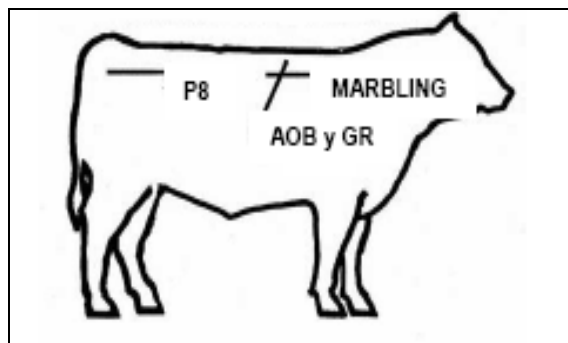
2.6.1.2 Métodos objetivos

El peso vivo es variable según sea la raza ó cruza. El sistema de alimentación puede variar significativamente el llenado intestinal así como el manejo al pesar (con ó sin ayuno) (Ayala, 2002).

La altura del anca se mide con una regla graduada desde el piso hasta la grupa. Es un indicador del tamaño del animal (Melucci et al., 2005). Comparando las sucesivas medidas en determinado período de tiempo se puede ver el crecimiento animal.

Otro método no invasivo ni destructivo que permite determinar el valor y la calidad de un animal, desde su desenvolvimiento fetal hasta su venta final, es la ultrasonografía (Bellenda, 2002). Consta en la medición de la grasa de cobertura o subcutánea, el área de ojo del lomo o bife (músculo *longissimus dorsi*), la grasa del anca o del cuadril (punto P8 australiano), y la grasa intramuscular o "marmoleado" (Bellenda 2002, Bertrand 2005, Figura 7).

Figura 7: Mediciones realizadas por ultrasonografía



El área de ojo de bife es un parámetro objetivo en la evaluación de las canales, que corresponde al área de la sección transversal del músculo *longissimus dorsi* y se mide siguiendo el contorno de este músculo a la altura del 10º espacio intercostal (Robaina, 2002) o entre la 12ª-13ª costilla dependiendo del tipo de corte (Brito y Pringle 2001, Morrodán 2002) y se expresa en centímetros cuadrados (Morrodán, 2002).

El espesor de grasa es la profundidad del tejido graso sobre el área del ojo de bife a nivel de la 10 o 12ª costilla. La misma consiste en una medición registrada a una distancia equivalente a los $\frac{3}{4}$ partes de longitud de este músculo desde la espina dorsal

(Cianzio 1972, Brito y Pringle 2001, Robaina 2002). El valor es expresado en centímetros (Morrodán, 2002).

La grasa medida a nivel del cuadril (P8) es la medición realizada en la intersección de los músculos *gluteus medius* (cuadril) y *bíceps femoris* en la región de la cadera, paralelo a la columna vertebral. Es una medida alternativa de la grasa externa, la cual ayuda a predecir puntos finales de composición corporal (Brito y Pringle, 2001).

La grasa intramuscular se determina sobre el músculo *longissimus dorsi* y es un estimador del grado de terminación del animal. Es un carácter medianamente heredable (30%) y se mide sobre un plano longitudinal entre la última vértebra dorsal y la primera vértebra lumbar (Melucci et al., 2005).

La ultrasonografía es una tecnología que permite realizar una correcta estimación de la composición animal. Es utilizada en el área de selección genética, obteniendo información para el desarrollo de los índices de diferencia esperada en la progenie en el área del ojo de bife, grasa subcutánea y grado de marmoreo. También presenta gran potencial para clasificar animales en grupos de similar composición, siguiendo la evolución en determinadas características durante el período de alimentación y para estimar el valor de las distintas canales (Brito y Pringle, 2001).

Estas medidas se pueden complementar con apreciaciones corporales visuales (músculo y grasa), el peso vivo y la altura del anca, que permitirán incrementar la eficacia de la práctica de agrupamiento de los animales previo y durante el proceso de terminación (Brito y Pringle, 2001).

Mediciones del área del ojo de bife y del espesor de grasa subcutánea pueden detectar el rápido crecimiento los tejidos musculares y grasos de animales jóvenes de un año de edad en la fase de engorde (Brito y Pringle, 2001).

La ecografía de la grasa de cobertura, permite evaluar diferente terminación entre animales de peso similares, mientras que la medición del área del bife puede darnos una estimación bastante certera y cuantitativa de la composición carnícera de la carcasa. La grasa intramuscular o marmoleado, nos indica la calidad de la carne a comercializar, por su gran incidencia en el aspecto, terneza y sabor de la carne. (Bellenda, 2002).

Varios investigadores han encontrado que el ultrasonido permite estimar con un grado aceptable de exactitud el engrasamiento de la canal (Wallace et al., Brethour, citados por Greiner et al., 2002) sin embargo para el área del ojo de bife los resultados fuerin menos concluyentes (Smith et al., Waldner et al., citados por Greiner et al., 2002).

Bertrand (2005) demostró que las correlaciones genéticas entre las mediciones ultrasonográficas realizadas en el animal vivo y las mediciones de carcasa en animales terminados, fueron mayores a 0,70.

2.6.2 Parámetros medidos en la canal *in vivo* y/o *post mortem*

2.6.2.1 Área del ojo de bife (AOB)

Se puede evaluar *in vivo* mediante ultrasonografía o una vez faenado el animal al realizar el despiece de la canal (Robaina, 2002). Las correlaciones entre la medición con ultrasonido y el área medida en la canal del músculo longissimus dorsi son raramente inferiores a 0.5 (Brito y Pringle, 2001).

Houghton, citado por Smith et al. (1992) encontró coeficientes de correlación en medidas con ultrasonido en el animal vivo a partir de 0.47 a 0.86 para el área del músculo *longissimus*.

Presenta una contribucion significativa a la prediccion de los cortes del trasero con alta proporcion de musculo y a los del delantero con baja proporcion muscular. En los primeros en rendimiento en cortes y el peso canal aumentan al aumentar el AOB; en los segundos disminuye (de los Campos et al., 2002).

El AOB podría explicar la variación existente en rendimiento carnicero entre diferentes grupos raciales e incluso entre canales con poca variabilidad en espesor de grasa subcutánea (Brito y Pringle, 2001).

Waldner et al., citados por Silva (2003) experimentando con 60 toros Brangus, cuyas edades al momento de la faena oscilaban entre los 4 y 24 meses hallaron que la magnitud del AOB era cada vez mayor a medida que aumentaba la edad y el peso a la faena. El incremento del AOB se dio rápidamente entre los 4 y 16 meses, siendo luego la tasa de incremento cada vez menor.

En un ensayo realizado por Brito y Pringle (2001) se utilizaron novillos Hereford y cruza Hereford de 15 meses de edad los cuales estuvieron en campo natural mejorado por un período de 10 meses, posterior a su destete y previo al período de engorde, realizandose medidas con ultrasonido cada 14 días para determinar el AOB. En este estudio se observó que el modelo lineal era el que mejor se ajustaba obteniendo valores de R^2 de 0.91, hasta el día 56 donde alcanzó la máxima respuesta.

La correlación entre el AOB medida por ultrasonido y el AOB medida con acetato en el frigorífico es superior en relación a los cortes. El AOB medida con acetato no puede ser considerado un estándar a efectos de evaluar la técnica de ultrasonido debido a

que se comenten errores que pueden superar a los del AOB medidos por ultrasonido (De los Campos et al., 2001).

Camfield et al. (1999) observó que el AOB varía según el tipo de maduración y tamaño del animal, encontrando que las razas de mayor tamaño presentan el AOB más grande ($P < 0.05$). Estos resultados concuerdan con los de Koch et al., citados por Camfield et al. (1999) que encontraron que este tipo de animales tienden a producir las canales con AOB más grande que razas pequeñas o intermedias cuando se las compara a peso constante o tiempo constante con una alimentación base.

Otro factor que hace variar la superficie del AOB es el tipo de alimento suministrado. Animales alimentados con granos resultan con una superficie significativamente mayor que animales alimentados sobre pasturas (Gil y Huertas, 2001). Realini et al. (2004) observaron resultados similares trabajando con novillos alimentados en su etapa de terminación con pasturas y concentrados (Cuadro 18)

Cuadro 18: Área de ojo de bife promedio y peso de canal caliente (PCC) de animales sobre pasturas y feedlot según diferentes autores

Fuente	AOB (cm ²)	PCC (Kg.)	Características
Gil y Huertas (2001)	55.3	249	39 novillos; pastura
	61.3	268	39 novillos; feedlot
Realini et al. (2004)	55.2	226	10 novillos Hereford; pastura
	62.9	240	20 novillos Hereford; concentrado

2.6.2.2 Espesor de grasa subcutánea (EGS)

Houghton, citado por Smith et al. (1992) encontró coeficientes de correlación en medidas con ultrasonido en el animal vivo y en la canal de 0.42 a 0.92 para espesor de grasa.

Murphey et al., citados por Johnson (1998) notaron la importante asociación negativa entre EGS en la 12^a costilla y el rendimiento de carne vendible. Cianzio (1972) observó que cuanto mayor es el EGS a nivel de la 10-12^a costilla menor tiende a ser el porcentaje de cortes valiosos desgrasados o el porcentaje de músculo total de la media res.

Smith et al. (1992) evaluaron las medidas de espesor de grasa en 452 novillos por ultrasonido 5 días antes de la faena y luego de la misma. En su estudio encontraron que

las estimaciones ultrasónicas del espesor de grasa estaban correlacionadas fuertemente con el espesor de grasa de la carcasa ($r = 0.81$).

Hamlin et al. (1995) al estudiar 180 novillos de distintos tipos biológicos, comprobaron que existía una tendencia general al incremento del EGS con el aumento de la edad y/o peso de los animales, explicando estas 2 variables el 47 y 46 % de la variación del EGS, respectivamente.

Camfield et al. (1999) observaron que el espesor de grasa variaba según el tipo de maduración y tamaño del animal, variando entre 0.6 cm en novillos de maduración tardía y mayor tamaño y 1.3 cm en novillos de maduración temprana y tamaño pequeño. Koch et al., Gregory et al., citados por Camfield et al. (1999) indicaron que las carcasas de los novillos de mayor frame tenían menor espesor de grasa entre la 12-13^{er} costilla que las carcasas más pequeñas en cualquier período de alimentación dado.

Gil y Huertas (2001) observaron que el espesor de grasa en novillos variaba con el tipo de alimentación, encontrando una cobertura de grasa a nivel de la 10^a costilla de 8.23 cm en animales alimentados sobre pasturas y de 13.55 cm en animales en feedlot.

2.6.2.3 Grasa subcutánea a nivel del cuadril (P8)

Moon, citado por Johnson (1998) propuso el P8 como sitio de medida, dado que es tan exacto como el EGS en la 12^a costilla en estimar el rendimiento y además esta sujeto a menos daño en el frigorífico.

2.6.2.4 Contenido de grasa intramuscular

Según Cianzio (1972), Johnson (1998) la grasa intramuscular es el depósito graso que se forma más tardíamente. Al parecer dicho proceso depende más de la edad que del peso del animal.

Es la grasa que se encuentra dispersa entre las fibras musculares o grupo de fibras musculares, no siendo dicha distribución aleatoria si no que tiende a seguir la red vascular (Johnson, 1998).

El contenido de grasa intramuscular incide en la calidad organoléptica del producto, influyendo en la jugosidad (Robaina et al., 2002) terneza y el sabor de la carne. Pero tiene además gran relevancia debido a la responsabilidad que se le atribuye (junto al tipo de grasas presentes en la carne) en relación a la ocurrencia de enfermedades cardiovasculares (de Blas 2004, Scollan et al. 2006).

El contenido de grasa intramuscular se mide de manera subjetiva a nivel del área del ojo de bife, mediante el uso de escalas de grados (USDA) (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2003, Cuadro 19).

Cuadro 19: Escala de grados para la medición del contenido de grasa intramuscular

Escala de grados	Características
D	Desprovisto
Pd	Prácticamente desprovisto
Tr	Trazas
Sl	Leve
Sm	Poco
Mt	Modesto
Md	Moderado
Sl A	Levemente abundante
Md A	Moderadamente abundante
A	Abundante

Fuente: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (2003)

Johnson (1998) demostró que a bajos niveles de grasa subcutánea e intramuscular, el ganado de madurez mas temprana tiene mayores niveles de marmoleado, sin embargo cuando se alcanza un 30% de la grasa en la carcasa el nivel de marmoleado es igual en ambos tipos de ganado, y al sobrepasar este nivel el ganado de madurez tardía mostró un mayor nivel de marmoleado. Asimismo, las razas de madurez temprana tienen mas marmoleados a bajos pesos vivos, dándoles tiempo y aumentando su peso y su nivel de engrasamiento, el marmoleado de los tipos continentales se encontraría con los de la raza británica.

Camfield et al. (1999) observaron que las canales de novillos de maduración intermedia o temprana desarrollados en pasturas (dieta de poca energía) tenían mayor grado de marmoreo ($P < 0.05$) y un más alto grado de calidad ($P < 0.05$) que novillos de maduración tardía.

En un trabajo realizado por Schindler et al. (2004) se analizó el efecto del sistema de producción en el contenido de grasa intramuscular en novillos de raza Hereford de frame pequeño e intermedio. Los tratamientos efectuados fueron alimentación con pasturas (T1); pasturas con suplementación en otoño-invierno con grano de maíz molido al 0.7% del peso vivo (T2); encierre en corral y ración los últimos 100 días (T3) y engorde a corral desde el inicio de la invernada hasta la faena (T4). La faena se determinó en función del peso final, estado visual de terminación y espesor de grasa dorsal (5 mm como mínimo) medida con ecógrafo. En el contenido de grasa intramuscular no se

encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Estos resultados concuerdan con los de Mandell et al., citados por Schindler et al. (2004) quienes hallaron que la incorporación de grano en la dieta no incrementó el contenido de grasa intramuscular cuando se llega al mismo grado de terminación, en tanto que si se faena a un período de engorde constante, se encuentran diferencias significativas, siendo menor el contenido de grasa intramuscular en las reses de los animales que recibieron forraje solamente. Camfield et al. (1999), Mandell et al., Van Kovering et al., Duckett et al., citados por Schindler et al. (2004) indicaron que el contenido de grasa intramuscular estaría asociado a la duración de la invernada.

2.6.2.5 Clasificación de las canales por calidad

La clasificación de calidad de las canales vacunas de EEUU según USDA (Beef Quality Grades) está basada en grados de grasa intramuscular y grados de madurez. Este sistema de segregación valoriza las canales en orden decreciente según su calidad de acuerdo al siguiente orden (Auditoria de la calidad de la carne vacuna, 2003): Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter.

2.6.3 Clasificación y tipificación de la canal

En nuestro país la evaluación de las reses vacunas se lleva a cabo por el Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación de Carne Vacuna desarrollada por el Instituto Nacional de Carne y ejecutado por el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (Robaina y Castro, 2004b).

La clasificación y tipificación es la primera evaluación de calidad que se hace una vez finalizada la faena. Permite ordenar los productos a efectos de lograr la uniformización de lotes, constituye un conjunto de apreciaciones que pueden trasladarse al animal en pie. La clasificación es la catalogación de las reses en diferentes categorías según sexo, edad y dentro de las mismas, su identificación y ordenamiento en base a la tipificación. La tipificación se define como la catalogación de las reses integrantes de una misma categorías por tipos, a través de la evaluación de su conformación (relación entre las masas musculares y el esqueleto) y su terminación (cantidad y distribución de la grasa subcutánea o de cobertura) (Robaina, 2002).

Si bien esta evaluación es subjetiva, tiene la ventaja respecto a la “evaluación del animal en pie”, de que se hace directamente sobre la canal por lo que resulta más precisa (Robaina y Castro, 2004b).

Para la categoría novillo se definen seis grados de conformación (I.N.A.C.U.R) siendo las reses de Tipo I las consideradas como de mejor conformación y las R de peor conformación; a su vez dentro de la terminación se establecen cinco grados (0 al 4),

correspondiendo el número 0 a las carcasas totalmente magras y las 4 a las excesivamente engrasadas (Robaina, 2002).

Grados de conformación

Tipo I: Corresponde a reses cilíndricas, largas y de aspecto compacto con líneas convexas, el cuarto trasero es bien redondeado, con gran desarrollo de su masa muscular. Presenta buen arqueado de las costillas en toda su extensión, la región de la paleta uniforme y de buen desarrollo. Las líneas superiores e inferiores son rectas y paralelas.

Tipo N: Corresponde a carcasas largas, no tan compactas, y con líneas redondeadas aunque de menor convexidad. El manto trasero presenta un buen desarrollo de la masa muscular. El arqueado de las costillas es bueno aunque menor que el del tipo I. El manto delantero se presenta bien conformado y desarrollado. La línea superior e inferior son casi rectas y paralelas.

Tipo A: Corresponde a reses con perfiles ligeramente rectos. El cuarto trasero presenta una pierna medianamente profunda y musculosa. Sus líneas siendo armónicas aparecen como algo deprimidas. Posee poco arqueado de costillas y el delantero es bien conformado y musculoso. Las líneas superior e inferior son algo irregulares paralelas.

Tipo C: Corresponde a reses ligeramente desarrolladas. El cuarto trasero no presenta líneas de contorno rectas o subcóncavas. El arqueado de costillas es casi discreto, tendiendo a plano. El cuarto delantero presenta regular desarrollo muscular, las líneas superior e inferior son irregulares y divergen ligeramente de caudal a craneal.

Tipo U: Corresponde a reses de conformación diferente con líneas angulosas, de perfil cóncavo y con muy poco desarrollo muscular. Las líneas superior e inferior distan mucho de ser paralelas. La totalidad de las regiones anatómicas son muy deprimidas.

Tipo R: Corresponde a reses que presentan una marcada carencia muscular y sus contornos muy deprimidos y alineados, siguiendo prácticamente la línea del esqueleto que es apreciable en todas sus partes.

Grados de terminación

Grado 0: Cobertura muy escasa o carencia total. Vestigios de grasa al corte. Las reses que presentan esta terminación son las comúnmente llamadas magras.

Grado 1: Escasa cobertura y poco uniforme. Grandes áreas sin cubrir, generalmente en las regiones de la pierna y el cogote.

Grado 2: Grasa moderadamente abundante. Distribución uniforme aceptándose moderados excesos en la región escapular y de la grupa.

Grado 3: Cobertura de grasa abundante y uniforme. En regiones tales como la escapular, grupa y parrilla costal. Se aceptan excesos que dan a la cobertura de esas regiones aspectos moderadamente grumosos.

Grado 4: Grasa de cobertura excesiva. Cubre casi la totalidad de las regiones de la carcasa. Esa abundancia determina que la grasa pierda consistencia, por lo que aparece flácida y con aspecto grumoso.

2.7 CALIDAD DE LA CANAL

La calidad de la canal estaría definida por un conjunto de características que le confiere una máxima aceptación en el mercado y que se traduce en un mayor precio frente a los consumidores o frente a la demanda del mercado (Colomer-Rocher, citado por Espejo et al. 2000, Colomer-Rocher, citado por Díaz 2001, García Torres et al. 2005).

Depende fundamentalmente de sus proporciones relativas de hueso, músculo, grasa y desechos ya que son determinantes del porcentaje y calidad de la carne (Colomer-Rocher, citado por Espejo et al. 2000, Robaina 2002, Robaina y Castro 2004b, García Torres et al. 2005). Según Brito (2002b) la canal ideal deberá tener el máximo de músculo, el mínimo de hueso y un nivel de engrasamiento adecuado a las exigencias y tipo de mercado.

Colomer-Rocher, citado por Díaz (2001) consideran que las características que debería presentar una canal son:

- La mínima proporción de hueso que sea suficiente para mantener la masa muscular.
- Una masa muscular de morfología adecuada que se distribuya preferentemente en las regiones anatómicas de mayor valor comercial.
- Un estado de madurez y una distribución del tejido conjuntivo suficiente para sostener las estructuras de los músculos y mínima para conferir a la carne una adecuada terneza y jugosidad.
- Un estado de engrasamiento mínimo pero suficiente para una buena conservación y transporte y para proporcionar a la carne propiedades sensoriales óptimas.
- Un color y consistencia del músculo y de la grasa acordes con las preferencias del consumidor.
- Rendimiento al despiece alto, principalmente de aquellas piezas con mayor aptitud culinaria.

- Un sabor apropiado de la carne acorde con las preferencias del consumidor.

2.7.1 Parámetros que definen la calidad de la canal

2.7.1.1 Peso de la canal, rendimiento y pérdidas

El peso de la canal, de las vísceras y desechos que no integran la canal, y el contenido digestivo son los factores decisivos para determinar el rendimiento. (Gorrrachategui, 1997).

El rendimiento de la canal se define como la relación del peso de la canal fría (98% del peso canal caliente) y el peso vivo del animal; generalmente oscila entre el 50 y 60% (Cianzio et al. 1972, Gorrrachategui 1997, Di Marco 2002, Ávilez 2006).

El rendimiento de la canal se ve afectado por el peso del animal, su estado de engrasamiento, naturaleza de la dieta, sexo, diferencias genéticas dentro y entre razas y por procesos como acceso del animal a la pastura y al agua momentos antes de la pesada, al transporte que es sometido el animal antes de ser pesado, al uso del peso de la canal fría o caliente y a los procesos de faenado del animal (Berg y Butterfield, 1979).

Investigaciones de Cianzio et al. (1972) indican que dentro de una raza dada y para el mismo sexo, el aumento en el rendimiento se asocia al incremento en el contenido de grasa de la res, lo cual se hace más evidente durante el proceso de engorde del animal. Esto se debe a una mayor cantidad de grasa que es depositada en la canal en comparación con las partes que no constituyen la canal (Cianzio et al. 1972, Berg y Butterfield 1976, Johnson 1998).

La variable de mayor efecto en el rendimiento de la res es el llenado del tracto gastrointestinal, que depende del peso de faena, tipo de alimentación y de la digestibilidad del alimento. Una vez que se descuenta el llenado del peso vivo se obtiene el peso vacío, que corresponde al peso de los tejidos del animal (Di Marco, 2002).

El llenado disminuye al aumentar el peso vivo, la calidad del forraje y al suplementar con concentrados. (Gorrrachategui 1997, Di Marco 2002). Cianzio et al. (1972) han mostrado diferencias entre 20 y 40 Kg en el contenido del tracto digestivo de animales provenientes de diferentes niveles alimenticios, siendo los del plano más bajo los que presentan mayor contenido.

Altos niveles de concentrado aumentan el rendimiento debido a que tienen un menor desarrollo del tracto gastrointestinal, comparado con los alimentados a forraje (Berg y Butterfield 1976, Johnson 1998).

Robaina (2002) señala que en la industrialización se producen pérdidas de rendimiento que se conocen como mermas y pueden agruparse en:

- Mermas de desbaste: pérdidas de materia fecal, orina y evaporación a nivel de piel en un periodo dado. Produce un incremento del rendimiento de segunda balanza, ya que lo que se pierde disminuye el peso vivo sin influenciar el peso de la canal.
- Mermas de proceso (producidas principalmente en la faena): Si se practican períodos muy extensos de transporte y ayuno, se agrega la merma por pérdida de tejidos que se produce fundamentalmente vía evaporación de agua a través de los pulmones. Ésta deshidratación produce pérdidas de peso de los tejidos que luego formarían parte de la canal. (Robaina y Castro, 2003, 2004a).
- Mermas de enfriado: Se produce particularmente por acción de la circulación forzada del aire frío, las medias canales sufren una merma en su peso que se calcula entre un 1.8 y 2.2 % y también puede producirse en su calidad por la deshidratación superficial (aspecto seco y oscuro de la carne en las zonas donde no está protegida por la cobertura de grasa).

2.7.1.2 Grado de engrasamiento

El estado de engrasamiento se define como la producción de grasa que presentan las canales respecto a su peso. Es uno de los factores que produce mayor variación en el valor comercial (Briskey y Bray, citados por Ávilez, 2006) y su distribución en la canal es el factor de mayor apreciación por parte del consumidor (Ávilez, 2006).

Delfa et al., citados por Delfa et al. (2005) indican que la grasa constituye la reserva energética más importante del cuerpo del animal. Con relación al músculo y al hueso, es el componente que presenta las más amplias variaciones cuantitativas.

El grado de engrasamiento óptimo es el que mantiene un equilibrio entre la cantidad mínima de grasa para satisfacer los gustos del consumidor con la cantidad suficiente como para asegurar la presentación y conservación de la canal junto al sabor y aroma de la carne (García Torres et al., 2005).

Cuando en un novillo de raza carnífera el porcentaje total de grasa sobre el peso vivo alcanza el 16-20 %, un 20 % de la grasa está en forma subcutánea y un 3 a 6% en forma intramuscular (marmoreado). En este momento, el novillo tiene aproximadamente de 8-10 mm de grasa dorsal (Bocco et al., 2005).

El espesor de la grasa subcutánea explica el 70% de la variación en rendimiento de las canales. Las tasas de crecimiento varían con los diferentes tipos biológicos, lo que determina la utilidad de esta variable para predecir el rendimiento carnítero (Brito y Pringle, 2001).

2.7.1.3 Conformación

Colomer-Rocher y Kirton, citados por Espejo et al. (2000), García Torres et al. (2005) definen la conformación de la canal como la distribución y proporción de diferentes partes que componen el cuerpo.

La influencia de la conformación sobre la distribución anatómica de los componentes de la canal se traduce en la proporción de cortes de alto valor comercial. Por ello, para la valoración de la conformación se evalúan las regiones de mayor valor económico: pierna, lomo y espalda (Ventanas et al., citados por Espejo et al. 2000, García Torres et al. 2005).

Zea y Díaz, citados por García et al. (1993) determinan que una canal con buena conformación será aquella que tenga una alta proporción de piezas valiosas, que básicamente se encuentran en el corte pistola.

El corte pistola representa más del 40% de la media canal y más del 80% del cuarto trasero. Un rendimiento elevado de este corte indica una buena conformación de las regiones dorso lumbar, de la grupa y del muslo, zonas donde se asientan los cortes de mayor valor. Los cortes que surgen de la pistola son lomo, bife angosto, cuadril, nalga de adentro, nalga de afuera, bola de lomo, colita de cuadril, tortugueta y garrón (Robaina, 2002). El bife, cuadril y lomo (“Rump and Loin”) constituye entre el 7 % y el 10 % del peso de la canal (Franco et al., 2002). Las variables tales como sexo, biotipo o edad son las que mayormente alteran la relación pistola / res (de los Campos et al., 2002).

Koch et al., citados por Franco et al. (2002) encontraron que la proporción de cortes valiosos entre grupos raciales difieren cuando se evalúan a edad y peso constante, pero al realizarse a igual contenido de grasa en la canal, las diferencias tienden a desaparecer.

Cianzio et al. (1972) afirma que existe una fuerte asociación entre el grado de conformación y el nivel de engrasamiento; la mejora en la conformación lleva aparejada un aumento en el nivel de engrasamiento y por lo tanto una disminución en la proporción de cortes de mayor valor.

Johnson (1998) afirma que la mejor conformación es frecuentemente asociada a un menor porcentaje de producto vendible, debido a los altos depósitos de grasa que son la fuente del mejor grado de conformación llevando a altos recortes de grasa en la carcasa.

El peso de canal realiza un aporte altamente significativo en la predicción del peso del corte pistola, cortes valiosos (lomo, bife, cuadril sin tapa, nalgas, peceto y tapa cuadril) y Rump & Loin (de los Campos et al., 2001).

2.7.1.4 Composición en tejidos

Según Schön, citado por Carballo (2000) las proporciones medias de cada uno de los componentes es muy variable oscilando, entre 58-74 y 48-82% para la carne, 0.5-18 y 0.5-35% para la grasa y 14-30 y 11-35% para el hueso en terneros y adultos respectivamente.

La distribución de peso óseo se define como el peso de un hueso o un grupo de huesos en relación al total del peso de los huesos de la canal (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). Representa el 17% de la masa corporal en el animal joven y el 12% al final del engorde (Gorrrachategui, 1997).

Desde el punto de vista del valor comercial de la canal, el hueso es el tejido de menor valor, definiendo este la proporción de tejido muscular y graso, y en donde el crecimiento del tejido graso puede contribuir en forma importante a la mejora de dicho valor (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). La proporción de hueso es conveniente que sea baja. Una buena canal tendrá un contenido de hueso de 15-16%, su porcentaje depende del grado de terminación (Cianzio, 1972).

El crecimiento muscular es un crecimiento anatómico funcional. Un músculo crece bajo un patrón genético predeterminado y predestinado, dictado por los requerimientos anatómicos (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004).

Butterfield, citado por Brito y Jiménez de Aréchaga (2004) ha demostrado que la distribución del peso muscular es constante entre razas, no existiendo ninguna raza que presente una distribución superior en peso muscular.

En relación a la distribución del peso muscular la edad cronológica no es un buen indicador del crecimiento y desarrollo de un animal y la distribución del peso muscular se fija una vez que el animal alcanza una cierta etapa de su vida (definida por la literatura cuando duplica el peso de nacimiento) (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004).

En el caso del ganado bovino, el tejido muscular aumenta de 68 a 193 Kg y su parte en la masa corporal disminuye del 43 al 40% en el curso del período de engorde. La proporción de músculo en la ganancia de masa corporal es del 43% al principio y se reduce al 32% al sacrificio. Ello es debido a que la deposición de proteína tiene un límite biológico (Byers, citado por Gorrrachategui, 1997) a diferencia de la grasa.

El tejido graso es el tejido que se deposita por último en el animal (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). El tejido adiposo aumenta más rápidamente con el tiempo que el tejido muscular y el óseo; esto naturalmente depende de la precocidad del animal y de su tamaño adulto (Gorrrachategui, 1997).

Del total de la grasa en la res, el 50 % es grasa intermuscular, el 30 % subcutánea, el 15 % grasa interna y el 5 % intramuscular; de todas ellas la única que no es separable del músculo es la grasa intramuscular o veteado llamada grasa química porque es la única forma de separarla del músculo; el resto o sea el 95 % es grasa que podría considerarse en gran parte modificable e indeseable según la clasificación por ubicación en la res o corte y valor (Orellana, 1999).

Los factores más importantes que afectan la distribución de la grasa en el animal son el genotipo, sexo y nutrición (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). Un novillo de 300 Kg en buen estado corporal tiene aproximadamente 49 Kg de grasa en la res, de la cual 30-32 Kg están en forma intermuscular y 9 a 10 Kg en forma subcutánea. En la medida que el peso del animal aumenta y/o la tasa de ganancia de peso es mayor, la cantidad de grasa total y subcutánea se incrementan (Di Marco, 1993).

2.7.1.5 Relaciones entre tejidos

La relación músculo/hueso es la función más importante de la conformación (Kempster et al., citados por Ruiz de Huidobro et al., 2000). Los cambios que se dan en esta relación son importantes para la producción de músculo en relación con el hueso en animales faenados a pesos bajos (hasta 50-60% del peso maduro). Sin embargo, cuando los animales alcanzan esta proporción del peso adulto, se obtiene una pequeña mejora en esta característica llevándolos a pesos mayores (Ruiz de Huidobro et al., 2000).

El peso muscular en relación al peso de los huesos en la carcasa en un ternero normal al nacimiento es de 2:1, mientras que la proporción al momento de faena es de 5:1. Los músculos tienen una tasa relativa de crecimiento mayor que los huesos (Berg y Walters, 1983).

Según Zea y Díaz, citados por García et al. (1993) al ser el músculo y el hueso tejidos funcionales existe una estrecha relación entre sus tasas de crecimiento. La relación músculo/hueso puede variar entre animales del mismo peso y raza si se someten a niveles nutritivos muy bajos. Esto se explica porque el crecimiento del hueso está muy relacionado con la edad, siendo más independiente que el músculo del nivel nutritivo.

La relación músculo/grasa disminuye en el animal vivo a medida que éste crece; la mayor parte de las diferencias en la variación de la composición corporal del animal vivo está asociada con diferencias en la cantidad de grasa presente en el organismo (Simm, citado por Ruiz de Huidobro et al., 2000).

2.7.2 Factores que influyen en la calidad de la canal

Existe un gran número de factores que pueden afectar la calidad de la canal (Díaz 2001, Franco et al. 2002) y por tanto a su precio. Algunos factores son dependientes del

animal (raza, sexo, edad), otros del manejo (ejercicio, condiciones medioambientales, alimentación) (Black, citado por Di Marco 1993, Franco et al. 2002), y otros al proceso que sigue el animal desde su sacrificio hasta su conversión en carne (transporte, sacrificio, refrigeración, maduración) (Díaz, 2001).

Para Prescott, citado por Berg y Butterfield (1979) los factores mas importantes, que dependen del productor y que afectan la calidad de la canal son el peso, la edad, el grado de engrasamiento, el ritmo y la forma de la curva de crecimiento, la dieta y por ultimo la raza; sin embargo las variaciones en el grado de engrasamiento y en el peso de la canal pueden ser los principales factores que afectan la composición de la misma.

En el siguiente cuadro se resumen los principales factores que influyen sobre los parámetros relacionados con la calidad de la canal (Sañudo et al., citados por Díaz, 2001).

Cuadro 20: Factores que influyen en parámetros relacionados con la calidad de la canal

	Calidad de la canal			
	Rendimiento	Peso	Conformación	Engrasamiento
Factores intrínsecos				
Raza	**	***	****	***
Genotipo	**	**	****	**
Sexo	**	***	**	***
Edad-peso	***	****	*	****
Factores productivos y medioambientales				
Ambiente-Estación	*	***	0	**
Alimentación	***	***	*	****
Factores de sacrificio y presacrificio				
Transporte-Estrés-Ayuno	****	*	0	0
Sacrificio	**	**	0	*
Postsacrificio y comercialización				
Maduración	0	0	0	0
Refrigeración de las canales	**	*	0	0
Conservación	0	0	0	0

0: sin influencia; *: pequeña influencia; **: influencia moderada; ***: influencia alta; ****

Fuente: Sañudo et al. (1998)

2.7.2.1 Raza

- **Rendimiento carnicero**

Desde el punto de vista del crecimiento existen diferencias entre los distintos tipos raciales que afectan el rendimiento carnicero (Brito y Pringle, 2001). Las razas de madurez tardía (Nelore y Salers) tienden a presentar pesos de faena y pesos de canal superiores a las razas británicas (Angus y Hereford) cuando se utiliza el mismo grado de terminación como criterio de faena (Franco et al., 2002, Cuadro 21).

Cuadro 21: Pesos de faena, canal, rendimiento y espesor de grasa para distintos biotipos

Biotipo	Peso de faena (Kg.)	Peso canal (Kg.)	Rendimiento (%)	Espesor de grasa (mm.)	
				10ª costilla	P8
H-H	454.9 a	242.6 a	53.4 a	7.0	10.3 a
A-H	462.7 a	252.5 b	54.6 b	7.2	10.5 a
N-H	485.9 b	281.3 c	58.1 c	6.6	10.8 a
S-H	495.1 c	273.1 d	55.2 d	6.0	9.2 b
	**	**	**	ns	**

H: Hereford; A: Aberdeen Angus; N: Nelore; S: Saler

Nota: **: muy significativo $Pr < 0.01$, ns: no significativo $Pr > 0.05$.

Fuente: Franco et al. (2002)

Comparando al mismo nivel de grasa subcutánea y expresando los resultados con respecto al peso vacío, para evitar el problema del llenado diferencial, las razas grandes rinden más que las chicas (Di Marco, 1993, 2002).

Pittaluga (1979) realizó una prueba en la cual se faenaron novillos escalonadamente al los efectos de evaluar el comportamiento carnicero a diferentes edades y pesos, los resultados pueden observarse en el cuadro 22.

Las diferencias en peso en segunda balanza a favor de los novillos Brahmán x Hereford, con respecto a Hereford puro, fueron desde 35% a los 3 ½ años hasta 47% a los 4 ½ años, ocupando la cruce con Santa Gertrudis valores intermedios. Este aumento en las diferencias ente grupos raciales con respecto al peso bruto se debe a los mayores rendimientos de los novillos cruce, teniendo relación con el grado de desgrase entre la primera y segunda balanza (Pittaluga, 1979).

Cuadro 22: Peso vivo, de res y rendimiento para razas a diferentes edades:

Edad (años)	Raza	PV	Peso 1° Balanza	Desgrase	Peso 2° Balanza	Rendimiento
3 ½	H	424	222	11	211	50.2
	SG * H	484	262	11	241	52.0
	B * H	518	298	14	284	54.8
4	H	442	235	13	222	50.2
	SG * H	545	297	14	282	51.7
	B * H	575	340	21	319	55.4
4 ½	H	440	248	18	230	52.4
	SG * H	537	306	20	286	53.2
	B * H	607	368	30	338	55.8

Hereford: H; Santa Gertrudis: SG y Brahmán: B

Fuente: Pittaluga (1979)

- **Engrasamiento**

Las razas difieren en el peso al cual se inicia la etapa de engrasamiento (Berg y Butterfield 1979, Di Marco et al., citados por Fernández 1998) y probablemente difieren también en la velocidad a la que depositan la grasa durante esta etapa. Generalmente al ganado vacuno precoz tiene un tamaño más pequeño y entra en la fase de engrasamiento a pesos más bajos (Berg y Butterfield, 1979), es por ello que las razas británicas (Hereford y Angus) comienzan a engrasarse a un peso menor que las razas continentales (Brito y Jimenez de Aréchaga 2004, Ávilez 2006).

Hamlin et al. (1995) concluyeron que existe un efecto de la raza en el espesor de grasa subcutánea (EGS) alcanzado por los animales, presentando los novillos de razas británicas un mayor EGS que los de razas continentales o cebuinas a una misma edad o peso.

Camfield et al. (1999) estudiando razas de maduración temprana, tardía e intermedia y tamaño grande, intermedio y pequeño que se alimentaban con distintos tipos de dietas (pasturas y feedlot) observaron que el espesor de grasa era más bajo ($P < 0.05$) para novillos de maduración tardía y mayor tamaño ($P < 0.05$). Koch et al., Gregory et al., citados por Camfield et al. (1999) indicaron que las carcasas de los novillos de mayor frame tenían menor espesor de grasa entre la 12-13^{er} costilla que las carcasas más pequeñas en cualquier período de alimentación dado.

- **Conformación y composición en tejidos**

Smith et al., citados por García et al. (1993) estudiaron la performance y características de la carcasa de ganado de diferente tamaño maduro y musculatura, y encontraron que los animales de razas de madurez tardía comparados con los de madurez precoz tenían carcasas con menor conformación, menor cobertura de grasa, menor espesor de grasa y más hueso. Los animales de mayor musculatura tenían mayor cobertura de grasa, mayor espesor de grasa, menor grasa riñonada y pélvica y mayor relación músculo/hueso que los de menor musculatura.

Las razas bovinas de aptitud cárnica, se diferencian de las razas rústicas en sus características morfológicas, mostrando mas desarrolladas las regiones con mayor porcentaje de carne de mayor valor (Espejo et al., 2000).

Cada raza tiene un peso adulto diferente, por lo que el genotipo determina diferencias en la velocidad de desarrollo de los distintos grupos de tejidos (Kempster et al., citados por Ruiz de Huidobro et al., 2000). Las razas precoces, comparadas con las tardías, tienen grandes diferencias en crecimiento muscular y adiposo (Depetris, 2000).

En novillos Angus o Hereford que se engrasan relativamente rápido (maduración temprana), se espera que teniendo un peso de 350 Kg de peso vacío tenga una res de 233 Kg, compuesta por 138 Kg de músculo, 61 de grasa y 34 de hueso. En los de maduración lenta al mismo peso vacío el peso de la res es 227 Kg, con 152 de músculo, 39 de grasa y 36 de hueso (Di Marco, 1993).

A un peso de canal dado, las proporciones de músculo/hueso/grasa pueden variar entre animales de razas de madurez temprana y tardía; para obtener canales con la misma proporción de músculo/hueso/grasa, el peso de la canal variará entre animales de raza de maduración temprana y tardía (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004).

Camfield et al. (1999) en su estudio con razas de diferente tipo de maduración y tamaño, encontraron que los novillos de maduración tardía, presentaban en promedio el más alto rendimiento canal ($P < .05$), no encontrando diferencias entre los otros tipos de maduración ($P < .05$). Este resultado podría deberse a la mayor proporción de músculo que presentan este tipo de animales.

2.7.2.2 Sexo

- **Rendimiento carnicero**

Al mismo peso canal, las vaquillonas presentan 2 a 3% menos de músculo y 2 a 3% más de grasa que los novillos (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2004). Los machos enteros

tienden a tener más musculatura, mayor relación músculo/hueso, mayor rendimiento de res y menor contenido de grasa que los novillos (Berg y Butterfield 1979, Di Marco 1993, Wierbicki et al., citados por Lawrie 1998). Los toros tienden a tener un mayor rendimiento en segunda balanza que los novillos y estos a su vez mayor o igual a las hembras (Kirton y Morris, Franco, citados por Ferreira et al., 1999).

- **Engrasamiento**

Los distintos sexos presentan diferencias en el desarrollo de los tejidos; dándose las mayores diferencias en el desarrollo del tejido adiposo, siendo el orden de precocidad (de mayor a menor): hembra, macho castrado y macho entero (Ruiz de Huidobro et al. 2000, Avilez 2006).

Franco y Feed (2004) señalan que los machos castrados presentan mayor proporción de grasa intramuscular que los enteros (Cuadro 23).

Cuadro 23: Contenido de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de terneros Hereford

	% de grasa intramuscular
Enteros	9.5 a
Castrados al nacer	15.9 b
Castrados a los 6 meses	14.8 b
Probabilidad	0.015

Fuente: Franco y Feed (2004)

- **Conformación y composición en tejidos**

El sexo ejerce gran influencia en la composición tisular y del estado de engrasamiento de las canales. Presentando los machos un mayor porcentaje de músculo y de hueso y las hembras de grasa (Asenjo et al., 2005a).

En general los toros presentan una relación músculo/hueso más alta que los novillos, lo cual resulta en un mayor rendimiento comercial de la carne. La distribución de la carne en la canal es afectada y mejora por la castración. Es ligeramente peor en toros, a los que algunos músculos delanteros son proporcionalmente mas pesados que en los novillos. Pero esta diferencia se compensa con el mejor rendimiento cárnico de los toros (Fisher y Winstanley, citados por Carrau et al., 1998).

2.7.2.3 Edad

- **Rendimiento carnicero**

Butterfield et al., citados por Berg y Butterfield (1976) demostraron que terneros de 4 semanas de edad tenían un rendimiento canal razonablemente alto (55.2%), pero al alcanzar la octava semana el rendimiento bajó hasta un 51.4% y continuó bajando hasta que en la semana 22 alcanzó una media de 46.1%. Esto se produjo a pesar de que durante este tiempo el peso vivo se duplicó.

Cianzio et al. (1972) afirman que en la medida que los animales crecen aumenta el rendimiento por un mayor desarrollo relativo de las regiones que componen la res respecto a las que se eliminan en el proceso de faena, por la deposición de músculo y fundamentalmente por la deposición de grasa.

En el Cuadro 24 se puede observar la variación de rendimiento, proporción de músculo y grasa en novillos Hereford a medida avanza la edad (Feed, 2004).

Cuadro 24: Rendimiento canal de novillos Hereford y su asociación con la composición

Variables	Nacimiento	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
Rendimiento (%)	66.7	54.6	55.4	61.4	61.4
Músculo (%)	58.4	61.1	60.8	52.3	52.3
Grasa (%)	9.7	13.5	17.2	32.5	32.5

Fuente: Feed (2004).

- **Conformación y composición en tejidos**

La conformación de la res está influenciada por la edad, ya que a edades muy tempranas el animal no tiene ni el desarrollo muscular deseado, ni la cantidad de grasa de cobertura e intramuscular óptima. El animal debería llegar a la faena antes de que por su edad haya adquirido demasiada profundidad del tórax, ya que genera una res con elevada proporción de cortes menos valiosos como son los del cuarto delantero (Depetris, 2000).

La edad del animal se encuentra muy ligada al peso de la canal e influye en la composición de los tejidos de la misma. La consecuencia más directa sobre la calidad de la canal es el aumento de la deposición de la grasa (Tulloh, Boccard et al., citados por Ruiz de Huidobro et al. 2000, Depetris 2000).

Cuadro 25: Composición de la carcasa en novillos Hereford a diferentes edades

Composición de la carcasa	15 meses	42 meses	Diferencia (Kg.)
Peso vivo	412	550	138
Hueso	33	41	8 (5.8 %)
Músculo	124	151	27 (19.6 %)
Grasa	69	122	53 (38.4 %)

Fuente: Johnson (1998)

El tejido adiposo en un animal terminado, químicamente esta compuesto por un 70 a 75% de grasa 6 a 7% de proteína y el resto es agua. Mientras que cuando es joven, aumenta el contenido de proteína (15%) y de agua (60%), en detrimento a la grasa (25 %) (Di Marco, citado por Fernández, 1998).

2.7.2.4 Peso vivo

- **Rendimiento carnicero**

El peso de la canal fría depende de la ganancia diaria de peso y de los días de engorde (Coleman et al., 1995). A medida que aumenta el peso vivo, aumenta el rendimiento (Cianzio 1972, Berg y Butterfield 1976, Field y Schoonover, citados por Berg y Butterfield 1979). El mayor aumento en el rendimiento de la canal tiene lugar entre los 100 y 400 Kg de peso vivo, con pocos cambios hasta al alcanzar los 600 Kg (Field y Schoonover, citados por Berg y Butterfield, 1979, Cuadro 26).

Cianzio et al. (1972), Berg y Butterfield (1979) afirman que la utilidad del peso vivo está condicionada a su capacidad de predecir con exactitud el peso de la canal en primer lugar, y después la porción comestible de la misma; siendo las condiciones previas a la pesada (período de restricción de alimento y/o agua) las que al afectar el contenido del tracto digestivo, pueden influenciar el valor del peso vivo como predictor del peso de la res.

En el Cuadro 26 se observa como varía el rendimiento carnicero a diferentes espesores de grasa y peso vivo.

Los trabajos de Field y Schoonover (1967) muestran que el rendimiento aumenta linealmente con el peso vivo y llegando a rendimientos de 51,4% y de hasta 59.9% para el rango de 91-135 Kg y 544-589 Kg, respectivamente (Cuadro 26).

Cuadro 26: Variación del rendimiento según peso vivo

Espesor de la grasa (mm)	Rango de peso vivo (Kg.)	Rendimiento canal (con respecto al peso vivo en ayunas)
2.11	96-135	51.4
2.22	136-180	52.4
3.22	181-226	52.4
2.37	227-271	55.7
3.19	272-317	56.3
4.25	318-362	56.4
5.47	363-407	57.8
6.80	408-453	59.1
9.57	454-498	58.8
10.23	499-543	60.3
8.74	544-589	59.9

Fuente: Field y Schoonover, citados por Berg y Butterfield (1979)

Para Di Marco (2002) el rendimiento de la res aumenta con el peso del animal hasta cierto punto, y posteriormente disminuye. Esto significa que los animales que se faenan anticipadamente o a bajo peso, así como los excesivamente gordos tienen un menor rendimiento de res.

Cianzio et al. (1972) en distintas experiencias demuestran que el rendimiento aumenta al aumentar el peso al sacrificio y que el aumento de rendimiento va acompañado de un aumento del estado de engrasamiento y una menor relación entre el contenido del tracto digestivo y el peso vivo.

Van Koeving et al. (1993) en un ensayo con 256 terneros, estudiaron el efecto de la edad al sacrificio en la calidad de la canal; los terneros comenzaron con un peso promedio de 330 Kg y se faenaron en grupos de 105 y 147 días con pesos entre 473-534 Kg. Vieron que el peso canal aumentó con la edad, pero el rendimiento no se afectaba significativamente. Hicks et al., citados por Van Koeving et al. (1993) observan lo contrario viendo que el rendimiento aumenta linealmente entre 100 y 142 días de engorde.

- **Engrasamiento**

Por lo general a mayor peso del animal, mayor es el peso de la canal y mayor es el engrasamiento de los animales (Avilez, 2006), particularmente de grasa subcutánea (Berg y Butterfield, 1976).

Un novillo tipo precoz con peso de terminación de 420 Kg que tiene un rendimiento del 58 % y el 25 % de grasa (60 Kg), tendrá 60 % de grasa intermuscular, 37 % de subcutánea y 5 % de intramuscular, responsable del veteado o marmoleado (Depetris, 2000).

Cuando un vacuno de raza británica alcanza un 15 % de grasa en el peso vacío, la grasa en la res se distribuye en 28 % en el depósito subcutáneo, 55 % en el intermuscular y 17 % como grasa interna y visceral (Di Marco, 1993).

Como la grasa intramuscular depende del contenido total de grasa, las razas grandes pueden tener un bajo índice de marmoleado cuando se faenan anticipadamente, o cuando la alimentación es insuficiente para promover altas tasas de ganancia de peso. Los biotipos de maduración temprana logran el marmoleado con mayor facilidad, pero tienen el inconveniente que cuando se alimentan con dietas altamente energéticas acumulan un exceso de grasa conjuntamente con grasa interna y visceral (Bocco et al., 2005).

- **Conformación y composición en tejidos**

Vaz Martins (1980) trabajando con novillos Hereford engordados en pradera encontró que el porcentaje de músculo aumenta hasta el peso de 400 Kg donde la curva se atenúa hasta los 450 Kg para luego comenzar a descender; el hueso disminuye de los 350 a 400 Kg para luego mantenerse uniforme y el porcentaje de grasa crece en forma rápida y constante. Estos resultados confirman que a medida que el peso de res aumenta también aumenta el porcentaje de rendimiento y profundidad de la grasa de cobertura.

La calidad de la carcasa depende fundamentalmente de las proporciones relativas de los músculos y de los depósitos adiposos que contiene, Estos factores están relacionados estrechamente con el peso de faena según raza o tipo racial, edad y sexo (Depetris, 2000).

A medida que aumenta el peso y la edad de faena, incrementan tanto los kilos como el porcentaje de grasa, mientras que los porcentajes de carne y hueso disminuyen (Mieres, citado por Carrau et al., 1998).

2.7.2.5 Alimentación

La alimentación determina el peso, la edad a la faena, el grado de terminación del animal y a su vez, el rendimiento y composición de la res (Di Marco, 2002).

La concentración de energía de la dieta o la cantidad de energía consumida afectan el peso de la res, marmoleado y grasa subcutánea; el tipo de dieta y la especie forrajera

consumida afectan el color de la grasa y el músculo, sabor y aroma (Elizalde, citado por Bartaburu et al., 2003).

En sistemas de pastoreo con limitaciones nutricionales un animal de tamaño más chico es más fácil de engordar que uno de mayor tamaño, pero produce en consecuencia una res de menor peso. Esto significa que con excepción de los sistemas altamente tecnificados, el recurso forrajero es insuficiente para producir reses grandes y de buena terminación (Binello y Romero, 2005).

En un ensayo realizado por Rosso et al., citados por Rearte (2002) se analizaron los efectos de la suplementación con grano en pastoreo, sobre las características de la canal y la calidad de la carne en terneros. Un grupo de animales se alimentó con pastura como único componente de la dieta, dos grupos de animales en pastoreo se suplementaban con maíz al 1% del peso vivo (un grupo en otoño e invierno y el otro en otoño, invierno y verano) y el último grupo fue incluido con novillos alimentados a corral con granos durante todo el ciclo (Cuadro 27).

Cuadro 27: Efecto del manejo en la composición de la canal

Características de la carcasa	Pastura	Pastura + Suplmentación O-I	Pastura + Suplmentación O-I-V	A corral
Peso carcasa, Kg	243 a	253 ab	259 bc	265 c
Rendimiento, %	54.82 a	55.35 ^a	57.46 b	57.84 b
Espesor de grasa, mm	7.3 a	6.3 a	7.3 a	9.9 b
Peso cuarto pistola, Kg.	46.8 a	51.3 b	52.4 b	46.8 a
Área de ojo de bife (cm ²)	57.5 a	63.0 ab	67.0 b	76.9 c

a,b, Números con distintas letras difieren significativamente.

Fuente: Rosso et al. (1998)

Los resultados muestran que los novillos alimentados a corral tuvieron las más altas ganancias de peso, seguidos por los grupos suplementados. El rendimiento fue mayor en los animales a corral y en los suplementados en otoño-invierno-verano comparados con los otros dos grupos. Si bien los novillos a corral tuvieron una mejor performance que los novillos en pastoreo (mayor peso de carcasa, mayor rinde y mayor área ojo de bife), estos parámetros mejoraron cuando los animales en pastoreo eran suplementados con granos (Rosso et al., citados por Rearte, 2002).

- **Rendimiento carnícano**

Con independencia del tipo de alimentación, el rendimiento tiende a aumentar según aumenta el período de engorde, aunque el efecto del tiempo disminuye progresivamente a medida que nos acercamos al tamaño adulto (Gorrrachategui, 1997).

El rendimiento carnícano de los animales alimentados con granos (relación energía/proteína alta de la dieta) es superior a aquellos animales alimentados en base a pasturas, esto es explicado fundamentalmente por el menor contenido gastrointestinal de los primeros y a que los animales con altos niveles de energía en su dieta, almacenan el exceso de ésta en forma de grasa luego de satisfacer sus necesidades de mantenimiento y crecimiento. Cuando se aumenta la relación proteína/energía en la dieta, se favorece el crecimiento animal, pudiéndose obtener un animal más magro (Brito, 2002b).

La concentración de la dieta y el nivel de alimentación guardan relación con el peso del aparato digestivo y con el peso de su contenido (Gorrrachategui, 1997). En animales alimentados con concentrados hay un mayor rendimiento debido al menor contenido del tracto digestivo.

En la alimentación con forraje el rendimiento de res disminuye con respecto al peso vivo por el mayor llenado, pero es similar en relación al peso vacío. A menor calidad de forraje hay menor consumo y mayor llenado, por lo tanto hay menor cantidad de grasa en la res y un menor rendimiento. Con respecto al porcentaje de res en el peso vacío no hay efecto del tipo de alimentación. Cuando se alimentan animales en base a concentrados y se expresa el rendimiento sobre el peso total se obtienen mayores rendimientos por el menor contenido del tracto digestivo. Con respecto al peso vacío no hay diferencias (Di Marco, 1993).

Realini et al. (2003) en un estudio comparativo de dietas en base a pasturas o concentrados mostraron que la alimentación con concentrados aumenta el porcentaje total de lípidos en el músculo (3.2 vs. 1.7 %) y los pesos de carcasa (240 vs 226 Kg).

Los novillos alimentados con concentrados producen carcasas más pesadas que aquellos alimentados con forraje, al faenarse con peso similar. Sin embargo, novillos con concentrados tienden a producir órganos y grasa visceral mayor que novillos en forraje indicando que la dieta puede influir en los componentes del cuerpo vacío (Jones et al., citados por García et al., 1993).

Preston y Willis, citados por Berg y Butterfield (1979) demostraron una disminución de un 3.8% en el rendimiento de la canal de los toros de la raza Brahaman, alimentados con una dieta altamente forrajera en relación con animales alimentados a base de concentrados.

En un ensayo realizado en otoño con baja disponibilidad de forraje se utilizaron 40 terneros y 40 novillos de sobreaño. Se les suministró 2.5 Kg/animal/día de suplemento concentrado (mezcla de avena, maíz, sorgo, afrechillo de trigo y arroz, puntita de arroz y expeller de girasol) (aproximadamente 18% de fibra y 12% de PC), logrando una mejora de mas de 0.4 Kg/día asegurando su terminación y venta (Risso et al., 1996a). El peso de faena y rendimiento para distintas fechas se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 28: Peso y rendimiento obtenido de los novillos en diferentes fechas de faena

Fecha	Peso frigorífico	Rendimiento
6/6/96	429	56.07
6/7/96	460	-----
27/7/96	423	53.71

Fuente: Risso et al. (1996a)

Kimura et al., citados por Gorrachategui (1997) estudiaron la influencia del nivel de forraje en las características de la canal. En sus conclusiones señalan que una dieta alta en concentrados aumenta el espesor de grasa dorsal, y por lo tanto el rendimiento es mayor.

Peterson et al., citados por Gorrachategui (1997) vieron mejores rendimientos a medida que se aumenta el consumo de energía, posiblemente debido al menor contenido gastrointestinal ya que no observaron diferencias significativas en el estado de engrasamiento de las canales.

• Engrasamiento

Un alto nivel de alimentación antes del sacrificio tiene efectos positivos en el engrasamiento del animal (Robelin y Daenicke, citados por Avilez, 2006) y un bajo nivel de nutrición produce disminuciones significativas en los depositos de grasa subcutánea y de la cavidad corporal (Patterson et al., citados por Avilez, 2006).

El espesor de grasa en el área del lomo, el grado de producción de ésta, el nivel de marmóreo y calidad de las canales se modifica dependiendo del tipo de pastoreo que son sometidos los animales (Allen et al., citados por Avilez, 2006) y de la alimentación con concentrados (Di Marco 1993, Avilez 2006).

Cuando el nivel nutricional disminuye, la retención de grasa se ve mas afectada que la de proteína y por lo tanto el animal es mas magro presentando menor grado de terminación y menos grasa intramuscular (Di Marco, 1993).

El peso de terminación depende del tamaño del animal y del plano de alimentación. Al aumentar la ganancia de peso por una mejor alimentación, menor es el peso corporal necesario para lograr terminar al animal debido a que se dan las condiciones para que acumule grasa a edad más temprana. Un biotipo chico se puede terminar a los 300-320 Kg con buena alimentación, o a los 450 Kg o más cuando el consumo del animal esta limitado por una baja disponibilidad y/o calidad del forraje o por una alta carga animal (Di Marco, 1993).

Las razas de maduración tardía depositan más músculo y menos grasa comparada a las razas lecheras o carniceras de maduración temprana. La herramienta alimenticia y/o de manejo principal para aumentar el desarrollo de la grasa intramuscular es maximizar la disponibilidad de la energía neta (y de la glucosa) para la síntesis de grasa durante la terminación (Harper y Pethick, citados por Scollan et al., 2006). Por esto es que el contenido de grasa intramuscular es más bajo en animales que pasan su periodo de terminación bajo pastoreo que para animales que se alimentan con grano (Scollan et al., 2006).

Al evaluar el efecto del sistema de producción en la composición de la carne, Gil y Huertas (2001) observaron que los animales alimentados en pasturas presentaban un nivel de engrasamiento significativamente inferior que los alimentados con ración (Cuadro 29).

Cuadro 29: Contenido de grasa según sistema de producción

Variable	Pastura	Ración
Grasa de cobertura a nivel de la 10ª costilla	8.23	13.55
Peso de grasa del desosado (Kg)	3.91	5.48
Grado de marmoreo	5.95	10.36
% lípidos intramuscular	3.75	4.97

Fuente: Gil y Huertas (2001).

- **Conformación**

El nivel de alimentación afecta la edad a faena y consecuentemente la proporción de cortes de distinta categoría, características del tejido muscular y la distribución de la grasa.

Gil y Huertas (2001) observaron que animales criados sobre bases de granos mostraban una conformación de la res superior a la de los animales criados sobre base de pasturas.

- **Composición en tejidos**

El nivel nutricional produce variaciones en el crecimiento ponderal del animal, y por lo tanto, en la composición tisular de la canal. El crecimiento del músculo, hueso y otros tejidos esenciales se ven relativamente poco influidos por cambios temporales del nivel de alimentación, lo contrario ocurre con la proporción de grasa. Con niveles altos de ingestión, el exceso de energía es acumulado como grasa; cuando hay restricciones se utiliza la energía acumulada como grasa para el mantenimiento y crecimiento. Solo aparecen cambios significativos a nivel del músculo y demás tejidos cuando las restricciones en el aporte de energía son importantes (Berg y Butterfield 1979, Ruiz de Huidobro et al. 2000).

Berg y Butterfield (1979) no encontraron diferencias significativas entre el cociente músculo/hueso en diferentes planos de nutrición. Sin embargo Jackson, citado por Berg y Butterfield (1979) indicó que el músculo crecerá a un ritmo más o menos rápido que el hueso según sea el cociente energía/proteína de la dieta. Con una dieta alta en proteína y baja en energía el hueso crecía a un ritmo relativamente superior que el músculo, comparado con los resultados de una dieta con baja proteína y alta energía.

Diferentes niveles de alimentación, sobre todo en la etapa de terminación producirán diferentes efectos sobre la composición de la res. Con limitaciones en el nivel de alimentación en la terminación los animales precoces depositarán cantidades apreciables de tejido adiposo, lo contrario ocurre en animales tardíos que continuaran depositando tejido muscular, sin variar considerablemente el depósito de tejido graso (Depetris, 2000).

Un animal alimentado con un alto plano nutricional se caracteriza por tener una acumulación de grasa total de un 20 % del peso vacío y menor proporción de tejido magro, con una fracción importante de grasa, que oscila entre el 18 a 25 % en forma subcutánea (Di Marco, 1993).

De acuerdo con Byers, Lemieux, citados por Gorrachategui (1997) la ingesta energética influye en la composición de la canal, principalmente a través de la deposición de proteína y después deponiendo grasa, tanto más a medida que la ingesta energética lo permita.

Las razas de madurez precoz depositan tanto carne como grasa antes de completarse el crecimiento de los huesos y de los órganos internos, siempre y cuando el nivel nutritivo sea alto, ya que en caso contrario se comportarían como de madurez tardía (Díaz, 2001).

El nivel de proteína en la dieta puede modificar el área del músculo *longissimus*, para la cual una dieta de alto valor proteico da lugar ($P < .05$) a áreas más grandes del músculo (Boleman et al., 1996).

Boleman et al. (1996) evaluaron el efecto del tiempo de alimentación y nivel de proteína en rasgos de la producción de la canal. El peso vivo, espesor de grasa, área de ojo de bife, peso canal caliente, y grados de rendimiento ($P < .05$) tendieron a aumentar con el tiempo de alimentación. La proporción de grasa aumentó ($P < .05$) con el tiempo de alimentación, mientras que el porcentaje de humedad y de proteína bajó.

2.8 CONVERSION DEL MUSCULO A CARNE

Desde el momento que el animal es faenado se desencadenan mecanismos de transformación en el músculo (fenómenos biofísicos y bioquímicos), proceso denominado “evolución *post mortem*” de la carne (Castro, 2002). Las etapas de transformación del músculo a carne comprenden Irritabilidad, *Rigor mortis* y Maduración, terminando con al etapa de Alteración en la cual se evidencian cambios en las características sensoriales (color, olor, consistencia, sabor), que conducen a una pérdida de calidad comercial e incluso podrían significar, en función del tipo de contaminación, un peligro para la salud del consumidor (Barceló et al., 2005).

Luego de la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, el cual debe utilizar sus reservas de energía para sintetizar ATP para mantener su temperatura e integridad estructural. A medida que se reducen los niveles de ATP se forma simultáneamente fosfato inorgánico, que estimula la degradación de glucógeno a ácido láctico mediante la glucólisis anaerobia, provocando un descenso del pH muscular que continúa hasta que se agotan las reservas de glucógeno o hasta que se inactivan las enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998).

Varios investigadores han divulgado que la tasa de glicólisis *post mortem* es determinante de la terneza de la carne (O' Halloran, et al., Smulders et al., Takahashi et al., citados por White et al., 2006) y es afectado por la tasa de enfriado que también afecta el inicio del *rigor mortis* (Locker y Hagyard, citados por White et al., 2006).

2.8.1 Rigor mortis

Es definido como el endurecimiento que experimentan los músculos después de la muerte del animal y es el producto de la formación de enlaces permanentes entre los dos filamentos más importantes del músculo, actina y miosina. Un mayor grado de contracción de estos filamentos desencadenan un deterioro en la calidad de la carne, menor terneza y jugosidad, colores mas pálidos (Brito, 2002b) y una reducción en la capacidad de retención de agua (Lawrie, 1998).

El tiempo de instalación del *rigor mortis* depende de la temperatura, reserva inicial de glucógeno y niveles iniciales de ATP y creatínfosfato (Bendall, citado por Lawrie, 1998). Erdős, citado por Lawrie (1998) demostró que la aparición del *rigor mortis* está relacionada con la desaparición del ATP; en ausencia de ATP, la actina y miosina se combinan formando cadenas rígidas de actomiosina. La pérdida de extensibilidad debida a la formación de actomiosina, ocurre lentamente al principio y es seguida con gran rapidez; por lo que la extensibilidad permanece constante a un bajo nivel.

El tiempo de aparición del *rigor mortis* también varía con el tipo de músculo y la especie animal, siendo para carne vacuna de 20 a 24 horas (Bendall, citado por Lawrie, 1998).

El proceso de *rigor mortis* y el descenso de pH están altamente relacionados a través de su efecto en el metabolismo energético, particularmente con el metabolismo del glucógeno. Rápidos descensos de pH determinan una rápida terminación del *rigor mortis* (Brito, 2002b).

2.1.2 Maduración

La maduración de la carne es el conjunto de transformaciones enzimáticas y físico-químicas que se producen en el músculo tras el sacrificio del animal, y que proporcionan a la carne sus características de color, terneza y aroma. El proceso de maduración se produce a partir del *rigor mortis*, continuando durante el almacenamiento de la carne, incluso a temperaturas de refrigeración, hasta su consumo. Se ve influenciada, entre otros factores por la edad al sacrificio, el sexo del animal, y la duración y temperatura de almacenamiento (Molinero et al., 2005).

La mejora *post mortem* de la carne resulta del ablandamiento de la estructura miofibrilar por parte de las peptidasas endógenas (Koohmarie 1996, Brito et al. 2002e, Dransfield, citado por Molinero et al. 2005, Ouali, Sentandreu et al., citados por Ouali et al. 2006). El principal sistema que participa en la maduración de la carne es el sistema proteolítico calpaínico, responsable de la degradación de las fibras (Peluffo y Monteiro 2002, Santini et al. 2003, Teira 2004), cuya actividad es máxima cerca de la neutralidad (pH cercano a 7) (Santini et al., 2003). Este sistema está compuesto por la μ -calpaína que requiere baja concentración de iones calcio, la m-calpaína con mayores requerimientos de iones calcio, y su inhibidor, la calpastatina (Chacón 2004, Teira 2004).

Luego de agotadas las reservas energéticas de las células musculares luego de la muerte del animal, comienza a liberarse calcio desde el retículo sarcoplásmico y mitocondrias al citoplasma celular. El calcio impide que las calpastatinas sigan inhibiendo a las calpaínas, por lo que estas últimas comienzan a degradar la proteína

muscular y empieza el proceso de tiernización o maduración de la carne (Santini et al., 2003).

El periodo de maduración para maximizar la terneza de la carne vacuna (Koohmaraie 1996, Lawrie 1998, Brito et al. 2002e, Huff y Parrish, citados por Ruiz de Huidobro et al. 2003, Ouali et al. 2006) y el sabor de la misma (Lawrie 1998, Brito et al. 2002e, Ouali et al. 2006) debe ser de 10 a 14 días, bajo temperaturas de refrigeración de 2 a 4° C

Durante el almacenamiento de la carne también se producen modificaciones, como la oxidación de los lípidos intramusculares y de la mioglobina, que van a afectar el color y flavor de la carne (Molinero et al., 2005).

2.8.2 Descenso de pH

Durante el proceso de transformación del músculo en carne, el glucógeno muscular (reserva de energía) es transformado en ácido láctico (responsable de la acidez) y la acumulación de éste provoca la disminución del pH (Robaina, 2002). La rapidez e intensidad con que el pH desciende luego de la faena esta principalmente determinada por la cantidad de ácido láctico que pueda acumularse a partir de la fermentación anaeróbica del glucógeno muscular (Santini et al., 2003).

Las características organolépticas de la carne están especialmente influenciadas por la tasa de descenso del pH y pH final que alcance la carne. Las reservas de glucógeno son por lo tanto de suma importancia en determinar la calidad de la carne. Su cantidad esta relacionada con el tipo de alimentación y con el nivel de estrés antes de la faena (Santini et al., 2003).

En condiciones normales el pH desciende de aproximadamente 7,0 a valores de 5,5 – 5,6 luego de 48 horas de maduración (Robaina, 2002). Moreno et al. (1999) cita a varios autores, de los cuales Tarrant y Sherington consideran que el pH normal debe ser menor a 5,75; mientras que Osoro et al., Barriada, Beltrán et al. lo establecen por debajo de 5,80 y Orcutt et al. dan un intervalo de 5,40-5,60 para un metabolismo *post mortem* normal. Cuando la canal se comercializa en fresco su calidad se deteriora progresivamente con el aumento de pH por encima del considerado normal, puesto que este parámetro condiciona la actividad enzimática, el sabor, el color, la terneza y la carga microbioana (Moreno et al., 1999).

La concentración de glucógeno en el músculo es muy variable y depende de varios factores como el tipo de fibras predominantes en el músculo, raza, sexo, peso, edad, comportamiento, estatus nutricional y, principalmente, de los niveles de estrés a los que el animal se ve sometido en el período previo a la faena, como distancia y tiempo de transporte, tiempo de espera en corrales, ayuno, alta densidad de animales por corral,

ambiente nuevo, ruido, condiciones ambientales, olor a sangre, y mezcla de animales (Immonen et al., citados por Hargreaves et al., 2004)

Dietas con altas concentraciones de energía tales como las ofrecidas en el engorde a corral, permiten incrementar las reservas musculares de glucógeno, debido a una mayor disponibilidad de propionato para la gluconeogénesis y posterior glucogenogénesis a nivel muscular. Sin embargo, la suplementación con granos de cereales de animales en pastoreo durante su etapa de terminación, permite almacenar suficientes reservas de glucógeno como para lograr adecuados descensos de pH (Santini et al., 2003).

Un manejo incorrecto del ganado previo a la faena no permite una evolución *post mortem* normal, por lo que los procesos bioquímicos y biofísicos que se desencadenan después de la muerte para que el músculo se transforme en carne no se pueden desarrollar con el glucógeno suficiente para transformarlo en ácido láctico, por lo que no se logra el pH normal de la carne (Robaina, 2002).

Para Garrido et al. (2005) parámetros como el sexo, especie, edad y peso al sacrificio no tienen efecto manifiesto sobre el pH final de la carne, mientras que el aturdimiento y el tiempo de maduración de la carne si parecen influir en los valores de pH final.

Los factores *post faena* que influyen en el pH final son el empaquetado y la velocidad de enfriamiento de la canal (Moreno Grande et al., citados por Hargreaves et al. 2004, Sanz et al., citados por Garrido et al. 2005).

En vacunos se ha observado que los músculos de la espalda y de los miembros posteriores, y en particular, los músculos como el *longissimus dorsi* son los que presentan mayor frecuencia de alcanzar valores de pH elevados (Tarrant y Sherington, citados por Garrido et al., 2005). Lawrie, Tarrant y Mothersill, citados por Page et al. (2001), Lawrie (1998) consideran que un rango de pH final entre 5.40 y 5.59 es normal para el músculo *longissimus dorsi*.

Ruiz de Huidobro et al. (2003) trabajaron con novillos y vaquillonas de 13-15 y 10-12 meses de edad con 364 y 236 Kg de peso de canal caliente, respectivamente. En sus estudios encontraron que existía una disminución significativa del pH durante las primeras horas de almacenaje. Los valores de pH variaron de 6.5 en 45 minutos *post mortem* a 5.5 en 24 horas, valor que se mantuvo estable durante 5 días de maduración. No se consideró ninguna diferencia significativa entre sexos para el valor de pH y el tiempo de maduración.

2.8.3 Temperatura

La temperatura a la cual las canales son almacenadas afecta la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en los tejidos musculares. Reducir la temperatura del

músculo después de la muerte del animal permite minimizar la pérdida de proteínas e inhibir el crecimiento de las 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, 2002b).

El efecto de la temperatura *post mortem*, condiciona la tasa de descenso del pH, la actividad enzimática responsable de la glucólisis, como el grado de enlace entre los dos filamentos mas importantes del músculo (actina y miosina) (Brito et al., 2002a).

Entre 0° y 40 °C, la actividad enzimática se duplica por cada 10°C de aumento en la temperatura de conservación (Santini et al., 2003). El rango de temperaturas dónde ocurre la mayor actividad enzimática es entre los 10 a 25°C. En términos generales a mayor temperatura de almacenamiento mayores serán las posibilidades de obtener carne más tierna (Peluffo y Monteiro, 2002). A 10°C la carne pueda madurar adecuadamente en 4 días, mientras que conservada a 1°C para alcanzar el mismo punto de maduración se necesitarían 10 días (Santini et al., 2003).

Brito et al. (2002a) encontraron que la temperatura es la variable que se relaciona mejor con la terneza y la más importante es a las 3 horas *post mortem*. En un rango de temperaturas de 4-16 °C, la terneza fue menor a mayor temperatura.

Locker, citado por White et al. (2006) divulgó que el rápido enfriado de la carne da lugar a la contracción del músculo y a carne resistente. Este fenómeno se conoce como acortamiento por frío (Dransfield 1994, Locker, Locker y Hagyard, citados por White et al. 2006). El acortamiento por frío ocurre cuando el calcio entra en el sarcoplasma de una manera incontrolada debido a la disminución rápida de la temperatura, haciendo que el retículo sarcoplásmico y las mitocondrias pierdan su capacidad de conservar calcio. Un aumento de calcio libre mientras que haya suficiente ATP (temprano *post mortem*) da lugar al acortamiento creciente de los sarcómero (Huff-Lonergan et al., citados por White et al., 2006).

Las interacciones de pH/temperatura/tiempo *post mortem* también afectan el ablandamiento de la carne. La actividad de las proteinasas del músculo tales como las calpaínas (Dransfield, Koohmaraie, citados por White et al., 2006), catepsinas (O' Halloran et al., citados por White et al., 2006) y sus inhibidores son influenciados por el pH y la temperatura y tienen una influencia importante en la terneza (Dransfield, citado por White et al., 2006).

2.9 CALIDAD DE CARNE

Cualquiera sean las bases científicas de los atributos de calidad comestible de la carne, su significación estará determinada por preferencias regionales y por el propio gusto del consumidor individual (Lawrie, 1998).

La definición de calidad es cada vez más compleja, ya que abarca las calidades intrínsecas físicas de la carne (color, forma, aspecto, ternura, jugosidad, sabor) y las calidades extrínsecas (marca de fábrica, marca de calidad, origen, salubridad, ambiente, etc.) (Steenkamp, citado por Scollan et al., 2006).

Según Brito (2002b) se entiende por calidad al conjunto de características de un producto, que inciden en la preferencia de un consumidor por un determinado producto sobre otro, ambos a elección. El consumidor percibe a la calidad en la carne por su valor nutritivo y seguridad alimentaria (características objetivas) y por sus atributos visuales y palatabilidad (ternura, sabor y jugosidad) (altamente subjetivos).

La carne vacuna se considera un alimento altamente nutritivo y valorado. Se reconoce la importancia de la carne como fuente alta de proteína y de microalimentos biológicos de valor (que incluye vitaminas A, B6, B12, D, E, Fe, Zn, Se) (Biesalski, Williamson et al., citados por Scollan et al., 2006).

2.9.1 Conceptos de calidad de carne

La calidad de la carne está particularmente determinada por su composición química principalmente por la cantidad y tipo de ácidos grasos depositados debido a sus efectos en la salud humana, y por sus características organolépticas, como ternura, color, olor, sabor y jugosidad. El sistema de producción, el tipo de animal, el plano nutricional ofrecido y el manejo pre y postfaena, pueden modificar considerablemente estas características (Santini et al., 2003).

Pearson, citado por Cozzolino (1999) describe a la calidad de la carne como la combinación de características físicas, estructurales y químicas del músculo convertido a carne, que resultan en la máxima aceptación desde el punto de vista de su apariencia y palatabilidad por quien la consume.

Para Robaina (2002) la calidad de la carne se define como el conjunto de características que satisfacen las expectativas del consumidor y está determinada por factores de calidad, que son aquellos que en conjunto determinan la calidad de la carne: *propiedades nutritivas* que la carne lleva implícitas; *propiedades higiénico-sanitarias* que hacen a la seguridad alimentaria; *propiedades sensoriales* tales como color, ternura, jugosidad, aroma y sabor (Huff y Parrish, Ouali, citados por Ruiz de Huidobro et al., 2003); *factores cuantitativos* como ser la relación entre cantidad de carne magra y grasa y factores de influencia, que no son en sí mismos características de calidad pero que influyen sobre ellas: *características intrínsecas del animal* dadas por la raza, categoría y edad; *condiciones de producción* como manejo y alimentación; *manejo antemortem*; *condiciones de industrialización* que implican las tecnologías aplicadas; *condiciones de*

almacenamiento y transporte; preparación culinaria (Aalthus et al., citados por Ruiz de Huidobro et al., 2003).

Hofmann, citado por Begoña (1999) agrupa las características o factores de calidad de la carne en cuatro grupos: Sensoriales, Nutricionales, Higiénicos y Tecnológicos (Cuadro 30).

Cuadro 30: Clasificación de algunos factores de la calidad de la carne

SENSORIALES	NUTRICIONALES	HIGIENICOS	TECNOLOGICOS
Color	Proteínas	Bacterias	Estructura
Exudación	Aminoácidos	Esporas	Textura
Grasa infiltrada	Ácidos grasos	Hongos	Consistencia
Olor	Vitaminas	pH	Viscosidad
Gusto	Minerales	Actividad de agua	Color
Aroma	Digestibilidad	Potencial redox	CRA
Contenido graso	Valor biológico	Aditivos	Estado de proteínas
Composición grasa		Contenido graso	Estado de grasas
Terneza		Toxinas	Tejido conjuntivo
Textura		Residuos	pH
Jugosidad		Composición grasa	Humedad
pH		Colesterol	

Fuente: Hofmann (1987)

2.9.2 Parámetros que definen la calidad de la carne

2.9.2.1 Color de la carne y de la grasa

El color de la carne es uno de los factores más importantes en determinar el valor del producto en el momento de su comercialización (Albertí et al., 2005), ya que es uno de los principales criterios por lo que los consumidores compran o no este alimento (Wulf y Wise 1999, Kropf, citado por Page y Wulf 2001, Castro 2002, Sanitini et al. 2003, Clydesdale, citado por Ruiz de Huidobro et al. 2003, De la Fuente et al. 2005, Satoh y Shikama, Wallace et al., citados por Ouali et al. 2006), desechando los colores extremos y apreciando un color rojo brillante (Barriada, citado por Jiménez et al. 2002, De la Fuente et al. 2005).

El color del músculo varía con el contenido de pigmentos, que es el factor intrínseco más importante y está relacionado con la edad, raza, sexo y tipo de alimentación; con las condiciones del periodo pre y post faena que afectan el color al variar la velocidad de

caída de pH y su valor final, y con el tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización (Albertí et al., 2005).

La apariencia de la superficie de la carne depende de la concentración de mioglobina (proteína pigmentada) (Lawrie 1998, Barceló 2005, De la Fuente et al. 2005), del tipo de molécula de mioglobina (Lawrie, 1998), y principalmente del estado químico en que se encuentre (Lawrie 1998, Castro 2002, Santini 2003, De la Fuente et al. 2005).

El color de la carne es definido por el grado de oxigenación de la mioglobina y el estado oxidativo del hierro (Fe). En condiciones normales, la mioglobina se puede encontrar como mioglobina reducida, oxigenada (oximioglobina) y oxidada (metamioglobina) (Lawrie, 1998).

La oxidación de la mioglobina o de la oximioglobina a metamioglobina es acelerada por cualquiera de los factores que causan desnaturalización de la mioglobina, por la ausencia de mecanismos reductores y por la baja tensión de oxígeno (Watts, citado por Lawrie, 1998).

Cuando la carne toma contacto con el aire, los pigmentos reducidos reaccionan con el oxígeno molecular, regresando a su color natural, formándose un pigmento relativamente estable (oximioglobina), responsable del color rojo brillante. Bajo condiciones atmosféricas la oximioglobina es estable y no se oxida fácilmente a metamioglobina (Lawrie 1998, Barceló et al. 2005, Brewer, citado por De la Fuente et al. 2005, Satoh y Shikama, Wallace et al., citados por Ouali et al. 2006).

El color de la grasa se refiere principalmente al color de la grasa de cobertura y generalmente varía entre blanco y amarillo pálido, estando muy influenciado por la dieta que reciben los animales. En las células del tejido adiposo se depositan pigmentos provenientes de los alimentos ingeridos¹.

El color del músculo está correlacionado con la terneza y el pH final (Purchas 1990, Watanabe et al., citados por Wulf y Wise 1999, Page et al. 2001).

Page et al. (2001) encontraron relaciones positivas pero débiles entre el espesor de grasa y el color del músculo. Esto concuerda con los resultados de Wulf et al. (1997) que divulgaron previamente correlaciones de este tipo en los valores de L*, a*, y b* con la cantidad de grasa externa. Wulf et al. (1997), Page et al. (2001) demostraron una débil correlación negativa entre el espesor de grasa y el pH del músculo. Presentaron un

¹ Guardia, V. 2005. Com. personal.

umbral aproximadamente de 0.76 cm de grasa. Para las canales con menos de 0.76 cm, la carne era más oscura y el pH del músculo más alto que para canales con más de 0.76 cm.

Wulf y Wise (1999) observaron que la escala de marmoreo se encontraba débilmente correlacionada con el valor de L^* en canales de cortes oscuros. Wulf et al. (1997) también demostraron la débil relación entre L^* y la escala de marmoreo en estos tipos de cortes; esto se podría explicar muy fácilmente por el hecho que la grasa intramuscular es generalmente blanca y L^* es una escala del negro al blanco. Sin embargo, la correlación entre L^* y la escala de marmoreo era mucho más alta cuando se calculaba usando datos de canales de cortes de color normal, y a^* y b^* estaban también correlacionadas con la escala de marmoreo entre este tipo de cortes.

El color se puede valorar visualmente con personal entrenado, hallar el contenido total de pigmentos musculares y las proporciones de las distintas formas en que pueden estar los pigmentos, o instrumentalmente por medio de diversos aparatos: reflectómetro, colorímetro, y varias escalas de referencia (HunterLab, CIELAB). Las medidas instrumentales tienen la ventaja de ser objetivas y no intrusivas, y de presentar una alta correlación con otros parámetros como el pH o los metabolitos glucolíticos del músculo.

Por medio del colorímetro MINOLTA se obtienen las lecturas de tres parámetros: L^* , a^* y b^* . El parámetro L^* es el brillo y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, los valores van desde 0 (negro) hasta 100 (blanco); a^* corresponde a las tonalidades de rojo, donde los valores positivos corresponden al rojo, mientras los valores negativos se acercan al verde y b^* mide el grado de amarillamiento, siendo amarillos los valores positivos y azules los valores negativos.

Todos los factores que afectan las propiedades ópticas de la carne como pH, capacidad de retención de agua, marmoreado, tejido conectivo, tamaño de las fibras musculares, desnaturalización de las proteínas (De la Fuente et al., 2005), proceso industrial y tipo de envasado (Lawrie 1998, Castro 2002, De la Fuente et al. 2005) afectan el color de la carne.

La intensidad del color de la carne fresca refleja el estado químico y físico de la misma, dependiendo a su vez del pH final, de la velocidad de descenso del pH y de la estructura de las proteínas (Lawrie, citado por Lawrie, 1998).

2.9.2.2 pH

Si el pH final de la carne es alto (mayor a 5.87), las proteínas se encuentran por encima de su punto isoeléctrico, lo que aumenta la capacidad de retención de agua y reduce la entrada de oxígeno (USDA, citado por Page et al., 2001). En un músculo con pH alto, las enzimas que utilizan el oxígeno son más activas, dando por resultado menos

oxigenación de la mioglobina superficial y un color más oscuro (Lawrie 1998, Price y Schweigert, Ledward et al., citados por Page et al. 2001, Garrido et al. 2005).

Se define “corte oscuro”, a aquella carne que presenta una mayor tonalidad respecto al color rojo cereza habitual de la carne fresca (Castro y Robaina, 2003, 2004) y es conocida como DFD (Dark, Firm, Dry) (Winkler, citado por Lawrie, 1998). Presenta consistencia externa seca, dura y algo pegajosa (Apple et al., citados por Hargreaves et al. 2004, Garrido et al. 2005), y una mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos (Lawrie, 1998) al no inhibir ni la supervivencia ni la reproducción bacteriana, haciendo que el producto tenga una vida útil mas corta de lo normal (Castro y Robaina 2004, Robaina 2002).

Una intensa glucólisis muscular antes o después del sacrificio va asociada normalmente a carnes de calidad deficiente (Briskey, citado por Garrido et al., 2005). Las carnes DFD se obtienen de animales con escasas reservas de glucógeno muscular en el momento del sacrificio y se caracterizan por una glucólisis muscular poco intensa, un menor contenido de ácido láctico y un pH final elevado.

La carne muy pálida (PSE: Pale, Soft, Exudative) se debe a la relativa ausencia de mioglobina y al cambio químico del pigmento. Cuando el descenso del pH es muy rápido o cuando el último pH fue muy bajo ocurre el cambio químico del pigmento (Lawrie, 1998).

Page et al. (2001) encontraron que los parámetros del colorímetro (L^* , a^* , y b^*) estaban correlacionados negativamente con el pH, demostrando que al aumentar el pH, los valores del color del músculo disminuyen. Wulf et al., citados por Wulf et al. (1999) encontraron que b^* es el mejor predictor del pH del músculo ($r = -.60$), a^* intermedio ($r = -.52$), y L^* el más pobre ($r = -.48$).

El coeficiente de correlación entre pH y L^* es alto ($r = -0.78$, $P < 0.01$) (Chasco et al., citados por Ruiz de Huidobro et al., 2003).

Según el colorímetro, los mayores valores de pH se asocian a colores más verdes y azules, mientras que un músculo con pH más bajo esta asociado a carne más roja y amarilla. Un pH más alto hace que la carne tenga una apariencia más púrpura, mientras que un pH más bajo causa un color más anaranjado. Las correlaciones negativas en los valores de pH y las medidas del colorímetro pueden ser explicadas por la reflexión de la luz del agua libre y en la oxigenación de la mioglobina (Ledward et al., citados por Page et al., 2001)

2.9.2.3 Sexo

La cantidad de pigmentos de mioglobina es mayor en las hembras que en los toros, no existiendo diferencias entre estos últimos y los novillos (Depetris, 2000). El macho entero tiene mayor proporción de hemoglobina y glóbulos rojos en sangre lo que hace que su carne sea más oscura que la del macho castrado y obviamente que la de la hembra (Bocco et al., 2005). A una misma edad, la carne de toro es más oscura que la de otros tipos sexuales, siendo esto atribuido al pH mas elevado de la carne de toro (Depetris, 2000).

Page et al. (2001) comparando los valores del colorímetro (L^* , a^* y b^*) en novillos y vaquillonas encontraron que las canales de novillos presentaban los valores más altos en los tres parámetros. Wulf et al., citados por Page et al. (2001) reportaron valores de a^* y b^* más altos para novillos que para vaquillonas; pero no encontraron diferencias significativas en los valores de L^* .

En el estudio de Ruiz de Huiobro et al. (2003) se observó que el color de la carne de toros y vaquillonas variaba durante el período de maduración. Generalmente los parámetros L^* , a^* y b^* no tenían ninguna tendencia regular en la variación. El índice rojo (a^*) en toros disminuyó con el tiempo de maduración ($P < 0.05$) y el índice de amarillo (b^*) en vaquillonas aumentó perceptiblemente en 6 días post mortem ($P < 0.01$).

Jiménez et al. (2002) estudiaron las diferencias de los valores del colorímetro (L^* , a^* , b^*) en machos y hembras y los resultados pueden observarse en el cuadro 31.

Cuadro 31: Diferencia en los parámetros de color entre sexos

Sexo	L^*	a^*	b^*
244 machos	31.70	19.40	8.60
141 hembras	31.78	20.16	9.40

Fuente: Jiménez et al. (2002)

2.9.2.4 Edad

La edad entre otros factores juega un papel fundamental en la aparición de cortes oscuros. A mayor edad, mayor es la posibilidad de aparición de este fenómeno. En los animales viejos el glucógeno se genera mas lentamente y se cataboliza mas rápido (Castro y Robaina, 2003, 2004).

La intensidad del color de la carne aumenta con la edad por la mayor tasa de acumulación de mioglobina, cuyo contenido crece rápidamente en el músculo hasta los dos años de edad, a partir de donde el aumento es menos elevado (Depetris, 2000). Sin

embargo Hargreaves et al. (2004) concluyen que en animales jóvenes sometidos a estrés o limitaciones nutricionales pueden presentar una alta incidencia de carne DFD.

La edad de faena de los animales también influye en el color de la grasa. Animales jóvenes presentan grasa más blanca que los de mayor edad¹.

En el cuadro 32 se pueden observar los resultados obtenidos por Montossi y Sañudo (2004) trabajando con novillos Hereford de diferente edad procedentes de pasturas naturales y mejoradas.

Cuadro 32: Parámetros de color (L*, a*, b*) en novillos de diferente edad

Edad	L*	a*	b*
Novillos Hereford de 2 años	37.0	20.0	10.4
Novillos Hereford de 3 años	35.6	15.9	6.9

Fuente: Montossi y Sañudo (2004)

2.9.2.5 Tipo de músculo

Los denominados músculos “rojos” poseen mayor proporción de fibras finas y ricas en mioglobina, mientras que en los músculos “blancos” predominan las fibras gruesas y con menor concentración del pigmento mioglobina (Denny-Brown, Hammond, Georege y Scaria, citados por Lawrie, 1998).

Un alto nivel de actividad muscular induce la elaboración de más mioglobina. El músculo que funciona constantemente, es más rico en mioglobina que el que se contrae esporádicamente y con menos intensidad como es el *longissimus dorsi* (Lawrie, 1998).

La estructura del músculo y la concentración de pigmentos influirán en la cantidad de luz reflejada y, por lo tanto, en su color (Albertí et al., 2005).

2.9.2.6 Raza

Las canales de Bos Taurus presentan mayor valor de L* y menor de a* que las canales de Bos Indicus ($P < 0.05$) (Wulf et al., 1997).

Brito y Pittaluga (2002c) estudiaron los valores del colorímetro en 34 novillos $\frac{3}{4}$ Braford de 2-4 dientes y observaron que los valores de L^* , a^* y b^* fueron 33.57, 24.56 y 12.89, respectivamente.

- Factores de manejo *pre y post faena*

Cardúz, Soares de Lima y Xavier, citados por Feed y Franco (2004) identificaron como principales factores que condicionan la incidencia de cortes oscuros a los prolongados tiempos de espera en el frigorífico y el tipo de alimentación que reciben los animales en la fase de engorde (campo natural vs. pasturas mejoradas).

Todos los factores que aumentan la probabilidad de que los animales se estresen antes de la faena como transporte a larga distancia, temperaturas extremas, mezcla con otros animales, ruidos extraños (Depetris 2000, Peluffo y Monteiro 2002, Santini et al. 2003), provoca consumo excesivo de glucógeno muscular, minimizando la formación de ácido láctico en el músculo postmortem e impidiendo con ello la caída natural de pH. La carne presenta una coloración oscura y un pH alto (> 5.8) (Peluffo y Monteiro 2002, Hood y Tarrant, citados por Gallo 2004).

Wulf y Wise (1999) evaluaron los efectos del tiempo de exposición al aire en los parámetros L^* , a^* y b^* , y observaron que el parámetro L^* es el menos afectado, estabilizándose después de aproximadamente 30 minutos de exposición al aire, y los valores de a^* y b^* después de un tiempo mínimo de 78 min.

El color del músculo después del corte irá variando al entrar en contacto con el oxígeno y alcanzará los valores máximos de L^* , a^* y b^* , entre las 24 y 48 horas posteriores al corte, debido a la evolución de la oximioglobina. El estudio de evolución del color del músculo durante los días de vida comercial de la carne pone de manifiesto las variaciones que existen según la raza (Albertí et al., citados por Albertí et al., 2005).

Realini et al. (2003) evaluaron la evolución del color de la carne durante 21 días de exposición a la luz y conservados a 2°C. Los valores de L^* , a^* y b^* disminuyen al pasar los días y fueron en todos los casos inferiores en animales alimentados a pastura que en los alimentados con concentrado (ya sea con o sin suplementación con vitamina E). Es decir, los bifes de animales alimentados con pasturas fueron más rojos, más amarillos y más oscuros que los de los animales alimentados con concentrado.

Vieira et al., citados por Asenjo et al. (2005b) evaluaron el efecto del periodo y temperatura de conservación y maduración previa sobre la calidad de la carne vacuna y encontraron que el color resultó más luminoso y más rojo ($p < 0.05$) en la carne que había sido madurada sólo 3 días. La temperatura de almacenamiento no ejerció efecto significativo en ninguno de los parámetros de calidad.

2.9.3 Terneza

La terneza de la carne ha sido señalada como el principal parámetro que determina la satisfacción del consumidor, pero a la vez, como una característica de gran variabilidad (Koohmaraie 1996, Brito et al. 2002e, Bickerstaffe, citado por Feed y Franco 2004). Forma parte de la calidad sensorial, que junto con el sabor y la jugosidad determinan las variaciones en la palatabilidad de la carne en el momento de la degustación por parte del consumidor. Presenta gran importancia económica, ya que incide en la reiteración de compra (Peluffo y Monteiro, 2002).

Los consumidores consideran a la terneza como una de las características organolépticas más importantes de la carne (Savell et al., citados por Stolowski et al., 2006), entendiendo que los mecanismos de terneza son esenciales para mejorar la terneza total y la reducción de variabilidad inherente (Stolowski et al., 2006).

Puede ser definida como la fuerza requerida para desgarrar, masticar o penetrar a una muestra de carne (Lawrie 1998, Brito et al. 2002e, Peluffo y Monteiro 2002). Es la suma total de la fuerza mecánica del tejido del músculo esquelético y de su debilitamiento durante la maduración *post mortem*. Depende de la especie, raza, edad, sexo y tipo de músculo (Sinex, citado por Takahashi, 1996).

En la terneza influye la degradación de las fibras musculares (proteólisis *post mortem*, maduración), el estado de contracción del músculo, el contenido de tejido conectivo, y la grasa intramuscular (Brito et al. 2002d, Feed y Franco 2004).

El ablandamiento de la carne ocurre en dos pasos, primero en una fase rápida, donde los aumentos rápidos en terneza se dan principalmente por el debilitamiento estructural de las miofibrillas y después en una fase lenta que es causada por el debilitamiento estructural del endomysium y del perimysium (Takahashi, 1996).

El valor final de la terneza es el resultado de un balance entre el reforzamiento de la unión actina/miosina y acortamiento del sarcómero durante las primeras 24 horas, y la unión de proteínas miofibrilares asociado con un proceso de proteólisis de las mismas (Koohmaraie 1996, Takahashi 1996, Taylor et al., citados por Soria y Corva 2004).

Wheeler y Koohmaraie, citados por Koohmaraie (1996), Soria y Corva (2004) plantean que durante el desarrollo del *rigor mortis* el acortamiento del sarcómero es la causa del aumento de la dureza del *Longissimus dorsi* desde 0 a 24 horas *pos mortem*. La resistencia al corte estimado a través del método Warner Bratzel, aumenta hasta 71 % durante dicho período.

Cuando se previene experimentalmente el acortamiento del sarcómero por fijación de miofibrillas, durante las primeras 24 horas *post mortem* los valores de resistencia al

corte no aumentan, lo cual demuestra que el acortamiento del sarcómero es la causa de la disminución de terneza (Koohmaraie et al., 1996).

La influencia del tejido conectivo sobre la terneza de la carne está determinada fundamentalmente por el colágeno. El contenido total de colágeno (Dransfield 1977, Burson y Hunt, citados por Whipple et al. 1990, Griffin, citado por Barriada 1995, Monin y Ouali, citados por Jiménez de Aréchaga et al. 2002) y la cantidad de colágeno soluble (Dransfield, citado por Barriada, 1995) condicionan la dureza de la carne.

El colágeno afecta la terneza de la carne por la estabilidad de los enlaces internos de las moléculas que lo componen; esta estabilidad aumenta con la edad, la actividad, el género y la especie animal (Cole et al., citados por Chacón, 2004).

Boleman et al. (1996) encontraron que el espesor de grasa y la fuerza de corte estaban perceptiblemente ($P < 0.01$) correlacionadas (-0.36). Por lo tanto, es probable que parte de la reducción en fuerza de corte se debiera al aumento del espesor de grasa y la reducción subsiguiente en acortamiento por frío.

Las canales más grasas presentan menor acortamiento de las fibras del músculo y/o creciente proteólisis enzimática durante el desarrollo del *rigor mortis*. El aumento de espesor de grasa subcutánea hasta 8-9 mm fue asociado a aumentos en longitud de sarcómero, y aumento del grado de terneza (Bolte, 2000). Para Page et al. (2001) las canales con menos de 0.76 cm de espesor de grasa tienen carne menos tierna que las canales más grasas, debido en parte, a las diferencias en las tasas de glicólisis. La correlación positiva entre espesor de grasa y temperatura del músculo se debe probablemente al efecto aislante de la grasa que enlentece el proceso de enfriamiento.

La grasa intramuscular (marmoleado) diluye en el músculo los elementos de tejido conectivo en el que se deposita, lo que puede explicar la mayor terneza (Lawrie, 1998).

Wulf et al. (1997) encontraron una relación levemente superior entre el parámetro b^* y terneza, que entre el parámetro L^* y terneza. De las tres medidas de color, el valor b^* demostró la correlación más alta con el valor de la fuerza de corte ($r = -0.38$); sin embargo, Cannell et al., citados por Wulf et al. (1997), encontraron que los valores de L^* estaban correlacionados con la fuerza de corte, pero no reportaron una correlación entre b^* y la fuerza de corte.

2.9.3.1 Determinación de la terneza

La terneza puede ser determinada por métodos de apreciación objetiva y de apreciación subjetiva.

Los métodos objetivos intentan predecir un valor de terniza en forma cuantitativa; el más usado mundialmente, es la Cizalla Warner- Bratzler, consiste en un método directo, mediante el cual una cizalla mide la fuerza de corte (kilogramos fuerza = KgF) necesaria para fragmentar a las fibras musculares (a mayor valor de fuerza de corte, menor terniza (Brito et al. 2002e, Peluffo y Monteiro 2002).

Las evaluaciones subjetivas son realizadas por paneles sensoriales con personal entrenado o por panel de consumidores (Brito et al. 2002e, Peluffo y Monteiro 2002).

Existe una buena correlación (0.78) entre el método Warner-Bratzler y los paneles de degustación, esto significa que el valor que registra la cizalla es un buen predictor de la realidad (Peluffo y Monteiro, 2002).

La variación de la terniza se da a través de factores extrínsecos e intrínsecos, sin embargo los primeros tienen mayor relevancia dado que la determinación de la terniza depende en un 40% de variables controlables por el productor, mientras el 60 % restante es determinada por variables *pre* y *post faena* (factores extrínsecos) (Koochmaraie et al., 1995).

2.9.3.2 Factores que la afectan

Según Brito et al. (2002e) la terniza es afectada en un 60% por las variables ocurridas luego de la faena. Dentro de estas se pueden enumerar las que ocurren en la industria frigorífica (descenso de pH, tasa de enfriamiento, estimulación eléctrica y período de maduración de la carne), y las que ocurren en el procesamiento de carne (período de maduración, envasado, manejo y preparación de los cortes y su cocción).

- Especie

Es el factor más general que afecta la terniza de la carne (Lawrie, 1998). Los períodos de maduración son generalmente de más de 10 días en vacunos, 5-6 en cerdos y 0.5 a 1 día en pollos. La terniza y el sabor se mejoran durante este tiempo (Takahashi, 1996)

- Raza

La carne de las razas indicas (Wulf et al. 1997, Peluffo y Monteiro 2002) y continentales (Peluffo y Monteiro 2002, Marshall, citado por Soria y Corva 2004) es menos tierna (mayor fuerza de corte y menor clasificación sensorial) y mas variable en terniza que la carne de razas de origen británico (Wulf et al. 1997, Peluffo y Monteiro 2002), independiente al ambiente en el cual el animal produce (Depetris, 2000). Algunos

autores atribuyen estas diferencias a un posible mayor engrasamiento de las razas británicas (Peluffo y Monteiro 2002, Marshall, citado por Soria y Corva 2004).

Franco et al. (2002) evaluaron las diferencias entre la raza pura Hereford y sus cruza con Aberdeen Angus, Nelore y Salers, encontrando que la fuerza de corte tiende a aumentar a medida que aumenta la proporción de sangre índica. Esto sería el resultado de una menor proteólisis, debido a que el mayor nivel de las calpastatinas determina una menor velocidad y profundidad de los efectos de maduración (Whipple et al. 1990, Wheeler et al. 1990, Wulf et al. 1997, Peluffo y Monteiro 2002, Santini et al. 2003, Teira 2004, Shackelford et al., citados por Soria y Corva 2004).

La raza también tiene un efecto significativo en el contenido total e insoluble de colágeno, que puede ser más importante que el peso o sistema de producción (Shackelford et al., citados por Sañudo et al., 2004).

- Tipo de músculo

Las proporciones relativas de tejido conectivo y fibras musculares varían entre músculos y, en parte, son responsables de la dureza de la carne (Lawrie, 1998).

La localización del músculo en el esqueleto es importante; los músculos que no ofrecen ninguna restricción al acortarse durante el inicio del *rigor mortis* generalmente tienen menor terneza. La causa de esto es que el grado de tensión al que es sometido cada músculo individualmente por el esqueleto (colgado de la media res) y la temperatura alcanzada en el *pre rigor* influye sobre la longitud final del sarcómero (Hedrick et al., citados por Teira, 2004).

Los músculos que presentan cantidades totales de colágeno altas (M. *semimembranosus*) muestran valores más altos de fuerza de corte (Stolowski et al., 2006), en cambio músculos que presentan cantidades relativamente bajas de colágeno con altos porcentajes de solubilidad como el *Longissimus dorsi* tienen bajos valores de fuerza de corte (Boccard y Bordes, citados por Sañudo et al. 2004, Stolowski et al. 2006).

El tipo de músculo hace variar la respuesta de la maduración en los valores de fuerza de corte. Stolowski et al. (2006) observaron que el músculo *Longissimus dorsi* presenta una respuesta más grande de maduración con una mejora aproximada de 5 N de 2 a 14 días, y se retarda, pero mejora significativa con maduración adicional de 14 a 42 días.

- Edad

Boston et al., citados por Lawrie (1998) indican que las relaciones de la edad con la terneza se deben a cambios cronológicos en el tejido muscular y conectivo y a 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.

A medida que avanza la edad la terneza disminuye (Bate-Smith, Hiner y Hankins, citados por Lawrie 1998, Depetris 2000, Peluffo y Monteiro 2002). Esto es explicado en parte por una menor solubilidad del colágeno (Peluffo y Monteiro 2002, Teira 2004) y una reducción del tejido conectivo (Bate-Smith, Hiner y Hankins, citados por Lawrie, 1998). La solubilidad del colágeno es máxima alrededor de los 13 meses (Kopp, citado por Sañudo et al., 2004).

En animales de menos de 24 meses de edad, la degradación de las fibras musculares (proceso de actividad de enzimas proteolíticas) explica el 55% de la variación en la terneza, el estado de contracción de las fibras musculares el 25% y el 20% restante por el tejido conectivo y la grasa intramuscular (Brito et al., 2002e).

Depetris (2000) señala que las diferencias en terneza aumentan a partir de los 18 meses de edad, encontrándose las mayores diferencias entre los 18 y 42 meses. Entre los 12 y 22 meses (Peluffo y Monteiro, 2002) y los 40 y 90 meses de edad (Tuma et al., citados por Lawrie, 1998), las diferencias que se producen son relativamente pequeñas.

Montossi y Sañudo (2004) trabajando con novillos Hereford de 2 y 3 años de edad al momento de la faena, procedentes de pastoreo sobre pasturas naturales y artificiales mostraron que los valores de fuerza de corte fueron menores con 20 días de maduración en los animales de menor edad (Cuadro 33).

Cuadro 33: Terneza en novillos Hereford procedentes de pasturas naturales y artificiales

	Momento de medición de fuerza de corte (Kg F)	
	7 días	20 días
Novillos 2 años	4.9	4.4
Novillos 3 años	4.7	4.8

Fuente: Montossi y Sañudo (2004)

Bouton et al., citados por Sañudo et al. (2004) encontraron que cuando en los músculos se evita el acortamiento, la terneza aumenta con la edad animal. Sin embargo, Shorthouse y Harris, citados por Sañudo et al. (2004) divulgaron la relación opuesta entre la edad y la terneza bajo condiciones similares. Esta contradicción puede ser

debido a la elección del músculo. El *Longissimus dorsi* a menudo es expuesto en la canal cuando se enfría y el grado de exposición afecta el acortamiento, que se realiza más en éste músculo que en otros (Campo et al., citados por Sañudo et al., 2004).

- Sexo

La carne de toro es generalmente más dura que la de novillo y ésta mas dura que la de las hembras (Depetris 2000, Peluffo y Monteiro 2002).

Bryce-Jones et al., citados por Lawrie (1998) encontraron que la carne de novillo era mas tierna que la de toros dentro de una misma raza, siendo especialmente marcada la diferencia en los músculos *Longissimus dorsi* y *semitendinosus*, y al nivel de la 7^a-8^a vértebra.

En general los novillos presentan mayor proporción de animales con valores aceptables de fuerza de corte (menores a 5 KgF) que las categorías de hembras, tanto a los 7 días como a los 14 días de maduración (Monteiro y Peluffo 2001, Jiménez de Aréchaga et al. 2002).

Field et al., citados por Ruiz de Huidobro et al. (2003) encontraron disminuciones de valores máximos de fuerza a partir de 2 a 21 días *post mortem*. Los valores de parámetros de textura eran más altos en toros que en vaquillonas, pero el tiempo de maduración disminuyó estas diferencias entre los dos grupos.

- Factores *post mortem*

El descenso de pH, el *rigor mortis* y la maduración se encuentran muy relacionados; cuanto mayor sea la dureza del músculo durante el *rigor* menor terneza se alcanzará durante la maduración (Swatland, citado por Chacón, 2004).

La carne en *pre rigor* es bastante tierna pero se endurece progresivamente a medida que se completa el *rigor mortis* (Peluffo y Monteiro 2002, Hopkins y Thompson, citados por Molinero et al. 2005). La maduración se puede utilizar para disminuir valores de fuerza de corte durante el almacenaje *post mortem* (Field et al., Jennings et al., citados por Sañudo et al., 2004) como resultado de la proteólisis de las proteínas miofibrilares, que es mediado en parte por los calpaínas (Koohmaraie 1996, Peluffo y Monteiro 2002, Hopkins y Thompson, citados por Molinero et al. 2005).

El aumento de la terneza es exponencial de manera que la mayor parte de la mejora ocurre al principio y disminuye con el tiempo (Sañudo et al. 2005, Molinero et al. 2005). El aumento de terneza se da rápidamente durante los primeros 3 a 7 días, periodo después del cual esta mejoría es relativamente pequeña. Periodos de maduración más largos a

temperatura de refrigeración favorecen poco la terneza, pudiendo causar sabores indeseables y crecimientos microbianos (Epley, Parrish, citados por Chacón, 2004).

Dransfield, citado por Molinero et al. (2005) señala que después de 10 días de almacenamiento a 1°C, se alcanza cerca de un 80% de la terneza máxima y Brito et al. (2002e) indica que la terneza se incrementa hasta los 14 días de maduración, luego se estabiliza, aunque existe variación entre músculos en el período óptimo de maduración.

Stolowski et al. (2006) consideran que independiente de la raza, la maduración *post mortem* mejora los valores de fuerza corte hasta 14 días; sin embargo, este tiempo puede no ser eficaz en mejorar la fuerza de corte en la carne de animales con gran influencia *Bos indicus*.

Accioli et al., citados por Sañudo et al. (2004) encontraron que los valores de fuerza de corte entre 9 y 16 días de maduración tenían una diferencia significativa de 2.3 Kg, pero no había diferencia significativa entre 16 y 23 días de maduración. Sin embargo, Takahashi (1996) considera que la terneza de la carne vacuna es mejorada perceptiblemente con maduraciones de 28 días.

Vieira et al., citados por Asenjo et al. (2005b) evaluaron el efecto del periodo y temperatura de conservación en congelación y maduración previa sobre la calidad de la carne vacuna, observando que el efecto de maduración resulto en todos los casos en un incremento de terneza valorada instrumentalmente ($p < 0.05$).

Jiménez de Aréchaga et al. (2002) registraron los valores de fuerza de corte a los 7 y a los 14 días de maduración en 304 novillos, 107 vacas y 53 vaquillonas, encontrando que existe una importante variabilidad en los valores de terneza. En el Cuadro 34 se presentan los valores de fuerza de corte máximos y mínimos y el promedio de la población encontrados.

Cuadro 34: Fuerza de corte máximo y mínimo de 464 animales (machos y hembras)

	Tiempo de maduración (días)	
	7	14
Máximo	8.39	8.17
Mínimo	1.69	1.4
Media	4.18	3.67

Fuente: Jiménez de Aréchaga et al. (2002)

Brito y Pittaluga (2002c) caracterizaron la terneza de 34 novillos Braford (3/8C-5/8H) de 2-4 dientes en el músculo *Longissimus dorsi* y encontraron que en 7, 14 y 21 días de maduración los animales presentaron niveles aceptables de terneza de 4.52, 4.25

y 3.91 KgF respectivamente, de acuerdo a la referencia internacional tomada en este trabajo (límite máximo de 5KgF).

Campo et al., citados por Sañudo et al. (2004) consideran que un peso más alto de faena y un período más largo de maduración pueden hacer el producto más homogéneo, independientemente del tipo de raza

La exposición de la canal caliente inmediatamente luego de la faena a bajas temperaturas, tiene como ventaja retardar el desarrollo microbiano, pero genera el fenómeno conocido como “acortamiento por frío”, que consiste en una contracción de las fibras musculares que lleva al incremento del diámetro de las fibras y el consecuente endurecimiento de la carne (Peluffo y Monteiro, 2002).

Lawrie (1998) indica que cuando la temperatura de la canal es mayor a 35°C, el pH debería estar por encima de 6 y cuando la temperatura disminuye a 12°C el pH debe ser menor de 6 para evitar la aparición de fenómenos como acortamiento por calor y acortamiento por frío, respectivamente.

El grado de acortamiento o de tensión desarrollada durante la instauración del *rigor mortis* en el músculo libre de acortarse, es función directa de la temperatura (Bendall, Marsh, citados por Lawrie, 1998) mientras esta desciende a 15°C (Locker y Hagyard, citados por Lawrie, 1998).

El valor de fuerza de corte varía según la variación del pH (Purchas, Purchas et al., citados por Ruiz de Huidobro et al., 2003). La terneza está influenciada por el pH final de la carne y la velocidad con que se alcanza el mismo (Santini et al., 2003), siendo mayor cuando el descenso del pH es lento (Lawrie 1998, Brito et al. 2002a). Esto se debe a que las enzimas responsables de la degradación de las fibras musculares y tejido conectivo están marcadamente influenciadas por el pH y la presencia de calcio. En la medida que el pH es más bajo, menor es la capacidad de retención de agua de las proteínas musculares, lo que determina un empaquetamiento menos compacto, dejando mayor espacio entre las fibras musculares y consecuentemente mayor terneza (Santini et al., 2003).

O' Halloran et al., citados por White et al. (2006) indicaron que el pH *post mortem* temprano desempeña un papel importante en la determinación del grado de ablandamiento del músculo ya que la actividad de las proteasas es influenciada por el pH del músculo y la inconsistencia en terneza se puede deber a la variabilidad en el índice de disminución del pH *post mortem* temprano.

Geesink et al., citados por White et al. (2006) encontraron que la tasa de disminución del pH y de la temperatura parecen ser los determinantes principales de los valores de la fuerza de corte de los músculos en el primer día *post mortem*. White et al. (2006) cita a

varios autores de los cuales, O' Halloran et al. divulgaron que en el *Longissimus* (músculo de rápida glicólisis) se tenía un pH de 5.94 a las 3 horas (pH 3) *post mortem* y 5.61 a las 6 horas (pH 6), y una fuerza de corte más baja en comparación con los músculos de lenta glicólisis que tenían un pH 3 de 6.61 y un pH 6 de 6.42. Hwang y Thompson encontraron que un pH de 5.9-6.2 en 1.5 h *post mortem* en el *longissimus dorsi* produjo carne más blanda. En cambio Marsh et al. concluyeron que la terneza de éste músculo aumentó con el aumento del pH 3.

White et al. (2006) encontraron que no había correlación directa entre el pH y la terneza sin la consideración del régimen de temperatura *post mortem* y su efecto sobre la longitud del sarcómero. Sin embargo, cuando no hay acortamiento por frío, el pH medido a las 3 horas *postmortem* de 5.9-6.2 produce carne tierna. La temperatura tenía un efecto ($P < 0.001$) en los valores de la fuerza de corte en los días 2, 7 y 14 *post mortem*. Los músculos acortados por frío (0 y 5 °C) fueron los que presentaron los valores más altos de fuerza de corte. Sin embargo, con independencia del acortamiento, a los 14 días de maduración todos los músculos eran más blandos.

Hannula y Puolanne, citados por White et al. (2006) determinaron que la relación temperatura/pH al inicio del *rigor mortis* tiene una influencia importante en la terneza de la carne y que se debe mantener entre 7-10 °C antes del inicio del *rigor* (pH 5.7). Takahashi (1996) considera que para obtener carne de alta calidad, en un animal razonablemente engordado, la maduración *post mortem* de la carne debe ser aproximadamente a 4°C.

La disminución del pH aumenta con el aumento de temperatura, a partir de 0 °C (0.08 unidades/h) a 25°C (0.18 unidades/h) debido a la glicólisis *post mortem* más rápida (White et al., 2006).

Pike et al., citados por White et al. (2006) concluyeron que la temperatura *post mortem* temprana era importante en la terneza e influencia la tasa glicolítica temprana.

2.9.4 Capacidad de retención de agua y jugosidad

La capacidad de retención de agua es un factor muy importante de calidad porque afecta a la carne antes de cocinarla, durante el cocción y su jugosidad al masticar la carne cocinada (Lawrie, 1998). Se entiende por jugosidad al contenido de humedad de la carne y la estimulación de la salivación que ésta provoca (Brito et al., 2002a).

Altos pH determinan menor desnaturalización proteica y que el mismo se encuentre próximo o por encima del punto isoeléctrico de las proteínas. Estos efectos generan una mayor afinidad de las proteínas musculares por el agua, con lo que liberaran menos cantidad de líquido durante su cocción e ingesta, dando la sensación de carne seca. Por el contrario, pH más bajos reducen la afinidad de las proteínas de la carne por el agua

lográndose una mayor capacidad de ceder líquidos durante la degustación de la misma (Santini et al., 2003).

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).

La jugosidad está fundamentalmente vinculada con la edad del animal al momento del sacrificio, al porcentaje de grasa de la canal, así como también al proceso tecnológico de la faena, industrialización, proceso de conservación que influye en la capacidad de retención de agua de la carne (Castro, 2001).

2.9.4.1 Flavor

El flavor de la carne es originado en el tejido graso (Melton, citado por Bolte, 2000) y en el intervienen el olor, sabor, textura, temperatura y pH. De estos componentes el más importante es el olor. El olor y el sabor son las sensaciones más difíciles de medir objetivamente. La evaluación de las características que definen el sabor dependen principalmente de los paneles de catadores (Lawrie, 1998).

Según Depetris (2000), Brito et al. (2002d) el sabor se define como el aroma y el gusto, donde la grasa hace el principal aporte.

2.9.5 Cantidad y tipo de ácidos grasos

Los lípidos, junto con las proteínas y carbohidratos son unos de los constituyentes base del organismo, siendo parte esencial de las membranas celulares, precursores de hormonas y fuente de reserva energética (Depetris y Santini, 2006).

El 98% de las grasas animales están compuestas por triglicéridos, combinación de glicerol y tres ácidos grasos. Los ácidos grasos forman una familia de compuestos que están definidos por la cantidad de átomos de carbono que forman una cadena, así como la presencia de dobles enlaces en la misma (Depetris y Santini, 2006).

Los ácidos grasos se clasifican en ácidos grasos saturados (sin dobles enlaces), y ácidos grasos insaturados (con dobles enlaces), estos a su vez se dividen en monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) según tengan uno o más de un doble enlace (Depetris y Santini, 2006). Los PUFA a su vez se subdividen en omega 3 (n-3) y omega 6 (n-6) y se los considera esenciales debido a la incapacidad del organismo de sintetizarlos, motivo por el cual deben ser incorporados con la dieta (Simopoulos et al., citados por Sanhueza et al. 2002, Depetris y Santini 2006).

Los ácidos grasos son componentes importantes de la dieta de los animales superiores y del hombre. Constituyen un aporte energético considerable que casi duplica al aporte de los carbohidratos y de las proteínas, y varios tienen funciones metabólicas específicas (Sanhueza et al., 2002).

Algunos ácidos grasos se destacan por sus efectos ya sea beneficiosos o potencialmente dañinos para la salud humana, como es el caso de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, dentro de los primeros, y de los ácidos grasos saturados en el segundo caso (Valenzuela et al., citados por Sanhueza et al., 2002).

El estudio de la composición lipídica de un alimento busca identificar la proporción de ácidos grasos saturados (AGS, con enlaces simples) y ácidos grasos insaturados (AGI, con uno o más enlaces dobles) y dentro de estos los monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) (Gil y Huertas, 2001).

2.9.5.1 Caracterización de los ácidos grasos

- Ácidos grasos saturados (AGS)

La longitud de la cadena de estos ácidos grasos va desde cuatro carbonos (ácido butírico) a 35 (ácido ceroplástico). Los ácidos grasos saturados más comunes son los de 14, 16 y 18 átomos de carbono, por su estructura son sustancias muy estables desde el punto de vista químico (Calvo, 2006). En el cuadro 35 se presentan algunos de los ácidos grasos saturados más importantes.

Cuadro 35: Estructura, nombre común y localización de algunos ácidos grasos

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 4:0	Butírico	leche de rumiantes
C 6:0	Caproico	leche de rumiantes
C 8:0	Caprílico	leche de rumiantes, aceite de coco
C 10:0	Caprílico	leche de rumiantes, aceite de coco
C 12:0	Láurico	aceite de coco, aceite de nuez de palma
C 14:0	Mirístico	coco, nuez de palma, otros aceites vegetales
C 16:0	Palmítico	abundante en todas las grasas
C 18:0	Estearico	grasas animales, cacao

Fuente: Calvo (2006)

En promedio los ácidos grasos saturados constituyen el 44% de los ácidos grasos de los lípidos de los vacunos (Duckett y Realini, 2002). Los predominantes en la grasa intramuscular de los vacunos son el ácido mirístico (14:0), el ácido palmítico (16:0) y el

ácido esteárico (18:0), el último representando el 30% del total de AGS (Scollan et al., 2006).

Los ácidos grasos saturados como el mirístico y el palmítico se consideran hipercolesterolémicos (elevan el colesterol) (Hegsted et al., Keys et al., citados por Duckett y Realini, 2002), sin embargo, el esteárico cuando se encuentra en altos niveles en la dieta baja el nivel de colesterol (Hegsted et al., Keys et al., Denke y Grundy, Bonanome y Grundy, citados por Duckett y Realini, 2002).

Los ácidos grasos saturados palmítico (16:0) y esteárico (18:0) y los monoinsaturados como el ácido oleico (18:1 n-9) explican aproximadamente el 80% de los ácidos grasos totales (Scollan et al., 2006).

- Ácidos grasos insaturados

Presentan en la cadena dobles enlaces en un número que va de 1 a 6. Los que tienen una sola insaturación se denominan monoinsaturados, quedando para el resto el término de poliinsaturados. En los ácidos grasos habituales, los dobles enlaces están siempre en la configuración *cis* (Calvo, 2006). En los lípidos de vacunos se encuentra en promedio un 45% de monoinsaturados y 5% de polinsaturados (Duckett y Realini, 2002).

- Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)

Los principales ácidos grasos monoinsaturados se muestran en el cuadro 36, donde también se puede observar su estructura, nombre común y localización.

Cuadro 36: Estructura, nombre común y localización de los principales MUFA

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 10:1 n-1	Caproleico	leche de rumiantes
C 12:1 n-3	Lauroleico	leche de vaca
C 16:1 n-7	Palmitoleico	Leche, semillas, aceites de pescado y carne de rumiantes
C 18:1 n-9	Oleico	aceites vegetales (muy extendido en la naturaleza) y grasa animal
C 18:1 n-7	Vaccénico	grasas de rumiantes

Fuente: Sonntag (1979)

El ácido palmitoleico es el principal de los ácidos grasos de 16 carbonos y se encuentra tanto en plantas como en animales (Sonntag, 1979).

El ácido oleico (18: 1) es el más distribuido de todos los ácidos grasos (Sonntag 1979, Scollan et al. 2006). Normalmente constituye más del 50 % del total de los ácidos grasos (Sonntag, 1979).

El ácido *trans* vaccénico (*trans*-11 18:1, TVA) es producido por los microorganismos del rumen (Barman et al., citados por das Graças et al., 2006) y es un precursor del ácido linoleico conjugado (CLA *cis*-9, *trans*-11) (Barman et al., citados por das Graças et al. 2006, Scollan et al. 2006). La proporción relativa de TVA en toros y corderos aumenta cuando son alimentados con pasturas (Scollan et al., 2006).

- Ácidos grasos polinsaturados (PUFA)

Los ácidos grasos poliinsaturados más frecuentes pertenecen a las series n-6 y n-3, que tienen como principales al ácido linoleico (18:2) y linolénico (18:3) respectivamente (Calvo, 2006). Estos ácidos grasos (Lawrie 1998, Calvo 2006) y el araquidónico (20: 4) (Lawrie, 1998) son esenciales, ya que no pueden sintetizarse en el organismo, y deben obtenerse de la dieta.

Cuadro 37: Principales PUFA

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 18:2 n-6	Linoleico	aceites vegetales (girasol, maíz, soja, algodón, cacahuete)
C 18: 3 n-3	Linolénico	soja, otros aceites vegetales
C 20:4 n-6	Araquidónico	aceites de pescado
C 22:6 n-3	Docosahexaenoico (DHA)	aceites de pescado

Fuente: Calvo (2006)

El mayor ácido graso en los lípidos de las pasturas es el ácido linolénico (18:3, precursor de la serie n-3) (Lawrie 1998, Marmer et al., citados por Realini et al. 2004, Dewhurst et al., citados por Scollan et al. 2006), encontrándose entre 50-75% en relación a los ácidos grasos totales (Dewhurst et al., citados por Scollan et al., 2006).

En los granos el ácido linoleico (18:2, precursor de la serie n-6) es el predominante (Marmer et al., citados por Realini et al. 2004, Dewhurst et al., citados por Scollan et al. 2006), encontrándose en comparación con la carne a una concentración 20 veces mayor en los aceites vegetales (Lawrie, 1998).

La mayor cantidad de 18: 3 n-3 en las pasturas o ensilaje de pastura fresca da lugar a concentraciones más altas de n-3 PUFA en los lípidos del músculo, en las fracciones de

triglicerol y de fosfolípidos (Nuremberg et al., Warren et al., citados por Scollan et al., 2006).

Los ácidos polinsaturados linoleico (18:2 n-6) y linolénico (18:3 n-3) representan aproximadamente el 2% de los ácidos grasos de los triglicéridos totales. La proporción de PUFA en los fosfolípidos es mucho más alta que en los triglicéridos, conteniendo no sólo el 18:2 n-6 y el 18:3 n-3, también sus derivados de cadena más larga como el ácido araquidónico (20:4 n-6), el eicosapentanoico (EPA, 20:5 n-3) DPA y el docosohexanoico (DHA, 22:6 n-3) (Scollan et al., 2006).

Según Lawrie (1998) los ácidos EPA (20:5, n-3) y DPA (22:6, n-3) se encuentran generalmente en bajas concentraciones en los tejidos cárnicos, pero sus concentraciones son muy altas en los aceites de pescado y en sus tejidos. Para Scollan et al. (2006) la carne, pescados, aceites de pescados y huevos son fuentes importantes de ácido eicosapentanoico (EPA, 20:5) y ácido docosahexanoico (DHA, 22:6 n-3) para el hombre.

El cociente de n-6/n-3 PUFA es particularmente beneficioso (bajo) en carnes del rumiante, especialmente de los animales alimentados con pasturas que contiene altos niveles de 18:3 (Wood et al., 2004).

- Ácido Linoleico conjugado (CLA)

Se encuentra de forma natural en la leche y tejidos de los rumiantes (de Blas 2004, Ritzenthaler et al., citados por Scollan et al. 2006), pero también puede ser sintetizado químicamente a partir de la isomerización de fuentes concentradas de ácido linoleico, como el aceite de girasol (de Blas, 2004).

La estructura más común que existe en la naturaleza corresponde a la configuración del isómero *cis* 9, *trans* 11 (Kramer et al., citados por das Graças et al. 2006, Griinari y Bauman, citados por De la Torre 2006, Scollan et al. 2006), que representa aproximadamente 70% de los isómeros totales de CLA según Dannenberger et al., citados por Scollan et al. (2006) o a más del 80 % del total de CLA según Griinari y Bauman, citados por De la Torre (2006). Se asocia principalmente a la fracción de triglicéridos (Bauchart et al., Fritsche et al., Raes et al., citados por De la Torre et al. 2006, Scollan et al. 2006) y por lo tanto se correlaciona positivamente con el nivel de grasa (Ashes et al., citados por De la Torre et al. 2006, Scollan et al. 2006).

Se produce en los animales rumiantes como el primer producto intermedio en la biohidrogenación del ácido linoleico de la dieta por las bacterias del rumen. El segundo producto intermedio formado en la biohidrogenación del ciclo del ácido linoleico son los ácidos *trans* octadecenoicos (ácido *trans*-11 vaccenico). La completa biohidrogenación

del ácido resulta en el ácido esteárico (C18:0). El tejido adiposo de los bovinos contiene *delta-9* desaturasa y puede convertir ácido esteárico a ácido oleico (St. John et al., citados por Duckett y Realini 2002, de Blas 2004).

La carne del rumiante es la principal fuente de CLA para los seres humanos (Wood et al. 2004, Chin et al., citados por De la Torre et al. 2006) y son una fuente relativamente buena de n-3 PUFA debido a la presencia de ácido linolénico (18:3) en el pasto. Las grasas de los rumiantes están entre las fuentes naturales más ricas de CLA (Ha et al., citados por Realini et al., 2004).

Chin et al., citados por Duckett y Realini (2002) reportaron niveles de CLA en carne bovina de 3.8 a 4.3 mg/g de lípido y que un 84 % era el isómero *cis-9 trans-11*. Para Raes et al., citados por De la Torre et al. (2006) el contenido de éste ácido graso se extendió a partir del 1.2 a 12.5 mg/g de grasa.

El nivel del isómero *cis-9, trans-11* en carne vacuna se relaciona con (1) la cantidad de este isómero producido en el rumen y (2) la síntesis en tejido (Scollan et al., 2006).

El contenido de CLA en la carne vacuna varía principalmente con las condiciones de alimentación (naturaleza y calidad forrajera, proporción entre forraje y concentrado, suplementaciones) (Mir et al., citados por De la Torre et al., 2006).

2.9.5.2 Influencia del tipo de ácido graso en la salud humana

La carne vacuna es fuente valiosa de nutrientes, entre ellos aminoácidos, ácidos grasos esenciales, proteínas, minerales y vitaminas (Enser, García, Mazzei, citados por Schindler et al., 2004), pero contiene altas cantidades de grasa saturada (Scollan et al., 2006).

Los lípidos constituyen una fracción de la dieta particularmente significativa, por estar relacionados con la obesidad, la incidencia de problemas cardiovasculares y algunos tipos de tumores, aunque se ha establecido que varios de sus componentes (vitaminas A y E, lecitina, AG n-3) tienen una influencia positiva sobre la salud humana. La presencia de lípidos en la dieta es considerada negativa, de forma que se recomienda limitaciones en su consumo (de Blas, 2004), dado que dichas enfermedades se encuentran asociadas a un alto contenido de colesterol sanguíneo y el factor dietético dominante en relación son las grasas saturadas (Gil y Huertas, 2001).

Desde el punto de vista dietético es deseable una composición rica en ácidos grasos polinsaturados (PUFA) y pobre en ácidos grasos saturados (AGS), con una relación PUFA/AGS mayor que 0.45 y n-6/n-3 menor que 4 (Department of Health, Reino Unido, citado por Wood et al. 2004, Zea 2005, De la Torre et al. 2006).

La carne uruguaya presenta en su composición en ácidos n-6/n-3 un valor promedio de 1.42 (Montossi y Sañudo, 2004).

Se recomienda que la grasa total, los ácidos grasos saturados, los ácidos grasos polinsaturados (n-6, n-3) y los ácidos grasos *trans* contribuyan con <15-30%, <10%, <5-8%, <1-2% y <1% del producto total de energía, respectivamente (Scollan et al., 2006).

Entre los ácidos grasos polinsaturados del grupo n-3, el ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5) y el ácido docosaheptaenoico (DHA, 22:6) han demostrado tener papeles importantes en la reducción del riesgo de enfermedades (Calder, Leaf et al., citados por Scollan et al., 2006).

En términos de sus ventajas a la salud humana, los productos que contienen CLA tienen características anticancerígenas y dietéticas (Evans et al., citados por das Graças et al., 2006). Estos productos también ayudan a prevenir la arteriosclerosis, son antioxidantes debido a los enlaces dobles conjugados, y contribuyen para prevenir el mellitus dependiente de la diabetes de la no-insulina (Sebédio et al., citados por das Graças et al., 2006).

El CLA también parece tener efectos antilipogénicos y lipolíticos en una amplia variedad de especies animales, tanto rumiantes como monogástricos (Azain, citados por de Blas 2004), lo que tiene interés comercial tanto para la alimentación animal como para los humanos. Las dosis de CLA requeridas para este efecto son alrededor de 0,5% de la dieta o consumos equivalentes de 15-20 g/día en humanos (de Blas, 2004).

Las poblaciones con mayores niveles de consumo de ácido α -linolénico (n-3) tienen los niveles más bajos de incidencia de enfermedades cardiovasculares-coronarias (Kevs, Sandker et al., citados por Duckett y Realini, 2002).

La ingestión de ácidos grasos saturados, láurico, mirístico y palmítico, eleva los niveles plasmáticos de colesterol (Lawrie, 1998). Las grasas animales son las responsables del aumento de colesterol sérico, ya que favorecen sus síntesis. Cambios en la dieta de ácidos grasos saturados tienen el efecto de aumentar el colesterol sérico y los cambios en la dieta de ácidos grasos polinsaturados tienen el efecto de disminuirlo (Gil y Huertas, 2001).

El colesterol es transportado en el plasma sanguíneo por lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), de baja densidad (LDL) y de alta densidad (HDL). Los altos niveles de HDL y bajos niveles de LDL se relacionan con una baja incidencia de enfermedades cardiovasculares (Jackson et al., citados por Lawrie, 1998).

El consumo de ácidos grasos saturados con 12-16 átomos de carbono se ha asociado a concentraciones crecientes de colesterol de baja densidad, un factor de riesgo para

enfermedades cardíacas coronarias (Keys, citado por French et al. 2002, de Blas 2004), mientras que los de mayor longitud de cadena, como el ácido esteárico, serían más inertes desde este punto de vista (de Blas, 2004). Los PUFA y MUFA son generalmente beneficiosos en la salud humana, reduciendo el nivel de LDL en plasma (de Blas 2004, Scollan et al. 2006).

2.9.5.3 Relación de los ácidos grasos en los componentes de calidad de carne

Los componentes de la calidad de la carne influenciados por los ácidos grasos son la firmeza de la grasa (dureza), la vida útil (oxidación del lípido y del pigmento) y el sabor de la misma. La terneza de la carne y la jugosidad, son más afectados por la cantidad total de ácidos grasos que por el tipo de ácido graso (Wood et al., 2004).

Al tener puntos de fusión muy diversos la variación en la composición de ácidos grasos tiene un efecto importante en la firmeza/terneza de la grasa en la carne, especialmente en la grasa subcutánea e intermuscular pero también tiene efecto en la grasa intramuscular (Wood et al., 2004).

La capacidad de los ácidos grasos no saturados (especialmente con más de dos enlaces dobles) de oxidar rápidamente, es importante en la regulación de la vida útil de la carne (deterioración de la rancidez y del color). Sin embargo, esta propensión de oxidar es importante en el desarrollo del sabor durante la cocción (Wood et al., 2004).

El color de la grasa estará influido por la concentración de pigmentos y la composición química de los distintos ácidos grasos que compongan el depósito graso (Albertí et al., 2005).

La oxidación del lípido y el desarrollo del color de la carne de rumiantes es influenciada por la composición de ácidos grasos y la concentración del antioxidante del tejido, vitamina E (Arnold et al., Renner, citados por Wood et al., 2004).

El aumento del contenido del n-3 en carne vacuna puede influenciar la vida útil del color y las cualidades sensoriales de la carne. Altos niveles de vitamina E son necesarias para ayudar a estabilizar los efectos de incorporar altos niveles de PUFA. Sin embargo, las pasturas no sólo producen un aumento de n-3 y CLA ya que por su alto contenido de vitamina E, también mejora la vida útil del color (Scollan et al., 2006).

En una comparación de animales alimentados a pasto y grano (Warren et al., citados por Wood et al., 2004) la concentración total de ácidos grasos no saturados era similar en ambos, sin embargo, los alimentados con pasturas presentaban mayor producción de n-3 PUFA (más oxidable) y la alimentación con grano aumentaban los niveles de n-6 PUFA. La alimentación con pasturas causa niveles más altos de vitamina E con las ventajas de una oxidación más baja del lípido y una mejor retención del color a pesar del

mayor potencial de oxidación que presentan los lípidos dominantes con este tipo de alimentación.

La carne con más PUFA puede ser más oxidable, pero cuando estos PUFA se derivan del pasto, se asocian a más antioxidantes bajo la forma de α -tocopherol, los carotenoides y los flavonoides (Wood y Enser, 1997), que estabilizan los ácidos grasos y hacen la carne más deseable (Gatellier et al., Moloney et al., Richardson y Hallett et al., Richardson, Nute et al., citados por Scollan et al., 2006).

2.9.5.4 Factores que afectan la cantidad y tipo de ácidos grasos

- Especie animal

La grasa de los rumiantes tiene una mayor concentración de ácidos grasos saturados y una menor relación de ácidos grasos polinsaturados antitrombogénicos / ácidos grasos saturados que la grasa de monogástricos debido a la hidrogenación de los ácidos insaturados de la dieta, a nivel ruminal (French et al. 2002, French et al., citados por Realini et al. 2004, Rearte 2006), generando un tejido graso más firme (Wood et al., 2004).

En el cuadro 38 se muestran datos comparativos sobre el contenido de ácidos grasos insaturados y colesterol en el tejido muscular de diferentes especies:

Cuadro 38: Contenido de ácidos grasos insaturados y colesterol en diferentes especies

	C 18:2	C 18:3	C 20:3	C 20:4	C 22:5	C 22:6	Colesterol
Vaca	2.0	1.3	Trazas	1.0	Trazas	-	59
Oveja	2.5	2.5	-	-	Trazas	-	79
Cerdo	7.4	0.9	-	Trazas	Trazas	1.0	69

Fuente: Lawrie (1998)

El cociente n-6/n-3 es particularmente beneficioso (bajo) en carne de rumiante, especialmente en los animales que consumen pasturas que contiene altos niveles de 18:3 (Enser, citado por Wood et al., 2004).

Los vacunos contienen más de 20 ácidos grasos en sus lípidos, pero solo cuatro contribuyen al 87% del contenido total de ácidos grasos (Duckett et al., citados por Duckett y Realini, 2002). Éstos ácidos grasos son el ácido oleico (C18:1; 41%), palmítico (C16:0; 27 %), esteárico (C18:0; 15%), y linoleico (C18:2, 3.9%) (Duckett y Realini, 2002).

Enser et al., citados por Word et al. (2004) estudiaron las diferencias en la composición y el contenido de ácidos grasos en la carne vacuna, de cordero y cerdo, encontrando que la proporción total de grasas era más alta en cordero (debido probablemente a un nivel inferior del ajuste de grasa durante la carnicería). La composición de ácido graso total del músculo *longissimus* era también la más alta en cordero y la menor en cerdo. La mayor diferencia de la composición de ácido graso era que el contenido de 18:2 era más alto en cerdo, causando un cociente PUFA/AGS más alto. Esto se debe al alto contenido de 18:2 de las dietas basadas en cereales causando una relación n-6/n-3 alta. La carne de rumiante tenían una relación n-6/ n-3 más favorable, menor contenido de 18:2 que en cerdo y niveles relativamente altos de ácidos grasos n-3, especialmente 18:3.

- Engrasamiento

Leat, García et al., citados por Grompone et al. (2002), sostienen que a mayores niveles de engrasamiento se da un aumento de ácidos grasos insaturados. Sin embargo, Scollan et al. (2006) muestran que el contenido de AGS y de MUFA aumenta más rápidamente con el aumento del engrasamiento que el contenido de PUFA, la proporción relativa de PUFA y la relación PUFA/AGS disminuyen con el aumento de engrasamiento.

En animales muy grasos la grasa es suave y aceitosa, principalmente por un aumento en 18:1 y 18:0 en relación con 16:0 (Leat, Wood, citados por Wood et al., 2004).

La grasa intramuscular contiene triglicéridos y fosfolípidos. Por lo tanto hay una relación fuerte entre la grasa intramuscular y el contenido de triglicéridos que es principalmente dependiente del grado de engrasamiento, raza y tipo de músculo (Scollan et al., 2006).

La grasa intramuscular de los vacunos contiene en promedio, 0.45-0.48, 0.35-0.45 y hasta 0.05 de ácidos grasos totales como AGS, MUFA y PUFA, respectivamente. La relación PUFA/AGS para la carne vacuna es típicamente baja, aproximadamente 0.1 (Choi et al., Scollan et al., citados por Scollan et al., 2006).

De la Torre et al. (2006) no relacionaron al contenido de CLA en la carne vacuna con la deposición final de grasa, pero observaron una influencia más específica por la tasa de engorde de los animales. Las variaciones en la deposición de grasa modifica perceptiblemente el nivel de CLA en el músculo. Sus resultados demostraron que la tasa de deposición de CLA no depende de la escala final de la grasa de cuerpo sino que se favorecen solamente en las condiciones que dan un índice bajo de deposición grasa.

- Sexo

El sexo presenta gran importancia en el engrasamiento de los animales puesto que, con pesos iguales de faena, los toros son más magros que los novillos, y éstos más magros que las hembras (Enser, Nurnberg et al., citados por De la Torre et al., 2006).

En un ensayo llevado a cabo por das Graças et al. (2006) encontraron que el músculo de novillos tenía un contenido más alto de lípidos (3.38%) que el de toros (1.71%), pero el contenido de ácidos grasos totales n-3 era más altos en toros. Las cantidades de CLA en la grasa eran similares en ambos, pero el contenido de CLA en el músculo de novillos era más alto (47.99 el mg 100 g-1 en el LM) que en el músculo de toro (23.24 mg /100 g-1 en el LM).

En este estudio se vió que en el músculo *longissimus* los toros presentaban un contenido más alto de 18:1 *trans*-11 (ácido vaccenico), con respecto a los novillos. La mayor parte de los ácidos grasos en la carne estaba bajo la forma de 18: 1, 18: 0, y 16: 0. El contenido total de PUFA era similar en ambos sexos y el de MUFA más alto en novillos. El contenido de AGS, n-6 y n-3 era más alto en toros. Las relaciones n-6 / n-3 (1.87) y PUFA / AGS eran similares para novillos y toros. El isómero 18:2 *cis*-9, *trans*-11 representó 51,8% del contenido total de CLA en toro y 59,85% del contenido total de CLA en novillo., Este mayor contenido en novillos es debido a la mayor proporción de grasa en el músculo con respecto a los toros (das Graças et al., 2006).

Ruiz et al., citados por das Graças et al. (2006) al analizar el músculo *Longissimus* en novillos y toros Nelore terminados en pasturas no observaron diferencias en el contenido de 16:0 entre novillos y toros, pero si un contenido más alto de 18:2 y 18:3 en toros, por lo tanto el contenido de PUFA era mayor (11.98%) y el de AGS menor (47.27%) en toros que en novillos (8.16% PUFA y 52.24% AGS). La relación PUFA/AGS era más alta en toros (0.25) que en novillos (0.16).

- Edad

Montossi y Sañudo (2004) estudiando la composición de ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi* encontraron que la mayor diferencia entre animales de distintas edades se observa en el contenido de ácidos grasos insaturados. Esto se refleja en la diferencia encontrada en la relación PUFA/AGS, donde los animales más jóvenes presentaron una mejor relación. En la relación n-6/n-3 no se encontraron diferencias y los dos grupos de animales presentaron valores adecuados (menores a 4) (Cuadro 39).

Cuadro 39: Composición en ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* en novillos Hereford procedentes de pasturas naturales y mejoradas (% respecto al total de ácidos grasos identificados)

	Novillos 2 años	Novillos 3 años
Grasa intramuscular	1.74 c	2.35 b
C14:0 (mirístico)	2.01 c	2.19 bc
C16:0 (palmitico)	24.22 c	25.24 bc
C18:0 (esteárico)	16.26 a	15.20 ab
C18:1 (oleico)	38.30 b	40.72 ab
C18:2 (linoleico)	4.68 b	3.77 b
C18:2 (alfa-linolénico)	2.13 a	1.70 b
CLA (ácido conjugado linolénico)	0.57 a	0.54 ab
C20:3 n-3	0.58 b	0.41 c
C20:4 n-6 (araquidónico)	2.10 b	1.54 c
C20:5 n-3 (EPA)	1.30 a	0.84 b
C22:5 n-3 (DPA)	1.73 a	1.19 b
C22:6 n-3 (DHA)	0.17 a	0.12 b

Nota: a, b, c, d: diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de producto ($P < 0.001$).

Fuente: Montossi y Sañudo (2004)

Wood, citado por Wood et al. (2004) registró un valor para 18:0 de 14.7% de ácidos grasos totales en vacas jóvenes y 2.7% en novillos de 11 años.

De la Torre et al. (2006) establecen que los animales jóvenes presentan mayor contenido de CLA que los animales adultos.

- Tipo de músculo

Las diferencias en el tipo de fibra muscular entre músculos se reflejan en diferencias en la composición de ácidos grasos. Los músculos “rojos” tienen una parte más elevada de fosfolípidos que los músculos “blancos” y por lo tanto un porcentaje más alto de PUFA (Wood et al., 2004).

De la Torre et al. (2006) observaron que existe una fuerte influencia del tipo de músculo en las proporciones totales de CLA ($P < 0.001$) y de todas las clases del isómero de CLA ($P < 0.01$) en ácidos grasos intramusculares. Los músculos con mayor contenido de grasa presentan mayor contenido de CLA.

- Raza

Grompone et al. (2002), Franco y Feed (2004) estudiaron el efecto del genotipo en el contenido y composición lipídica de la carne vacuna y encontraron que los resultados no mostraron diferencias importantes entre los distintos genotipos analizados (Cuadro 40).

Cuadro 40: Contenido y composición lipídica en diferentes genotipos

Genotipo	AGS (g / 100 g de grasa)	MUFA (g / 100 g de grasa)	PUFA (g / 100 g de grasa)
Hereford (*)	44.8	39.2	10.7
A. Angus * Hereford (*)	45.4	40.2	8.9
Salers * Hereford (*)	46.3	41.3	9.4
Nelore * Hereford (*)	46.2	39.1	9.0
Hereford (**)	45.14	39.13	10.76
A. Angus * Hereford (**)	45.18	39.79	8.9
Salers * Hereford (**)	46.54	41.27	9.13
Nelore * Hereford (**)	45.65	39.32	9.11

Fuente: Grompone et al. (2002) (*), Franco y Feed (2004) (**)

Las razas que tienen una tendencia a depositar altas cantidades de grasa intramuscular en el músculo, darán una mayor cantidad de CLA *cis*-9, *trans*-11 (Scollan et al., 2006).

2.10 EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE LA CARNE

2.10.1 Color

Con dietas de gran cantidad de energía la estimación del contenido de pigmentos de mioglobina disminuye, indicando un color más ligero de la carne debido a la alta alimentación del concentrado (Boleman et al., 1996).

La terminación de los animales con dietas forrajeras da un color más oscuro del músculo que se deteriora más rápidamente durante la exhibición y tiene a menudo una demanda más baja del consumidor (Bolte, 2000). La inclusión de granos en sistemas de terminación mejora el color de la carne y la aceptabilidad (Schroeder et al., citados por Bolte, 2000).

Realini et al. (2003) observaron que animales terminados con pasturas presentaban en el músculo *Longissimus* valores de L* más bajos ($P < 0.05$) indicando una coloración más oscura que los animales alimentados con concentrados y no encontraron diferencias

en a^* o b^* entre los tratamientos. Bidner et al., McCaughey y Cliplef, Schroeder et al., citados por Realini et al. (2004) han demostrado un color del músculo más oscuro en animales alimentados en pasturas que con granos.

Estos mismos autores encontraron que a 24 horas *post mortem*, la carne de animales terminados a pasturas era más oscura que la carne de animales terminados con concentrados, pero luego de un periodo de exposición a la luz (14 días) la carne de pasturas presentó mayor valor de L^* y era más roja y más amarilla (5 días) que la carne de concentrados

El consumo de pasturas que usualmente tienen elevados contenidos de pigmentos (carotenos) que se depositan en los adipositos provoca el color amarillento de la grasa característica de animales provenientes de sistemas extensivos¹.

Realini et al. (2003) también observaron que el color de la grasa subcutánea de animales terminados con pasturas presentaban valores más altos de L^* ($P < 0.05$) y la grasa era más amarilla (mayor b^*) que en animales terminados con concentrado (Cuadro 41).

Cuadro 41: Parámetros de color de la carne y de la grasa

Características	Color de la carne			Color de la grasa		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
10 novillos Hereford; terminados en pasturas	33.8	20.5	8.8	72.4 a	5.9	15.2a
10 novillos Hereford; terminados on concentrado	35.6	20.4	8.4	71.8 ab	5.2	13.5b
10 novillos Hereford; terminados con concentrado y Vit. E	36.3	20.9	9.2	69.8 b	5.5	14.5ab

a,b Medias en la misma columna con letra diferente son significativamente diferentes con $P < 0,05$.

Fuente: Realini et al. (2003)

2.10.2 Terneza

La alimentación prefaena tiene efecto sobre las características sensoriales de la carne (Tatum, citado por Boleman et al., 1996), pudiendo reducir el endurecimiento asociado con la edad (Boleman et al., 1996). Nour et al., citados por Bolte (2000), divulgaron que

los sistemas de alimentación que producen canales más magras dan lugar a grados más bajos de ternera.

Según Epley, Mills et al., Jeremiah et al., Sinclair et al., citados por Chacón (2004) el tipo de alimentación suministrado al animal no tiene un efecto importante en la dureza. Sin embargo Bolte (2000) establece que un sistema de terminación en base a forraje produce típicamente grados sensoriales menores para la ternera debido a mayores cantidades de tejido conectivo y de requisitos más altos de fuerza de corte que con terminaciones con granos.

A medida que aumenta el nivel de alimentación y/o el nivel energético de la dieta se obtiene una mayor ganancia de peso, estado de engrasamiento y menor edad de faena. La mayor ganancia de peso afecta la composición del músculo y la mayor deposición de tejido graso lleva a un menor contenido de agua que determina una mejora de la ternera, asociada a una tasa de tejido conjuntivo menor y a un marmoleado más abundante. Altas ganancias de peso previo a la faena producen una mayor velocidad de recambio proteico a nivel muscular (Depetris, 2000).

Elevadas ganancias diarias determinan mayor cantidad y actividad de las enzimas responsables de la degradación de las fibras musculares y por lo tanto se logra mayor ternera. A su vez el colágeno que rodea a las fibras musculares condiciona en gran medida la ternera de la carne debido a su alta resistencia (Depetris, 2000).

Los animales alimentados con dietas de alta energía experimentan elevadas tasas de síntesis proteica (Aberle et al., Miller et al., citados por Boleman et al., 1996), lo que resulta en un incremento de la proporción de colágeno soluble en la carne (Aberle et al., citados por Boleman et al., 1996). El nuevo colágeno sintetizado contiene menos cruzamientos intermoleculares, resultando en fibras de colágeno menos estables con alta solubilidad (McClain y Wiley, Millar et al., citados por Boleman et al. 1996, Rampala y Jones, citados por Sañudo et al. 2004).

Un alto plano nutricional y un rápido crecimiento provocan un alto índice de síntesis de colágeno. El nuevo colágeno sintetizado diluye al antiguo colágeno estable al calor, haciéndolo en promedio más inestable, resultando de esta forma en un músculo con mayor ternera (Peluffo y Monteiro, 2002). Sistemas de alimentación sobre pasturas tienden a aumentar el contenido de colágeno (Jurie y Geay, citados por Sañudo et al., 2004).

Boleman et al. (1996) determinaron que la ternera total tiende a aumentar a medida que aumenta el tiempo de alimentación con dietas de alta energía, aunque este aumento no era significativo. Estos resultados indicarían que el tiempo creciente de alimentación da una fragmentación más fácil, menos tejido conectivo, y un sabor más intenso (Boleman et al., 1996).

Un sistema de terminación con forraje produce típicamente menos terneza debido a mayores cantidades de tejido conectivo y de requisitos más altos de fuerza de corte que terminaciones con grano. Mayor calidad forrajera (alta proteína cruda, alta energía, y fibra baja) tienden a producir una carne más sabrosa (Bolte, 2000).

Realini et al. (2003) al comparar animales terminados en pasturas con animales terminados con concentrado no encontraron diferencias ($P>0.05$) en la terneza inicial, a pesar de las diferencias en peso canal, engrasamiento y temperatura durante el proceso de enfriado. Sin embargo, en ambos casos se observó mayor efecto de la maduración en la carne proveniente de animales alimentados en pasturas, dado que luego de 7 y 14 días de maduración la carne proveniente de estos animales presentó menor fuerza de corte que aquella proveniente de animales terminados con concentrados (Cuadro 42).

Cuadro 42: Fuerza de corte en carne de novillos terminados en pastura o concentrado

Fuerza de corte (Kg F)	Inicial	7 días	14 días
Pastura	4.7	2.9	2.8
Concentrado	4.5	3.8	3.4

Fuente: Realini et al. (2004)

Oltjen et al., citados por Bolte (2000) trabajando con novillos terminados con dietas solo forrajeras y la influencia de la alimentación solo con concentrados seguida por una dieta forrajera, concluyeron que con concentrados y luego forraje existía mayor calidad de canal incluyendo palatabilidad, terneza, jugosidad, y deseabilidad. En contraste, Bowling et al., citados por Bolte (2000) reportaron que la terminación con forraje no compite favorablemente con terminaciones en base a grano. Los autores basaron sus resultados en que la terminación con forraje se asocia a las características de color y palatabilidad (flavor y terneza) de aceptabilidad limitada, que son discriminadas por los consumidores. En su estudio compararon la carne terminada a forraje y a grano con la misma madurez y grado de marmoro pero diverso engrasamiento, los datos indicaron que la alimentación forrajera no tenía terneza ni flavor comparable a la alimentación con granos debido a los aumentos en el engrasamiento asociado a incrementos en la terneza.

2.10.3 Ácidos grasos

El sistema de producción, tanto por el tipo de alimentación como por el nivel energético de la misma influye tanto en el engrasamiento de las canales como en la composición en ácidos grasos de los depósitos subcutáneos e intramusculares del animal (Zea, 2005).

La nutrición es el factor principal que influencia la composición de ácido graso de la carne mientras que la nutrición y la genética afectan el nivel de la grasa. Las gramíneas forrajeras y/o concentrados o el aceite de pescado dan lugar a respuestas beneficiosas importantes en el contenido de n-3, AGS y CLA en carne (Scollan et al., 2006).

Los animales alimentados sobre pasturas tienen menor porcentaje de grasa intramuscular que los alimentados a grano y a su vez menor contenido de colesterol (Instituto de Tecnología de Carnes, citados por Depetris, 2000).

La nutrición es la ruta principal para aumentar el contenido de ácidos grasos beneficiosos en carne vacuna. Las gramíneas forrajeras o los concentrados que contienen ácido α -linolénico (18:3 n-3) en la dieta aumentan el contenido de 18:3 y el del ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n-3) en el músculo y tejido adiposo, dando por resultado una relación n-6 / n-3 más baja. La pastura también aumenta el ácido docosaheptaenoico (DHA, 22:6 n-3). La alimentación rica en PUFA mejora la relación PUFA/AGS y n-6/n-3 y aumenta el contenido de CLA, cis-9, trans-11 (Scollan et al., 2006).

Las estrategias de manejo alimenticio han mostrado tener efectos en la composición de los ácidos grasos de los tejidos animales (Demeyer y Doreau, Mir et al., citados por De la Torre et al., 2006). Sin embargo, en rumiantes los ácidos grasos en triglicéridos son influenciados por la dieta pero a menor grado que en los monogástricos debido a la biohidrogenación de los ácidos grasos dietéticos en el rumen (Scollan et al., 2006).

El rumen a través de las bacterias tiene capacidad de saturación de ácidos grasos insaturados, sin embargo como dicha capacidad no es total, en la medida que la cantidad de ácidos grasos insaturados aportados por el alimento sea mayor, mayor será la cantidad de estos ácidos grasos que escapan a la hidrogenación ruminal y por lo tanto una mayor proporción podrá ser depositada en el tejido adiposo. Además los ácidos grasos depositados en la carne sufren un proceso de desaturación parcial, el cual permite aumentar la proporción final de ácidos grasos insaturados (Santini et al., 2003).

La mayoría de las investigaciones que evalúan el efecto de la nutrición y sistema de manejo en los lípidos, han demostrado bajos a moderados cambios en la composición de los lípidos. La mayor limitante en la capacidad de alterar la composición lipídica de la carne vacuna, es la manipulación de la biohidrogenación ruminal de tal manera que los ácidos grasos insaturados y ciertos productos intermedios de la biohidrogenación (CLA) escaparán el rumen para su absorción y deposición (Duckett y Realini, 2002).

En los sistemas de alimentación basados en forrajes frescos, a pesar de que se origina un aumento en la proporción de ácidos grasos saturados, también hay un incremento en la cantidad de ácidos poliinsaturados del tipo n-3 disminuyendo la relación con los n-6. Este incremento se debe a la mayor concentración de ácido linolénico presente en las pasturas. A su vez, el mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta

asociado a una mayor biohidrogenación en el rumen incrementa la concentración de CLA en la carne, relacionado al beneficio para la salud humana (Depetris y Santini 2005, Scollan et al. 2006).

Sistemas de alimentación basados en forrajes, permiten mejorar el tipo de ácidos grasos depositados en la carne (Santini et al., 2003), haciendo que la carne tenga un perfil único del ácido graso que pueda realzar la calidad de la carne desde un punto de vista de la salud humana (Bolte, 2000), debido a la mayor proporción de ácidos grasos polinsaturados presentes en el forraje y cantidades superiores de precursores de CLA comparadas con los granos de cereales (Santini et al. 2003, Wood et al. 2004, Enser, Yang et al., citados por das Graças et al. 2006).

Los sistemas de feedlot suministran una alta proporción de ácidos grasos insaturados oleico y linoleico, pero muy poco linolénico. En estos sistemas, la carne producida presenta mayor concentración de ácidos grasos insaturados, pero este incremento es a base de n-6 aumentando la relación n-6/n-3. Además se observa una menor concentración de CLA producto de la disminución de la biohidrogenación ocurrida en el rumen (Depetris y Santini, 2005).

En los sistemas pastoriles con suplementación los resultados son diversos y dependen del nivel de suplementación, el tiempo de suplementación, y el tipo de suplemento utilizado. A medida que aumenta el nivel de suplementación, el tiempo de suplementación o si se sustituye silaje por grano, el perfil de ácidos grasos se parecerá más al del tipo de engorde a corral (Depetris y Santini, 2005, Cuadro 43).

Cuadro 43: Relación n-6 / n-3 y concentración de CLA (mg/100 mg ácidos grasos)

	P	P + SB	P + SA	C	Autor
n-6 / n-3	1.0	2.1	2.2	8.0	INTA, Menfredi, 2004
CLA	0.77	0.7	0.66	0.44	
n-6 / n-3	2.3	3.9	4.9	21.6	INTA, Marcos Juárez, 2003
CLA	0,71± 0,13	0,62± 0,08	0,56± 0,07	0,29± 0,07	
n-6 / n-3	2.22	5.55	7.53	11.8-11.9	INTA, Balcarce, 2003
CLA	0.79	0.44	0.47	0.30-0.36	

P: Pastura, SB: Suplementación baja, SA: Suplementación alta, C: Corral

Fuente: Depetris y Santini (2005)

Estudios en carne vacuna y cordero han mostrado que las concentraciones de 18:3 y de 20:5 son mayores cuando los animales consumen pastura que cuando consumen dietas basadas en grano. Alimentaciones en base a pasturas proporciona antioxidantes

incluyendo la vitamina E que mantienen niveles de PUFA en carne y previene la deterioración de la calidad durante el proceso y la exhibición (Wood et al., 2004).

Los precursores de CLA si bien son modificados durante su paso por el rumen, son susceptibles de ser convertidos en CLA por acción enzimática en el tejido adiposo (Santini et al., 2003). Dietas basadas en pasturas aumenta la concentración de CLA en la grasa de la leche y la grasa intramuscular de la carne (French et al. 2000, Lawless et al., Yang et al., citados por Realini et al. 2004).

Dietas con alto contenido en concentrado reduce la intensidad de biohidrogenación de PUFA en el rumen (Doreau y Ferlay, citados por De la Torre et al., 2006) favoreciendo la producción del ácido *trans*-vacénico (18: 1), precursor del CLA y su aumento en tejidos periféricos (Grinari y Bauman, citados por De la Torre et al., 2006).

Los sistemas de invernada pastoriles producen carnes más magras, con menor contenido de colesterol, baja relación n-6/n-3, alto contenido de ácidos grasos polinsaturados (PUFA) e igual contenido de grasa intramuscular si los animales se faenan a igual grado de terminación (Camfield et al. 1999, Bidner et al., García, Mandell et al., Rosso et al., Myers et al., Cossu et al., citados por Schindler et al. 2004).

Rosso et al., citados por Rearte (2002) analizaron los efectos de la suplementación con grano en pastoreo sobre las características de la canal y la calidad de la carne en terneros Angus. Los animales se dividieron en grupos: 1) se alimentaba únicamente con pastura hasta la faena, 2) suplementados con maíz (1% PV) durante el otoño e invierno, 3) suplementado con maíz durante el otoño e invierno, interrumpido en primavera y suplementado nuevamente en verano, previo a la faena, y 4) con novillos alimentados con granos durante todo el ciclo. La carne producida a pasto, además de tener una menor concentración de grasa y colesterol, tuvo un mayor contenido de ácido linolénico y una menor relación n-6/n-3. El ácido linolénico de las pasturas sería la fuente de ácidos insaturados conjugados de la carne (Cuadro 44).

Cuadro 44: Calidad y composición química de la carne vacuna

Calidad y composición química	1	2	3	4
Terneza	10.16	9.84	8.99	7.68
Grasa intramusc. Semitend (%)	2.0 a	2.5 a	2.4 a	3.2 b
Grasa intramusc. Longis (%)	2.2 a	2.6 a	2.9 a	4.7 b
Ácido linolénico n-3	1.37 a	1.07 ab	0.68 b	0.19 c
Relación ác linolénico n-6/n-3	2.3 a	2.75 a	5.46 b	21.9 c

a,b, Números con distintas letras difieren significativamente.

Fuente: Rosso et al. (1998)

Realini et al. (2004) trabajando con bovinos realizó un estudio comparativo de dietas en base a pasturas y concentrados y encontraron que los principales ácidos grasos para ambos tratamientos fueron oleico (C18: 1), palmítico (C16: 0) y esteárico (C18: 0), que ocuparon el 71 y 77% del total de ácidos grasos, respectivamente. Los animales alimentados con pasturas tenían concentraciones más altas ($P<0.01$) de esteárico (C18:0), linoleico (C18:2) linolenico, (C18:3), araquidónico (C20:4), eicosapentaenoico (C20:5), y docosapentaenoico (C22:5), presentando una proporción similar ($P>0.05$) de ácidos grasos saturados (AGS), menor concentración de MUFA ($P<0.05$) y un porcentaje más alto de PUFA ($P<0.01$) dando una mayor relación PUFA/AGS.

Duckett et al., citados por Realini et al. (2004) también divulgaron una relación PUFA/AGS más alto (0.26) para el músculo terminado a pasto que terminado a concentrado (0.07). La grasa intramuscular en terminaciones con pasturas tenía una relación más favorable de n-6/n-3 que los animales terminados con concentrados. Rule et al. (2002) encontraron una relación n-6/ n-3 de 1.95 y 6.38 para vacas alimentadas en pastura y novillos en feedlot, respectivamente; mientras que French et al. (2000) divulgaron relaciones de 2.33 y 4.15 para novillos sobre pasturas y concentrados.

French et al., citados por French et al. (2002) demostraron que a una misma tasa de crecimiento, animales alimentados con una alta producción de pastura tenían en el músculo una relación PUFA/AGS más alta y una relación n-6/n-3 más bajo que el músculo de animales alimentados con concentrado.

French et al. (2002) estudiaron la variación de la composición de ácidos grasos en el músculo *longissimus lumborum thoracis* en novillos suministrando diferentes niveles de concentrados (0, 2.5 y 5 Kg/animal) o variando las asignaciones de forraje (6, 12 y 18 Kg/MS/animal). Encontraron que la suplementación tenía poco efecto en la composición de los ácidos grasos (AGS y MUFA) cuando se ofrecía alta asignación de forraje. El aumento en la asignación de concentrado aumentó ($P<0.01$) la proporción de C14: 0 y bajó ($P<0.1$) la proporción de C18: 3. Cuando se suministró alta proporción de concentrados con baja asignación de forraje la proporción de C16:0 y C18:0 bajó y aumentó la de C16:1 ($P<0.05$), C18:1 ($P<0.05$) y C18:2 ($P<0.1$) comparados a la suplementación baja de concentrado. Sin concentrados la alta asignación de pastura disminuyó la proporción de AGS ($P<0.001$) y aumentó la proporción de MUFA ($P<0.001$), la proporción de C18:0 disminuyó ($P<0.05$) y aumentó ($P<0.05$) C16: 1 y C18: 1 comparando con asignación de baja pastura. Había pocos efectos de la dieta en la proporción total de PUFA que tendió a aumentar con el primer incremento de concentrados para disminuir ($P<0.05$) con los segundos incrementos. La relación n-6/n-3 para las dietas basadas en pasturas era menor de 3.8 en contraste con los alimentados con concentrado ad limitum que tenían un valor de 5.6. Los triglicéridos intramusculares del grupo alimentado ad libitum con concentrados tenían ($P<0.05$) proporciones de AGS más bajas y ($P<0.05$) más altas de MUFA que los animales de los restantes grupos.

Cuadro 45: Composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular

Ácidos grasos (%)	Pastura (n=10)	Concentrado (n=20)
Lípidos totales	1.68 a ± 0.245	3.18 b ± 0.173
14:0, mirístico	1.64 a ± 0.104	2.17 b ± 0.07
14:1, miristoleico	0.23 a ± 0.025	0.41 b ± 0.01
16: 0, palmitico	21.61 a ± 0.530	24.26 b ± 0.375
16: 1, palmitoleico	2.50 a ± 0.140	3.38 b ± 0.099
18: 0, esteárico	17.74 a ± 0.507	15.77 b ± 0.358
18:1, n-9 oleico	31.54 a ± 0.771	37.28 b ± 0.545
18:2, n-6 linoleico	3.29 c ± 0.217	2.84 d ± 0.154
18:3, n-3 linolénico	1.34 a ± 0.055	0.35 b ± 0.039
CLA ^a c9t11	0.41 a ± 0.023	0.23 b ± 0.016
Total CLA ^b	0.53 a ± 0.031	0.25 b ± 0.022
20: 4, n-6 araquidónico	1.28 a ± 0.027	0.95 b ± 0.069
20: 5, n-3 EPA ^a	0.69 a ± 0.053	0.30 b ± 0.037
20: 5, n-3 DPA ^a	1.04 a ± 0.07	0.56 b ± 0.057
20: 5, n-3 DHA ^a	0.09 ± 0.016	0.09 ± 0.012
AGS ^a	49.08 ± 0.723	47.62 ± 0.511
MUFA ^a	40.96 a ± 0.796	46.36 b ± 0.563
PUFA ^a	9.96 a ± 0.607	6.02 b ± 0.429
PUFA/AGS	0.20 a ± 0.013	0.13 b ± 0.009
n-6/n-3	1.44 a ± 0.109	3.00 b ± 0.077

Fuente: Realini et al. (2004)

Sumida et al., Mendell et al., citados por Duckett y Realini (2002) consideran que la alimentación a granos aumenta el contenido de los ácidos oleico y MUFA en los lípidos. Los tejidos adiposos de los animales terminados a pasturas tienen mayores concentraciones de AGS y PUFA por mayores porcentajes de ácidos esteárico, linoleico y linolénico (Westerling y Hedrick, Williams et al., Marmer et al., Mandell et al., citados por Duckett y Realini, 2002). El tejido muscular de los animales terminados a pasturas contiene mayor porcentaje de ácidos grasos n-3; mientras que los músculos de los animales terminados en base a concentrados, contienen mayor porcentaje de n-6.

Schindler et al. (2004) analizó el efecto del sistema de producción sobre los ácidos grasos, colesterol y grasa intramuscular en el músculo *Longissimus dorsi* en novillos de raza Hereford de *frame* pequeño e intermedio. Los tratamientos efectuados fueron alimentación con pasturas (T1); pasturas con suplementación en otoño-invierno con grano de maíz molido al 0.7% del peso vivo (T2); encierre en corral y ración los últimos

100 días (T3) y engorde a corral desde el inicio de la invernada hasta la faena (T4). La faena se determinó en función del peso final, estado visual de terminación y espesor de grasa dorsal (5 mm como mínimo) medida con ecógrafo. Las reses de los animales en confinamiento tuvieron valores más altos de colesterol ($p < 0,05$). Rosso et al., citados por Schindler et al. (2004) encontraron mayores valores de colesterol en la carne de reses de novillos Aberdeen Angus provenientes de *feedlot*. En el cuadro 46 se pueden observar los valores de trabajos realizados por varios autores. En el cuadro 47 se pueden observar los resultados de los diferentes tratamientos.

Cuadro 46: Resultados obtenidos para los distintos tratamientos

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
AGS	49.86 ± 3.09	49.77 ± 3.89	48.00 ± 2.81
MUFA	41.62 ± 2.49	41.31 ± 2.27	41.70 ± 3.05
PUFA	3.6 ± 1.16	3.99 ± 1.09	5.20 ± 1.12
n-6/n-3	2.08 ± 0.56 a	2.63 ± 1.12 b	3.43 ± 1.22 c
14:0 (Mirístico)	3.70 ± 0.44	3.75 ± 0.70	3.18 ± 0.51
15:0 (Pentacíclico)	0.82 ± 0.08 d	0.78 ± 0.13 de	0.70 ± 0.14 e
16:0 (Palmítico)	30.67 ± 1.91	29.84 ± 2.66	30.20 ± 2.43
16:1 (Palmitoleico)	2.16 ± 0.47	1.94 ± 0.64	1.87 ± 0.54
17:0 (Margárico)	1.21 ± 0.15	1.18 ± 0.16	1.10 ± 0.16
17:1 (Margaricoleico)	0.65 ± 0.08	0.65 ± 0.11	0.66 ± 0.08
18:0 (Estearico)	13.46 ± 2.32	14.22 ± 3.62	12.80 ± 2.54
18:1 (Oleico)	38.81 ± 2.58	38.72 ± 2.09	39.17 ± 2.54
18:2 n-6 (Linoleico)	2.43 ± 0.94	2.84 ± 0.89	3.95 ± 1.01
18:3 n-3 (Linolénico)	1.17 ± 0.29	1.14 ± 0.36	1.25 ± 0.44

Letras diferentes en cada fila indican diferencias ($p < 0.05$).

Fuente: Schindler et al. (2004)

French et al., citados por das Graças et al. (2006) evaluaron el contenido de CLA en la grasa intramuscular de novillos en pastoreo, ensilaje o pasturas con suplementación y demostraron que la disminución de la cantidad de concentrado en la dieta causó un aumento lineal en la concentración intramuscular de CLA.

El contenido de CLA se puede aumentar en diversas estrategias dietéticas (De La Torre et al. 2006, De la Torre, Schmid et al., citados por Scollan et al. 2006). Las dietas con una alta proporción de ácido linolénico en la grasa (pasturas, ensilaje de pasturas, y pasto frescos) durante la terminación, dan lugar a la deposición creciente de CLA *cis*-9, *trans*-11 en el músculo (French et al. 2003, Enser et al., Scollan et al., Shanta et al., citados por Schindler et al. 2004).

Steen y Porter, citados por Scollan et al. (2006) divulgaron que el contenido de CLA *cis-9, trans-11* en músculo y grasa subcutánea de novillos terminados en pasto era tres veces mayor que la de terminados en concentrado y French et al., citados por Scollan et al. (2006) encontraron un aumento significativo en CLA *cis-9, trans-11* en el músculo de novillos pastoreando 85 días comparado con alimentaciones de concentrados, haciendo un promedio de 1.08% y de 0.37% de ácidos grasos totales, respectivamente. Nuremberg et al., citados por Scollan et al. (2006) concluyeron que alimentaciones con pasturas dan lugar a un aumento significativo a partir de 0.50% a 0.75% en los lípidos del músculo de toros Holstein y Simmental comparados con alimentaciones de concentrados.

La proporción de pastura en la dieta (French et al., citados por Scollan et al., 2006) y el largo del tiempo de pastoreo (Noci et al., citados por Scollan et al., 2006) son importantes en la determinación de la respuesta en ácidos grasos de la carne vacuna. French et al., citados por Scollan et al. (2006) encontraron reducciones significativas en la proporción de AGS, 16:0 y 18:0 con pasturas, contribuyendo a cambios beneficiosos en PUFA/AGS (aumento) y n-6/n-3 (disminuye). Razminowicz et al., citados por Scollan et al. (2006) confirmaron éstos efectos del forraje en la carne vacuna y observaron que la carne producida con concentrados en relación con la carne de pasturas tenía cantidades más altas de n – 3 PUFA y resultando en una relación n – 6 / n – 3 constantemente debajo de 2. Los novillos de alimentación con ensilaje y concentrado de maíz dieron lugar a concen.

El grado de hidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico es casi total en dietas con menos de un 70% de concentrado; en cambio, la alimentación intensiva de rumiantes con dietas altamente concentradas 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 (según revision de Doreau y Ferlay, citados por de Blas, 2004).

Cuadro 47: 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: revisión Doreau y Ferlay, citados por de Blas (2004)

La semilla de girasol o aceite de girasol (rico en 18:2 n-6) puede aumentar la concentración de 18:2 n-6 en el tejido pero con un aumento indeseable asociado a la

relación n- 6 / n-3 (Garcia et al., Noci et al., citados por Scollan et al., 2006). La inclusión dietética de 18:3 n-3 generalmente también aumenta la concentración de EPA (Scollan et al., citados por Scollan et al., 2006).

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN, SUELOS Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo se realizó en la Unidad Experimental Glencoe, perteneciente a la Estación Experimental INIA Tacuarembó. Se realizaron dos experimentos, el experimento 1 desde el 21 de abril al 17 de setiembre de 2004, y el experimento 2 desde principios de abril hasta el 10 de diciembre de 2005. La Unidad Experimental se encuentra en el departamento de Paysandú (Uruguay), ubicada en la región ganadera basáltica a 32° 00' 24'', latitud sur, 57° 08' 01'' longitud oeste y 124 metros sobre el nivel del mar.

Los suelos pertenecen a la Unidad "Queguay Chico" sobre la formación basáltica, predominando el superficial negro, superficial pardo rojizo y profundos, que ocupan el 37, 33 y 30% respectivamente.

El experimento 1 se llevo a cabo en el potrero 15 y el experimento 2 en el en la picada 2 (campo natural) y el M5 (Mejoramiento) (Anexo 1), presentan suelos de uso pastoril con vegetación de pradera invernal de tapiz bajo y ralo, a veces algo abierto (en suelos asociados). La rocosidad y/ o pedregosidad oscilan de 5 a 10% de la superficie.

Los suelos dominantes (ocupan de 50 a 75% de la superficie) son Litosoles Eútricos Melánicos de color negro a pardo oscuro y a veces pardo rojizo y rojo (ródicos) y Brunosoles Eutricos Típicos de profundidad moderada (Praderas Negras mínimas y Regosoles) y superficiales (Regosoles). Las características de los suelos son color pardo muy oscuro a negro, textura franco arcillo limosa, gravillas de basalto en todo el perfil, alta fertilidad natural y moderadamente bien drenados. También existen Vertisoles Háplicos de profundidad moderada (Grumosoles). Son suelos de color negro y textura arcillo limosa a arcillosa en todo el perfil con gravillas de basalto, de alta fertilidad natural y moderadamente bien drenados en una profundidad de 30cm.

Los suelos asociados que ocupan de 25 a 50% de la superficie son Litosoles Subeútricos Melánicos de textura franca, generalmente muy superficiales (10cm), ródicos (Litosoles rojos) con una profundidad de hasta 30cm; son de textura franco imosa a francos arcillosa, con gravillas de basalto en todo el perfil y bien drenados. Se ubican bican fundamentalmente en las lomadas y colinas de mayor pendiente y en los interfluvios y escarpas asociadas. Los Brunosoles y Vertisoles se encuentran en las laderas, donde las pendientes son más suaves.

3.2 INFORMACIÓN CLIMÁTICA

El siguiente cuadro presenta la información de los registros pluviométricos anuales y promedios mensuales de la serie histórica de la Unidad Experimental Glencoe (1997-2004).

Cuadro 48: Registros pluviométricos anuales y mensuales (mm)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
Precipitación anual (mm)	916	1881,8	1018	1316	1578	2977	1034	542
Promedio mensual (mm)	76	157	85	110	132	248	86	45

* promedio de enero a setiembre.

Fuente: Elaboración propia (Mediante la utilización de LOGGER DELTA-T)

A continuación se presentan los registros pluviométricos del periodo en que se realizó el experimento 1 en relación a los registros de la misma serie histórica.

Cuadro 49: Registros pluviométricos durante los meses del experimento.

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Set.	Total
Precipitaciones (2004)	161,2	76,2	38,4	73,2	27,8	3,8	380,6
Promedio 97-03	164,1	122,4	135,8	103,6	73,9	107,3	707,3

Fuente: Elaboración propia (Mediante la utilización de LOGGER DELTA-T)

Según lo visto podemos observar que fue un año donde las precipitaciones estuvieron en un 46% por debajo de la media de la serie histórica (1997-03).

Cuadro 50: Registros de temperatura mínima (min) y máxima (max) promedio, valores mínimos y máximos de la serie histórica y para el primer periodo experimental.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Prom 97-03	2004
Min (°C)	-1,68	0,62	0,02	0,70	-0,05	-1,77	-2,29	-0,64	-0,05
Max (°C)	29,53	25,81	27,93	27,70	27,86	28,09	28,79	27,96	29,25
Mín (°C)	-4,66	-1,14	-4,06	-2,36	-3,84	-6,19	-6,48	-4,10	-5,59
Máx (°C)	33,92	27,69	30,56	32,05	30,71	33	33,81	31,68	37,39

Fuente: Unidad Experimental "Glencoe" (LOGGER DELTA-T)

Comparando las temperaturas mínimas y máximas, vemos que 2004 fue un año promedio, de acuerdo a los datos obtenidos de la serie histórica (1997-2003).

3.3 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Se realizaron dos experimentos, el primero se llevó a cabo durante el otoño e invierno de 2004 y el segundo durante otoño e invierno de 2005, realizándose suplementaciones otoño- invernales e invernales. Se utilizaron 70 animales, siendo 35 novillos Hereford y 35 novillos Braford, nacidos en primavera de 2002 (entre 18 y 20 meses de edad). Antes de comenzar el experimento 1 se dosificó a los animales con Ivermectina para el control de parásitos gastrointestinales. En el mes de agosto se realizó un baño por aspersión para el control de parásitos externos (garrapatas).

Experimento 1

Comenzó en abril de 2004 hasta setiembre del mismo año. El peso de los animales al inicio del experimento oscilo entre 190 y 300 Kg con un promedio de 240 Kg. La carga al inicio del experimento fue de 0.8 UG/ha.

La dieta consistió en campo natural diferido (dieta base) con disponibilidades iniciales superiores a los 3000 Kg MS/ha, y suplementación con expeller de girasol (suplemento proteico) al 0.5 % del peso vivo y afrechillo de arroz (suplemento energético-proteico) al 1 % del peso vivo. El manejo de pastoreo fue continuo, manejando parcelas de 5.5 ha por tratamiento.

La suplementación otoñal se realizó durante 70 días, entre el 21 de abril y el 30 de junio y la invernal comprendió un periodo de 79 días entre el 1 de julio y 17 de setiembre. Durante todo el periodo a los animales se les suministro agua a voluntad, con bebederos.

Se realizaron 5 tratamientos (cuadro 51) con dos repeticiones cada uno, en los cuales había 14 animales (7 Hereford y 7 Braford) adjudicados al azar en cada tratamiento. Cada repetición representaba un bloque donde el bloque 1 se encontraba sobre suelos superficiales y el bloque 2 sobre suelos profundos.

Cuadro 51: Tratamientos realizados según las estaciones

Tratamiento	Otoño	Invierno
1	Testigo	Testigo
2	Testigo	Expeller de girasol
3	Testigo	Afrechillo de arroz
4	Expeller de girasol	Expeller de girasol
5	Afrechillo de arroz	Afrechillo de arroz

Experimento 2

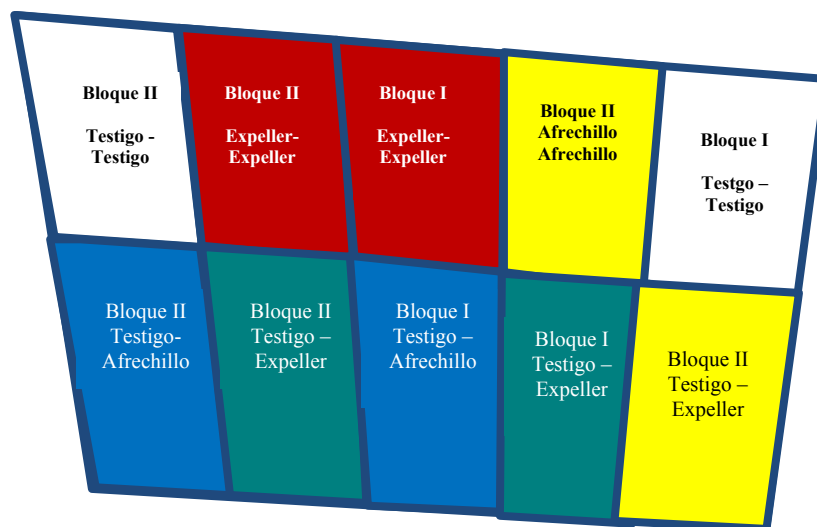
Luego de terminado el primer periodo de estudio los animales permanecieron pastoreando campo natural sin suplementación hasta abril de 2005 donde comenzó la segunda etapa de evaluación. Al comienzo de esta etapa los animales presentaron un peso promedio de 412 Kg.

Durante esta fase los animales fueron divididos en dos grupos, un grupo siguió pastoreando campo natural y se les suplementó con afrechillo de arroz a razón del 1% del peso vivo, el otro grupo fue a un mejoramiento de campo de trébol blanco y lotus corniculatus, sin ser suplementados. Los animales permanecían en los tratamientos hasta lograr el peso vivo (480Kg) y espesor de grasa, (5 a 8 mm) necesarios para ser faenado, registrándose un total de tres faenas, (27 de julio, 10 de octubre y 10 de diciembre).

3.3.1 Área experimental

La superficie total del potrero del ensayo 1 era de 55 ha, las cuales fueron divididas en dos bloques de igual superficie, delimitados por alambrado eléctrico. Cada bloque fue subdividido en 5 parcelas de 5.5 ha cada una (figura 8). En cada parcela se manejó el mismo número de animales en todo el periodo (7 novillos / parcela).

Figura 8: Croquis del potrero



3.3.2 Suplementación

A cada tratamiento correspondiente del ensayo 1, se le suministro diariamente expeller de girasol o afrechillo de arroz a razón de 0.5 y 1 % del peso vivo respectivamente. Los porcentajes fueron determinados de manera que la suplementación fuera isoproteica y de esta forma la diferencia se diera en el nivel energético (ver cuadro 52). Durante el ensayo 2 se le suministró diariamente a los animales afrechillo de arroz a razón del 1% del peso vivo (Cuadro 52).

Cuadro 52: Composición química de los suplementos

Suplemento	% MS	PC	FDA	ENG
Expeller de girasol	90.83	36.28	25.69	
Afrechillo de arroz	89.20	15.16	13.75	1.37

Fuente: Cozzolino (2000)

3.4 DETERMINACIONES DEL EXPERIMENTO A NIVEL DE CAMPO

3.4.1 Pasturas

Las determinaciones realizadas a nivel de campo sobre las pasturas corresponden al ensayo 1.

3.4.1.1 Disponibilidad

La disponibilidad de forraje ofrecido se determino al comienzo del experimento y cada 28 días, con líneas de 3 metros realizando 4 líneas por parcela en cada muestreo. La altura se midió con una regla graduada cada 14 días, realizándose 20 mediciones por parcela.

De las 4 líneas (ofrecido) por parcela, luego de pesar cada una en verde, se juntaron en 1 pool de forraje. El mismo se mezcló de manera tal que cada submuestra contenga fracciones de cada una de las 4 líneas. Del pool resultante se sacaron 2 submuestras, las que se pesaron individualmente y luego fueron secadas a estufa a 60°C 24 horas aproximadamente hasta peso constante para estimar porcentaje de materia seca.

3.4.1.2 Composición botánica

Para la determinación de la composición botánica se utilizaron 2 submuestras del pool, cada una de las cuales se separo en forraje verde y seco. Dentro del forraje verde se

separo en tallo, hoja e inflorescencia. Estas fracciones se pesaron en verde, para luego ser secadas a 60° hasta peso constante para determinar su peso seco.

3.4.1.3 Valor nutritivo

A las muestras obtenidas se le realizo una molienda en molino Willey. Luego el material molido de cada muestra fue embolsado y etiquetado para posteriormente ser enviado y analizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela. En el cual se determino: Proteína Cruda (PC) por el método de Kjeldhal (1984), con un analizador Tecator 1030, Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica (DMO) por el método de Tilley Terry (1963), Fibra Detergente Acida (FDA) y Fibra Detergente Neutra (FDN), por el método de Van Soest (1960) y cenizas mediante incineración a 300°C durante tres horas.

3.4.2 Animales

Las determinaciones de peso vivo corresponden a ambos experimentos, el resto de las mediciones se realizaron únicamente en el ensayo 1.

3.4.2.1 Peso vivo

Se midió el peso lleno de los novillos al iniciar el experimento y posteriormente cada 14 días hasta finalizar el mismo. El peso vacío se determino al inicio y fin de cada estación con 12 horas aproximadas de ayuno.

3.4.2.2 Condición corporal

Se determino al inicio del ensayo y cada 14 días, coincidiendo con las pesadas de peso vivo lleno. Fue utilizada una escala subjetiva con un rango de 1 a 8 puntos.

3.4.2.3 Características de la canal

Se tomaron mediciones del área de ojo de bife (12ª y 13ª costilla), espesor de grasa subcutánea (12ª y 13ª costilla) y cuadril (P8) cada 28 días, mediante el uso de ultrasonografía; utilizándose un ecógrafo Aloka 550K. Las imágenes se almacenaban para su posterior procesamiento informático.

3.4.2.4 Altura de anca

Coincidiendo con las mediciones de ultrasonido se midió la altura del anca con una regla graduada apropiada para dicho fin.

3.4.2.5 Manejo sanitario

Se realizaban muestreos coprológicos para la determinación de parásitos gastrointestinales a 8 animales de cada tratamiento seleccionados al azar al inicio del experimento, repitiéndose cada 28 días a los mismos animales. Dichas muestras eran enviadas al Laboratorio de Sanidad Animal de INIA Tacuarembó para ser analizadas. El procedimiento para estimar la concentración de parásitos gastrointestinales fue el conteo de huevos por gramo de materia fecal (HPG).

3.5 DETERMINACIONES A NIVEL DE FRIGORÍFICO

Las determinaciones realizadas a nivel de frigorífico y a nivel de laboratorio corresponden al experimento 2.

3.5.1 Datos registrados en la planta de faena

Dentición: es una forma indirecta de medir la edad del animal. Su determinación es a través de la cantidad de dientes permanentes.

Grado de Conformación I.N.A.C.: evalúa la relación carne-hueso de la res. Se clasifica con las letras de la sigla INACUR, donde I es la relación óptima y R la más deficiente. Las reses tipificadas como **I** son las que muestran un gran desarrollo muscular en todas las regiones anatómicas, correspondiendo a reses cilíndricas, largas y de aspecto compacto. Presentan líneas convexas y un excelente arqueado de costillas, lo que las hace anchas y profundas en las regiones de mayor valor (dorso-lomo). Las reses tipificadas como **R** presentan una marcada carencia muscular, y sus contornos aparecen muy deprimidos, ahuecados, siguiendo prácticamente la línea del esqueleto, que es apreciable en todas sus partes (Instituto Nacional de Carnes, 1982) (ver Anexo 2).

Grado de Terminación I.N.A.C.: evalúa la relación carne-grasa de la res. Se clasifica con los valores numéricos 0, 1, 2, 3, 4. Las reses agrupadas en el grado **4** presentan una cobertura excesiva de grasa y las reses de grado **0** presentan una cobertura muy escasa o carencia total (Instituto Nacional de Carnes, 1982) (ver Anexo 2).

Peso de la canal caliente: es el peso de la media res en 2ª balanza. Se obtiene luego de finalizado el proceso de faena (Robaina, 2002).

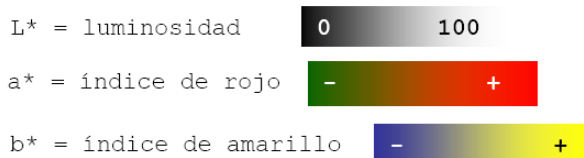
3.5.2 Datos registrados en el cuarteo

Peso de la canal fría: se obtiene después de un periodo de refrigeración que promedia entre 18 y 24 horas (Robaina 2002, Guardia et al. 2004).

pH: las medidas se realizaron a la altura de la 10-11^a costilla, accediendo al músculo en forma perpendicular y en dirección caudo-craneal.

Color de músculo y color de grasa intramuscular: las lecturas se realizaron sobre el *Longissimus dorsi*. Por medio del colorímetro MINOLTA (modelo C-10) se tomaron tres medidas por animal para obtener un valor promedio del color de músculo y una medida para el color de grasa. Cada lectura está compuesta por tres parámetros: L*, a* y b*. El parámetro L* es el brillo y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco); a* corresponde a las tonalidades de rojo, donde los valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde; b* mide el grado de amarillamiento, siendo amarillo los valores positivos y azules los negativos (Figura 9).

Figura 9: Parámetros de medición de color



Espesor de grasa subcutánea: se midió con una regla milimetrada, en la región media de la costilla.

Área de ojo de bife: fue trazada en un acetato y medida con cuadrícula USDA.

Grado de marmoreo: luego de enfriadas las canales se evaluó por apreciación visual, de acuerdo al Sistema de Clasificación de Calidad de Canales del Departamento de Agricultura de EE.UU (Beef Quality Grades, USDA) según el grado de grasa intramuscular, (ver figura 10).

Figura 10: Grado de marmoreo



Cuadro 53: Escalas de marmoreo

	Marmoreo	Valor
D	Desprovisto	00 – 99
Pd	Prácticamente desprovisto	100 – 199
Tr	Trazas	200 – 299
Sl	Leve	300 – 399
Sm	Poco	400 – 499
Mt	Modesto	500 – 599
Md	Moderado	600 – 699
Sl A	Levemente abundante	700 – 799
Md A	Moderadamente abundante	800 – 899
A	Abundante	900 – 999

Madurez esquelética: es una clasificación basada en el estado fisiológico a nivel óseo y cartilaginoso. Los cartílagos evaluados para determinar madurez fisiológica de las canales vacunas son aquellos asociados con el espinazo, excepto la cervical (pescuezo). La escala de madurez avanza de A hacia E, progresivamente a medida que la osificación se vuelve evidente. Las costillas son redondas y rojas en el grado de madurez A, mientras que en el grado E son anchas y chatas. Las diferentes categorías de madurez esquelética para las condiciones de Estados unidos varían de acuerdo a la edad cronológica (ver Anexo 3).

La clasificación de canales vacunas según USDA esta basada en grados de grasa intramuscular y grados de madurez. Este sistema valoriza las canales en diferentes grados de calidad (Cuadro 54, Anexo 4).

Cuadro 54: Clasificación de las canales según USDA

USDA Quality Grade
Prime
Choice
Select
Standard
Comercial
Utility
Cutre

A nivel de frigorífico se clasificó el grado de madurez en la región torácica y de botón torácico.

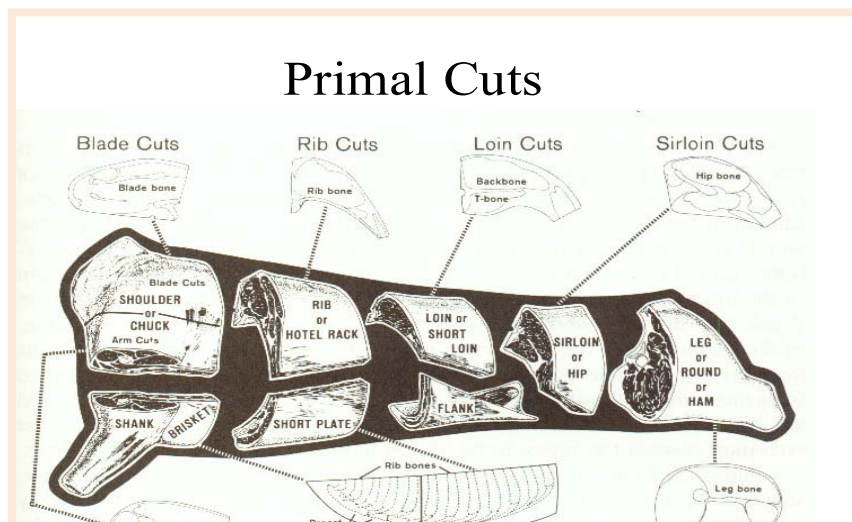
Cortes: en el desosado, se registró el peso de los principales cortes tipo Inglaterra que se definen por tener 5% de grasa y/o 10 mm de grasa en el corte final y la proporción de cortes valiosos. Se identificaron los siguientes cortes: lomo, bife, cuadril, nalga AD, nalga AF, bola, colita, tortuga ban, garrón, recortes, grasa y huesos.

La Comunidad Europea define estándares en cortes traseros exigiendo para los distintos cortes determinado pH, calibre (Kg y cobertura de grasa) (cuadro 55, Figura 11).

Cuadro 55: Estándares en cortes traseros

Corte	pH	Calibre (Kg.)	Cobertura de grasa (mm)
Bife	≤ 5.8	≥ 3.20	≥ 5
Lomo	≤ 5.8	≥ 1.36	≥ 5
Cuadril	≤ 5.8	-----	≥ 5

Figura 111: Esquema de los principales cortes



3.6 DETERMINACIONES DEL A NIVEL DE LABORATORIO

Los bifes extraídos de la 10-13ª costilla fueron madurados 1, 7 y 14 días a una temperatura de 2 a 4 °C en el laboratorio de Ciencia de la Carne en INIA Tacuarembó. Un bife extra fue removido para medición de ácidos grasos en LATU.

3.6.1 pH

El pH de los músculos referidos fue medido usando un pH-metro de mano a las 48 horas con un terminal diseñado específicamente para su inserción dentro del músculo *Longissimus dorsi* y calibrado con 2 buffers pH (4 y 7). El terminal es lavado con alcohol, y entre usos con agua.

Las muestras de los períodos de maduración definidos anteriormente son homogeneizadas en solución buffer de sucrosa y el pH fue determinado en dicha solución de sucrosa y carne. Esto constituye el procedimiento standard de laboratorio para medir pH del músculo.

3.6.2 Color

El color de los diferentes músculos fue determinado por evaluación objetiva, con el uso de un colorímetro MINOLTA (modelo C-10) a los 2, 7 y 14 días de maduración. Las lecturas con el colorímetro se tomaron por triplicado en cada músculo, utilizando el promedio de ellas.

3.6.3 Fuerza de corte

Estas determinaciones fueron hechas en bifes (2.54 cm de espesor), de los músculos de referencia a los 2, 7 y 14 días de maduración. Los bifes se descongelaron por 18-24 h a 2 °C y cocinados en baño maría por inmersión en agua a 75 °C por 90 minutos. La temperatura interna se controló usando termocuplas tipo E ubicadas aproximadamente en el centro geométrico del bife. Los bifes congelados, enfriados y cocidos fueron pesados, registrándose la temperatura inicial, final y el tiempo de cocción. Después de cumplida esta etapa, 6 cortes (1.27 cm) fueron removidos en forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras del músculo y cortados con instrumento de corte Warner-Bratzler. El promedio de esos 6 cortes será considerado como el valor de corte (shear force) para dicho bife.

Cizalla Warner-Bratzler (Laboratorio INIA Tacuarembó).



3.6.4 Ácidos grasos

La determinación de ácidos grasos será realizada por cromatografía de gases, con extracción de lípidos por procedimiento de Folch et al. (1957). El contenido de vitamina E se determinará por HPLC siguiendo el procedimiento de Liu et al. (1996) en el laboratorio de Biotecnología de INIA Las Brujas.

3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental consistió en un análisis de varianza de tres vías con repetición para el experimento 1, donde las variables analizadas fueron tipo y momento de suplementación (tratamiento), biotipo y bloque. Los tipos de alimentos fueron; dentro de la suplementación, afrechillo de arroz, expeller de girasol y sin suplemento (testigo), sobre campo natural, y el momento, otoño e invierno, dentro de los biotipos se consideró a las razas Hereford y Braford y dentro de los bloques, bloque 1 como suelo superficial y bloque 2 como suelo profundo. Como resultado se obtuvieron cinco tratamientos; el testigo para todo el período, testigo en otoño y con afrechillo de arroz en invierno, testigo en otoño con expeller de girasol en invierno, afrechillo de arroz en todo el período y expeller de girasol en todo el período.

Para el experimento 2, el diseño experimental consistió en un análisis de varianza de dos vías con repetición para el experimento 2. Consistió en ver el efecto de la suplementación previa a la faena. En este caso las variables en estudio fueron el tipo de alimentación (pastoreo en campo natural mas suplementación y pastoreo sobre mejoramiento de campo) y el biotipo animal (raza Hereford y Braford).

Experimento 1: Análisis de varianza de tres vías con repetición

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : resultado de la combinación (en unidades de producto) de los efectos del i-ésimo tratamiento, j-ésima raza, k-ésimo bloque

μ : media general del experimento.

α_i : efecto aleatorio del tratamiento, distribuido normalmente con media 0 y varianza σ_{α}^2 y los α_i independientes.

β_j : efecto aleatorio de la raza, distribuido normalmente con media 0 y varianza σ_{β}^2 y los β_j independientes.

δ_k : efecto aleatorio del bloque, distribuido normalmente con media 0 y varianza σ_{δ}^2 y los δ_k independientes.

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto aleatorio de la interacción entre tratamiento y bloque, distribuido normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{\alpha\beta}^2$ y los $(\alpha\beta)_{ij}$ independientes.

$(\alpha\delta)_{ik}$: efecto aleatorio de la interacción entre tratamiento y raza, distribuido normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{\alpha\delta}^2$ y los $(\alpha\delta)_{ik}$ independientes.

$(\beta\delta)_{jk}$: efecto aleatorio de la interacción entre raza y bloque, distribuido normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{\alpha\beta}^2$ y los $(\alpha\beta)_{jk}$ independientes.

$(\alpha\beta\delta)_{ijk}$: efecto aleatorio de la interacción entre tratamiento, raza y bloque, distribuido normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{\alpha\beta}^2$ y los $(\alpha\beta\delta)_{ijk}$ independientes.

ϵ_{ijk} : efecto aleatorio del error experimental

Experimento 2: El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ij} : resultado de la combinación (en unidades de producto) de los efectos del i-ésimo tratamiento y j-ésima raza.

μ : media general del experimento.

α_i : efecto aleatorio del tratamiento, distribuido normalmente con media 0 y varianza σ_{α}^2 y los α_i independientes.

β_j : efecto aleatorio de la raza, distribuido normalmente con media 0 y varianza σ_{α}^2 y los β_j independientes.

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto aleatorio de la interacción entre tratamiento y raza, distribuido normalmente con media 0 y varianza $\sigma_{\alpha\beta}^2$ y los $(\alpha\beta)_{ij}$ independientes.

ϵ_{ijk} : efecto aleatorio del error experimental.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PASTURA Y EL SUPLEMENTO

4.1.1 Disponibilidad del forraje

Según Risso (1981a), Carámbula (1996) la disponibilidad es la cantidad de alimento que se le ofrece a los animales y explica su comportamiento posterior. Incluye las partes aéreas de las plantas comprendiendo el forraje vivo y muerto (Korte et al., citados por Carámbula, 1996). Se expresa en Kg de materia seca u orgánica (por hectárea o individuo) ofrecido a los animales en un momento dado (Carámbula, 1996).

Sobre Basalto la mayor producción de forraje del campo natural es en primavera y verano (15 a 20 Kg. MS/ha/día), seguidas por el otoño (6-11 Kg. MS/ha/día) e invierno (6-8 Kg. MS/ha/día) (Berretta y Bemhaja 1998, Berretta et al., citados por Pigurina et al. 1998).

Tomando tasas de crecimiento de forraje otoñales de 12.3 KgMS/ha/día para suelos profundos y 10.6 KgMS/ha/día en superficiales y tasas de crecimiento invernales de 7.2 KgMS/ha/día en suelos profundos y 6.1 KgMS/ha/día en superficiales, la disponibilidad de forraje en otoño sería de 1107 KgMS/ha para suelos profundos, 954 KgMS/ha en suelos superficiales y en invierno de 648 KgMS/ha en profundos y 549 KgMS/ha en superficiales (Berretta y Bemhaja, 1998c).

La cantidad de forraje depende del crecimiento estacional y las condiciones climáticas. El pastoreo diferido permite incrementar disponibilidad de pastura en momentos críticos (invierno) (Pigurina et al., 1998).

La base forrajera utilizada para el ensayo fue campo natural (sobre suelos de basalto superficial y profundo) diferido, con disponibilidades al inicio del ensayo superiores a los 3000 Kg. MS/ha. Las precipitaciones anteriores al mes de abril, desde enero del 2004 hasta la fecha de comienzo del ensayo fueron escasas, por debajo del promedio registrado para esta zona; registrándose un promedio mensual de 50 mm, con un máximo de 81 mm en febrero y un mínimo de 24 mm en enero.

Los datos de disponibilidad de materia seca del experimento presentaron errores de muestreo, haciendo que fueran sobreestimados, no coincidiendo con los datos citados en la bibliografía consultada. Dichos datos se presentan en el análisis para poder apreciar si existen diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos y bloques, pero no serán tomados en cuenta para el análisis de resultados.

En el Cuadro 56, se presenta la disponibilidad de forraje (KgMS/ha) estacional y total por bloque y tratamiento y en el Cuadro 57 la disponibilidad de forraje mensual (KgMS/ha) bajo el efecto de los mismos factores. Como se puede apreciar, no se presentaron diferencias significativas en ningún momento del experimento para los factores evaluados. Lo que se puede destacar es que la disponibilidad de forraje a medida que avanzaba el periodo experimental disminuía.

Cuadro 56: Disponibilidad de forraje (KgMS/ha) estacional y total

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Otoño	3971.3	4795.6	ns	4571.9	4353.4	4300.6	4402.5	4199.1	ns
Invierno	2685.4	2941.8	ns	2897.2	2297.6	3238.6	2731.8	2902.7	ns
Total	3199.8	3668.9	ns	3567.1	3119.9	3663.4	3400.1	3421.3	ns

Referencias: ns = no significativo. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Cuadro 57: Disponibilidad de forraje (KgMS/ha) mensual

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	3720,0	4563,7	ns	3796,8	4521,8	4290,3	3827,6	4273,0	ns
Junio	4222,6	4955,6	ns	4844,2	3735,4	4310,9	4977,3	5077,7	ns
Julio	2672.6	2724.2	ns	2170.4	2461.4	3213.6	2476.1	3170.5	ns
Agosto	3007,1	3466,3	ns	3394,5	2675,8	3304,2	3811,9	2997,1	ns
Setiembre	2634,8	2376,6	ns	3126,9	1755,7	3198,0	1907,4	2540,6	ns

Referencias: ns = no significativo. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

No se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) de disponibilidad de forraje entre los diferentes tratamientos en los meses de ensayo.

4.1.2 Altura del forraje

La altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo y es la variable más simple para predecir la respuesta animal y de la pastura en pastoreos continuos (Hodgson, citado por Carámbula, 1996). Generalmente, a mayor altura, mayor

es el consumo animal debiéndose destacar que en pasturas demasiado cortas o demasiado altas pueden existir limitantes para el consumo (Hodgson, citado por Carámbula, 1996). Con alturas de 10 a 15 cm y disponibilidades no menores a los 2500 KgMS/ha se logra el máximo consumo de forraje por parte de los animales en pastoreo (Rovira, 1996).

El cuadro 58 presenta el promedio estacional y de todo el periodo experimental de la altura del forraje disponible y en el cuadro 59 y figura 12, la evolución de la altura disponible de forraje según bloque y tratamientos. Se puede observar un efecto ($P < 0.01$) del tipo de bloque, siendo mayor el promedio de altura en el bloque 2. Entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 58: Altura de forraje disponible (cm) estacional medido con regla graduada (cm) por estación y todo el periodo experimental, según bloque y tratamiento

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Otoño	7.6 b	10.3 a	**	8.8	8.9	9.0	8.4	9.6	ns
Invierno	8.0 b	10.0 a	**	8.9	8.9	8.8	9.6	8.7	ns
Total	7.8 b	10.1 a	**	8.9	8.9	8.9	9.2	9.1	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, ** = $P < 0.01$. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Cuadro 59: Altura de forraje mensual disponible medido con regla graduada (cm)

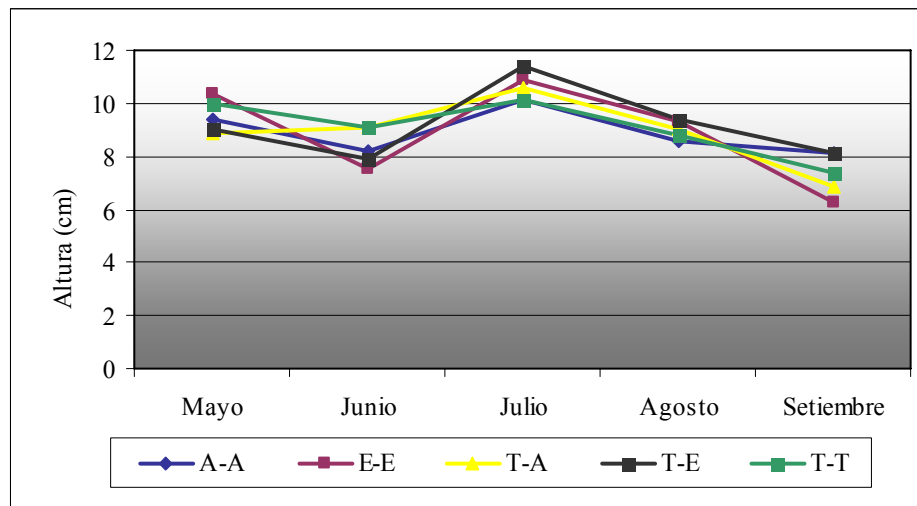
	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	8.1 a	11.0 b	*	9,4	10,4	8,9	9.0	10,0	ns
Junio	7.1 b	9.6 a	*	8,2	7,5	9,1	7,9	9,1	ns
Julio	10,2	11,1	ns	10,1	10,9	10,6	11,4	10,1	ns
Agosto	7,3 b	10,7 a	**	8,6	9,3	9	9,4	8,8	ns
Setiembre	6,5	8,2	ns	8,2	6,3	6,8	8,1	7,4	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, * = $P < 0.05$. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Según lo establecido por Rovira (1996) el promedio de altura se mantuvo por debajo de lo requerido para lograr un máximo consumo de pasturas en todos los tratamientos y en el bloque 1; en el bloque 2 el valor promedio de altura se mantuvo en el límite inferior (10 cm).

Observando el cuadro podemos ver las diferencias en altura entre bloques debido a las diferencias entre suelos superficiales y profundos. Esto coincide con lo citado en la bibliografía, donde en los suelos profundos las pasturas presentan mayores tasas de crecimiento de forraje y por lo tanto mayor altura.

Figura 12: Evolución de la altura disponible del forraje durante el periodo experimental



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Como puede apreciarse en la figura 12, la altura promedio presentó similar evolución en todos los tratamientos.

En conclusión las disponibilidades de forraje ya sean medidas por cortes o estimadas por la altura no presentaron diferencias entre los tratamientos durante todo el experimento; por otro lado si existió diferencias esperadas entre los bloques cuando se estimó la disponibilidad a través de la altura a favor de el bloque 2 (parcelas con mayor % de suelo profundo).

4.1.3 Composición botánica del forraje

En los cuadros 60 y 61 se observan las proporciones (%) de restos secos y material verde de las pasturas en cada mes del periodo experimental según el efecto del tipo de bloque y tratamiento.

Cuadro 60: Proporción de restos secos (RS, %) de la pastura por mes

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	70.5a	65.7 b	*	69.8	67.4	67.5	71.5	63.9	ns
Junio	76.5a	71.8 b	*	73.4	75.4	71.9	73.0	77.0	ns
Julio	79.2	76.3	ns	78.3	74.6	77.4	81.0	77.3	ns
Agosto	75.7b	84.4 a	**	77.8	76.4	80.5	83.4	82.0	ns
Setiembre	78.9	77.9	ns	76.5bc	75.4c	80.9ab	81.8a	77.4abc	*

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Cuadro 61: Proporción de la materia verde (MV, %) de la pastura por mes

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	29.5 b	34.3 a	*	30.2	32.6	32.5	28.5	36.1	ns
Junio	23.5 b	28.2 a	*	26.6	24.6	28.1	27	23	ns
Julio	20.8	23.7	ns	21.7	25.4	22.6	19.0	22.7	ns
Agosto	24.3 a	15.6 b	**	22.2	23.6	19.5	16.6	18.0	ns
Setiembre	21.1	22.1	ns	23.5 ab	24.6 a	19.1 ab	18.2 b	22.6 ab	*

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

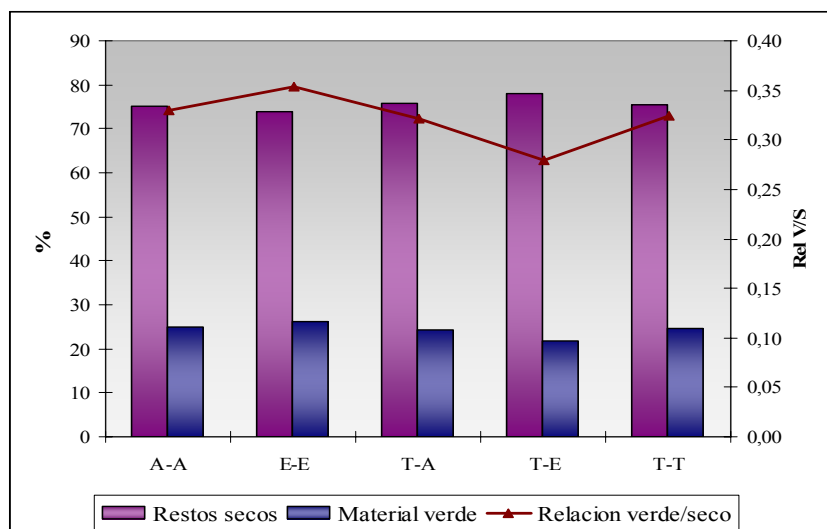
El bloque tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en los meses otoñales (mayo y junio) en la proporción de restos secos y material verde, siendo mayor la cantidad de restos secos en los suelos superficiales (bloque 1). Durante los meses invernales, se

observó una diferencia muy significativa ($P < 0.01$) en el mes de agosto, esto podría explicarse por la diferente capacidad de selección que tienen los animales en los bloques. En el suelo profundo los animales tienen mas capacidad de seleccionar material verde haciendo que la disminución del mismo sea mayor que en el superficial.

Los tratamientos presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el mes de setiembre, sin encontrar una relación entre los tratamientos suplementados y el testigo.

En la figura 13 se observa la proporción (%) de restos secos y material verde promedio y la relación verde seco (Rel. V/S) de todo el periodo. En la misma se puede destacar que la proporción de restos secos fue similar entre los tratamientos, siendo el valor mínimo de 73.8 % para la suplementación con expeller de girasol durante otoño e invierno y el valor máximo de 78.1 para la suplementación con expeller de girasol durante el invierno.

Figura 13: Proporción (%) de restos secos y material verde promedio de todo el periodo experimental según tratamiento



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.1.4 Valor nutritivo del forraje

El valor nutritivo del forraje esta determinado por la digestibilidad y los contenidos de proteína y fibra (Carámbula, 1996), siendo la digestibilidad el parámetro de mayor importancia (Frame y Dickson, citados por Carámbula, 1996).

Pasturas con digestibilidades menores a 50% y niveles inferiores a 7% de proteína pueden provocar problemas nutritivos, especialmente en animales jóvenes (Rovira 1996, Carámbula 1996).

Según Smetham, citado por Garín et al. (1993), Berreta (1998a) el contenido de proteína limita la producción solo cuando el contenido en el forraje disponible se encuentra por debajo de 4 o 5 %.

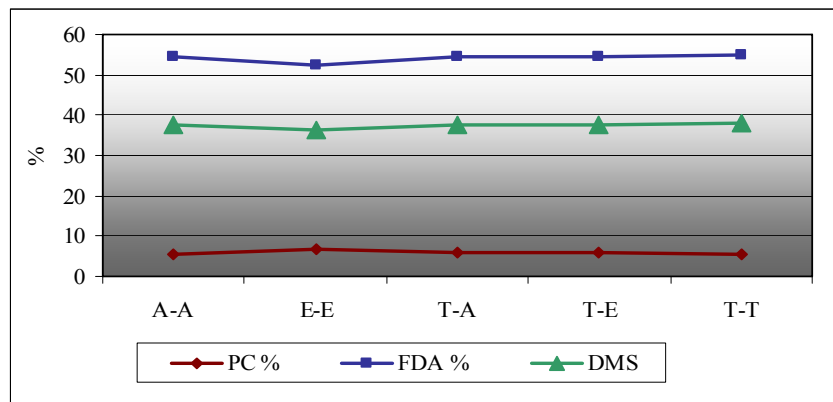
En el cuadro 62 se observa el valor nutritivo promedio de la pastura (digestibilidad de la materia seca, Proteína cruda, Fibra detergente ácido) para todo el periodo experimental según los factores estudiados y en la figura 14 se observa el valor promedio de todo el periodo para cada tratamiento. En el Anexo 5 se observa el valor nutritivo mensual.

Cuadro 62: Valor nutritivo (%) el forraje disponible total según bloque y tratamiento para todo el periodo experimental

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
DMS	37,58	37,38	ns	37,8	36,28	37,74	37,64	37,9	ns
PC	6,04	5,69	ns	5,61	6,72	5,86	6,00	5,60	ns
FDA	54,28	53,95	ns	54,61	52,40	54,50	54,34	54,80	ns

Referencias: ns = no significativo, DMS: Digestibilidad de la materia seca; PC: Proteína Cruda; FDA: Fibra Detergente ácida. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Figura 14: Promedio del valor nutritivo del forraje por tratamiento



Referencias: PC: Proteína cruda; FDA: Fibra detergente ácida; DMS: Digestibilidad de la materia seca.

Al analizar los resultados de DMS, PC y FDA del forraje disponible se encontró que no existió un efecto ($P > 0.05$) del tratamiento ni el tipo de bloque. Si bien se manifestaron diferentes proporciones de restos secos y material verde en algunos momentos del experimento para los dos bloques estudiados (Cuadro 60 y 61), estas diferencias significativas ($P < 0.05$ y $P < 0.01$) no se convirtieron en diferentes valores nutritivos del forraje para dicho factor.

En el Anexo 5 se puede observar que el contenido de proteína aumenta hacia el mes de setiembre y esto puede ser explicado por una mayor presencia de especies invernales que contribuyen a mejorar la calidad del forraje siendo esta la evolución natural de las pasturas sobre basalto.

En el caso de haber un efecto de la proteína en la performance animal, esta no estaría determinada por la pastura, ya que no existen diferencias significativas entre bloques y tratamientos.

La digestibilidad de los tapices sobre Basalto presentan una gran variación (22 a 50%), con los máximos valores en primavera y verano, seguidos por el otoño e invierno (Pigurina et al., 1998). El nivel de proteína de la pastura varía entre 6-13%, registrando los valores máximos en otoño e invierno y los mínimos a principios de verano (Berreta 1998a, Berreta y Bemhaja 1998c, Montossi et al. 1998, Millot y Saldaña 1998).

Los registros de digestibilidad del actual experimento se encuentran dentro del rango considerado por Pigurina et al. (1998). Los niveles de proteína se sitúan en los valores mínimos citados por Berreta (1998a), Montossi et al. (1998), Millot y Saldaña (1998) estando mas referidos a los valores de verano (6%) que a los de otoño e invierno (13%), estos están por debajo del 7% recomendado por Rovira (1996), Carámbula (1996) por consecuencia pueden provocar problemas nutritivos, especialmente en animales jóvenes sino se suplementa con proteína.

Según Sieber y Hunter, citados por Pigurina (1997) al presentar las pasturas un alto contenido de fibra y un bajo contenido de proteína, se espera que exista una respuesta baja al suplementar a los animales con suplementos proteicos y una respuesta media al suplementar con energéticos.

4.1.5 Valor nutritivo del suplemento y consumo de proteína cruda (PC)

En el cuadro 63 se observan los resultados del análisis de valor nutritivo de los suplementos utilizados (Proteína Cruda y Fibra Detergente Ácido) en el presente ensayo.

Cuadro 63: Valor nutritivo de los suplementos utilizados

	Suplemento	
	Afrechillo de arroz	Expeller de girasol
PC	13.56	31.71
FDA	13.98	36.40

Referencias: PC: Proteína Cruda; FDA: Fibra Detergente ácida.

El Afrechillo de arroz se caracteriza por aportar altos niveles de energía por contener altos niveles de extracto etéreo, es considerado un suplemento del tipo de los energético-proteicos. El expeller de girasol es un suplemento proteico debido a los altos valores de proteína que contiene (Cozzolino, 2000).

En el cuadro 64, se muestra el suministro promedio (Kg/animal/día) de afrechillo de arroz (1% del peso vivo) y expeller de girasol (0.5% del peso vivo) para otoño e invierno. La cantidad de alimento que se les proporcionaba a los animales se ajustaba cada 15 días cuando se registraba el peso de los mismos.

Cuadro 64: Cantidad de suplemento suministrado (Kg/animal/día) según otoño e invierno

	Tratamiento				
	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
Otoño	2.54	1.28	0	0	0
Invierno	2.92	1.36	2.58	1.29	0

Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el Cuadro 65 se observa la estimación del consumo de proteína mensual teniendo en cuenta la cantidad de proteína que contenía la pastura y el suplemento, según bloque y tratamiento y en la figura 15 se representa la estimación del consumo de proteína cruda mensual según tratamiento. Se tomó un consumo total de materia seca de 2.5 % de peso vivo.

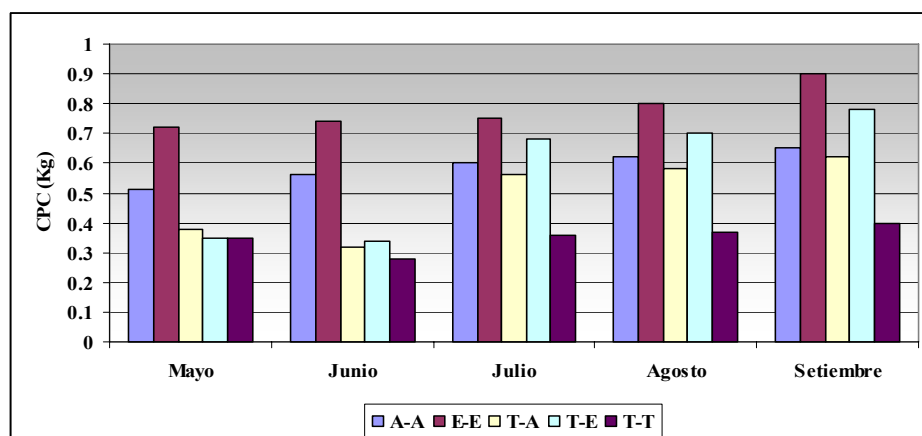
Cuadro 65: Estimación del consumo (Kg.) de proteína cruda mensual según bloque y tratamiento

	Bloque			Tratamiento					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	0.46	0.47	ns	0.51 b	0.72 a	0.38 c	0.35 c	0.35 c	**
Junio	0.43 b	0.47 a	**	0.56 b	0.74 a	0.32 c	0.34 c	0.28 d	**
Julio	0.60	0.58	ns	0.60 c	0.75 a	0.56 c	0.68 b	0.36 d	**
Agosto	0.61	0.61	ns	0.62 c	0.80 a	0.58 d	0.70 b	0.37 e	**
Setiembre	0.69	0.66	ns	0.65 c	0.90 a	0.62 c	0.78 b	0.40 d	**

Referencias: a, b, c, d, e: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$). ns = no significativo, ** = $P < 0.01$. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el cuadro podemos observar que el efecto bloque presentó diferencias ($P < 0.01$) en el consumo de PC solamente en el mes de junio. En cuanto a los tratamientos se vieron diferencias ($P < 0.01$) en todos los meses de estudio, siendo mayor el consumo en los animales que fueron suplementados con expeller de girasol (suplemento proteico). Las variaciones de consumo de proteína en el tiempo se debieron al aumento de peso de los animales y por el contenido de proteína de las pasturas.

Figura 15: Evolución (Kg) de la estimación del consumo de proteína cruda (CPC)



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ANIMALES

4.2.1 Evolución y ganancia de peso vivo durante la recría

El principal factor limitante de la respuesta animal bajo pastoreo en campo natural es el bajo consumo de energía (Pigurina 1989, Ustarróz y De León 2006), la que es levantada con la suplementación. Los suplementos energéticos resultantes de subproductos de granos (afrechillo de arroz) afectan menos la digestión de la fibra por menor alteración al ambiente ruminal (Mieres, 1997) esperándose mejor respuesta en otoño ya que la pastura es más deficiente en energía (Santini y Rearte, 1997). La suplementación proteica tendrá mejor respuesta en pasturas con bajo tenor proteico (<14 %) (Santini y Rearte, 1997).

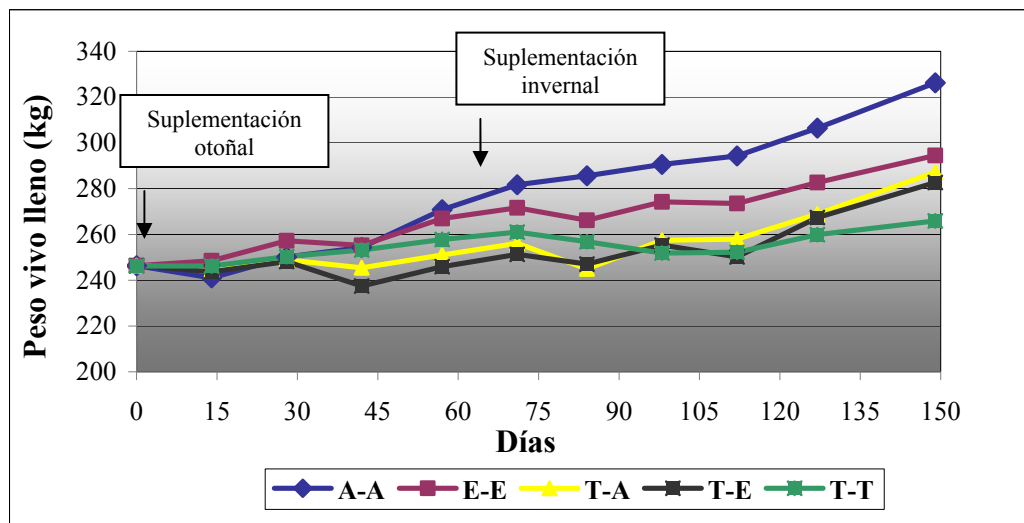
En el cuadro 66 se observa el peso de los animales al inicio del experimento, su evolución y los efectos de raza, bloque y tratamientos. Los animales comenzaron con un peso vivo similar sin embargo en el transcurso del experimento comenzaron a observarse diferencias significativas ($P < 0.05$) por el efecto de los factores estudiados. En la Figura 16 se observa la evolución del peso vivo lleno para cada tratamiento ajustado por el peso vivo inicial.

Cuadro 66: Evolución del peso vivo lleno promedio a través del período experimental

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO				
	B	H	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
21/04	245.8	246.9	ns	246.5	246.2	ns	246,4	246,3	246,4	246,4	246,2
5/05	243.3	246.3	ns	244.1	245.5	ns	241,1	248,5	244,5	243,7	246,2
19/05	249.4	252.5	ns	250.8	251.1	ns	250,2ab	257,3a	248,9ab	248,2b	250,3ab
2/06	240.2b	258.0a	**	247.6	250.6	ns	254,3a	255,2a	245,4bc	237,4c	253,2ab
17/06	252.4b	264.6a	**	255.8 b	261.2 a	*	270,8a	266,9a	251,0bc	245,9c	257,8b
1/07	258.6b	270.1a	**	260.6 b	268.2 a	**	281,7a	271,6b	256,1cd	251,3d	261,0c
14/07	255.3b	265,0a	**	258.8	261.5	ns	285,6a	266,2b	245,0d	247,0d	256,8c
28/07	261.2b	270.6a	**	264.5	267.3	ns	290,6a	274,2b	257,5c	255,4c	251,9c
11/08	261.1b	270.2a	**	263.2 b	268.1 a	*	294,3a	273,5b	257,9c	250,2c	252,2c
26/08	272.4b	281.7a	**	274.3 b	279.9 a	*	306,4a	282,7b	268,9c	267,4cd	259,9d
17/09	285.5b	297.1a	**	288.5 b	294.2 a	*	326,2a	294,5b	287,2bc	282,7c	265,9d

Referencias: a, b, c, y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$. Interacción tratamiento*días: $P < 0.01$. B: Braford, H: Hereford. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol otoño-invierno; T-A: Campo natural otoño y afrechillo de arroz invierno; T-E: Campo natural otoño y expeller de girasol invierno; T-T: Campo natural todo el periodo. Ajustado por peso vivo lleno al inicio del ensayo (21 de abril, 2004)

Figura 16: Evolución del peso vivo lleno (Kg.) a través del período experimental



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol otoño-invierno; T-A: Campo natural otoño y afrechillo de arroz invierno; T-E: Campo natural otoño y expeller de girasol invierno; T-T: Campo natural todo el periodo. Ajustado por peso vivo lleno al inicio (21 de abril, 2004).

En el cuadro 67 se ve el peso de los animales por estación y el promedio durante todo el periodo experimental según los factores estudiados.

Cuadro 67: Evolución del peso vivo lleno promedio por estación y durante todo el periodo experimental según raza, bloque y tratamiento

	Raza			Bloque			Tratamiento					
	B	H	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
O	240.3b	264.4a	**	253.6	251.1	ns	257.5	257.0	250.4	248.2	248.8	ns
I	259.1b	284.9a	**	272.5	271.4	ns	300.7a	277.6b	264.9c	263.1cd	253.7d	**
OI	248.9b	273.7a	**	262.2	260.4	ns	277.1a	266.4b	257.0c	255.0c	251.0c	**

Referencias: a, b, c y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, ** = $P < 0.01$

B: Braford; H: Hereford. O: Otoño; I: Invierno. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

La raza tuvo un efecto significativo ($P < 0.01$) luego de un mes de comenzado el ensayo y se mantuvo hasta el final del mismo, siendo mas pesados los animales de raza Hereford. La diferencia ($P < 0.05$) entre bloques se presentó en algunos meses del ensayo,

pero tomando el promedio estacional no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Observando los promedios mensuales de los pesos se encuentran diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos desde mayo hasta el final del experimento. Sin embargo con los pesos estacionales las diferencias ($P < 0.01$) se presentan únicamente en el periodo invernal. En los promedios de todo el periodo experimental se observan diferencias muy significativas ($P < 0.01$), presentando los mayores pesos los animales suplementados con afrechillo de arroz, seguidos por los de expeller de girasol y en un mismo grupo los animales alimentados durante el periodo invernal y los testigos (alimentados solamente con campo natural).

Al final del ensayo (setiembre) los mayores pesos se registraron en los animales a los cuales se les suministraba suplemento energético-proteico al 1% del peso vivo (afrechillo de arroz, A) durante otoño e invierno (A-A), seguidos por los suplementados con el proteico al 0.5 % del peso vivo (expeller de girasol, E), en todo el ensayo (E-E). Los pesos más livianos se registraron en los animales que solo fueron alimentados sobre campo natural sin suplemento (T-T). Los animales suplementados en invierno únicamente (T-A y T-E) se situaron en una posición intermedia, ambos grupos con pesos similares (Figura 17).

La evolución del peso vivo lleno resulta de las ganancias de peso vivo, las cuales se presentan en el cuadro 68.

Cuadro 68: Evolución de las ganancias de peso vivo promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	B	H	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
O	0.18 b	0.33 a	**	0.20 b	0.31 a	**	0.50 a	0.36 b	0.14 cd	0.07 d	0.21 c	**
I	0.34	0.35	ns	0.36	0.33	ns	0.57 a	0.29 c	0.40 b	0.40 b	0.06 d	**
O-I	0.27 b	0.34 a	**	0.28 b	0.32 a	*	0.54 a	0.32 b	0.27 bc	0.24 c	0.13 d	**

Referencias: a, b, c, y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

B: Braford, H: Hereford; O: Otoño; I: Invierno. 1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Para el efecto raza y bloque se encontraron diferencias significativas en otoño ($P < 0.01$), perdiendo esa significancia en invierno ($P > 0.05$). Cuando se observa todo el

período resalta la diferencia que existió ($P < 0.0.1$) a favor de la raza Hereford y el bloque 2 de suelos profundos ($P < 0.05$). En la raza se podría deber a que los Hereford son de maduración temprana por lo que ganarían mayor peso que los de maduración tardía (Braford) durante esta etapa de crecimiento y en los bloques por la mayor producción de forraje que se obtiene en los suelos profundos.

El promedio total de las ganancias de peso muestran que los animales suplementados durante otoño e invierno (A-A y E-E) presentaron mayores ganancias diarias ($P < 0.01$) que los suplementados en invierno (T-A, T-E) y los que se alimentaron únicamente con pasturas (T-T), siendo estos últimos los que en promedio tuvieron menores ganancias.

Durante el periodo otoñal se ve una clara diferencia entre los animales suplementados (A-A, E-E) y los alimentados únicamente con pasturas. En la suplementación invernal se observa que los suplementados con afrechillo de arroz desde el comienzo del ensayo (A-A) mantuvieron altas ganancias de peso, los de expeller de girasol (E-E) disminuyeron y los de suplementación invernal (T-A, T-E) presentaron un aumento importante comparado con las ganancias otoñales. Los que no consumieron suplemento (T-T) presentaron una baja importante de las ganancias de peso vivo por día.

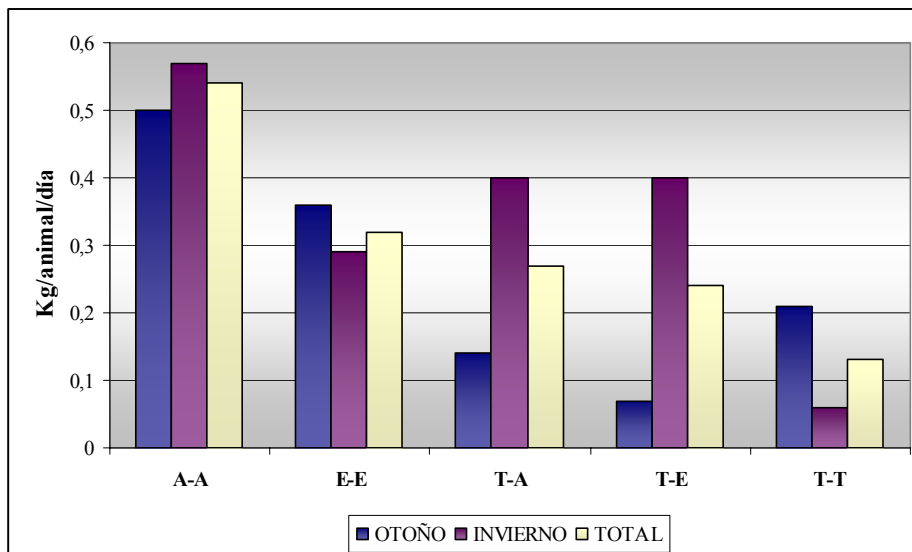
En invierno es importante destacar que con diferentes niveles de proteína, como es el caso de la suplementación invernal con afrechillo de arroz y con expeller de girasol se obtuvieron ganancias de peso iguales. Esto se debe a que la proteína puede no estar determinando el incremento de peso, y que hay otros factores que pueden estar actuando como limitante, por ejemplo la disponibilidad y/o digestibilidad de la materia seca.

Las ganancias de peso vivo para el total de los animales presentó un promedio de 0.25 Kg, con un mínimo de -0.35 y un máximo de 0.79. Las ganancias invernales tuvieron un promedio de 0.34 Kg, con un mínimo de -0.21 y un máximo de 0.87. La ganancia total diaria para todo el periodo de suplementación tuvo un promedio de 0.30 Kg/animal/día, con un mínimo de 0.16 y un máximo de 0.68.

Los efectos de la suplementación concuerdan con los datos de Rovira (2003) donde evaluó el efecto de la suplementación otoñal sobre campo natural utilizando afrechillo de trigo y expeller de girasol al 0.6 % del peso vivo, con una dotación de 2.4 UG/ha donde se encontró que las ganancias diarias mejoraban al utilizar la suplementación.

Lo mismo ocurre cuando se compara con el trabajo realizado por Domestre y Rodríguez, citados por Vaz Martins (1996) que suplementaron con cebada (con concentración de energía similar al afrechillo de arroz) en pasturas de mala calidad y encontraron ganancias aproximadas de 0.556 Kg/día. Quintans (1994c) encontró un efecto favorable al suplementar con afrechillo de arroz, logrando un aumento de en las ganancias diarias.

Figura 17: Ganancia de peso vivo lleno (Kg/an/día) promedio



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el cuadro 69 se presenta la evolución del peso vivo vacío (PVV) de los animales por mes para cada uno de los factores estudiados y en la figura 18 la evolución del peso vivo vacío según tratamiento. El PVV corresponde al peso de los tejidos del animal (Di Marco, 2002) siendo esta una estimación mas precisa, debido a que el peso vivo lleno puede variar según el tipo de alimentación.

Cuadro 69: Evolución del peso vivo vacío promedio a través del período experimental

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
5/05	227.9 b	245.1 a	**	238.6	234.5	ns	233.1	239.3	237.4	237.5	235.4	Ns
14/07	240,7 b	261,9 a	**	251	251	ns	276 a	259 b	240 c	242 c	240 c	**
11/08	247,1 b	269,2 a	**	258	258	ns	286 a	265 b	253 c	246 cd	241 d	**
17/09	266,1 b	289,0 a	**	278	277	ns	313 a	280 b	277 b	268 c	250 d	**

Referencias: a, b, c, y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, ** = $P < 0.01$

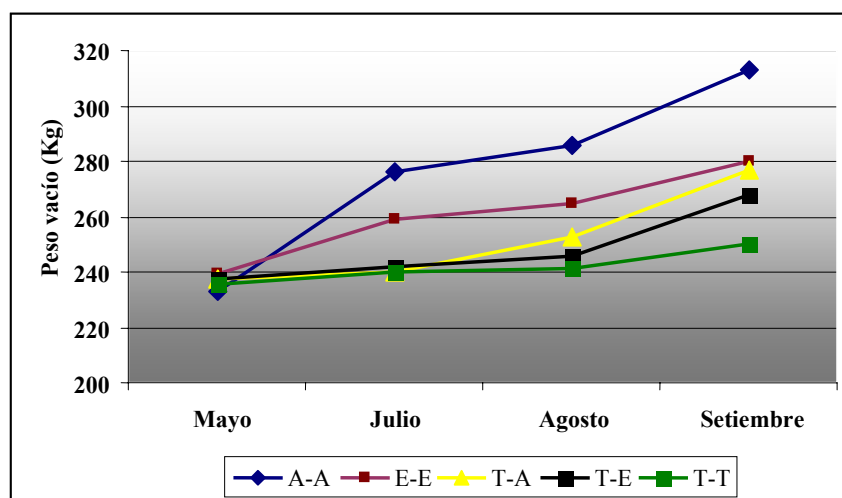
1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno. Ajustado por peso vivo lleno al inicio del ensayo (21 de abril, 2004)

De los factores estudiados el único que no presentó diferencias significativas fue el efecto bloque. En cuanto a la raza se encontraron diferencias ($P<0.01$) a favor de la raza Hereford durante todo el período experimental.

Al igual que con el peso vivo lleno, al primer mes de suplementación no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Se comienzan a ver diferencias significativas ($P<0.01$) en el mes de julio, presentando mayor peso los animales con suplementación otoñal.

La suplementación invernol con alimento energético proteico (T-A) hace que los animales alcancen en peso a los que son suplementados con proteico durante todo el periodo (E-E) en el mes de setiembre. Esto reafirma lo citado por Pigurina (1997) lo cual indica que en pasturas con alto contenido de fibra y valores medios de proteína cruda, el efecto de la suplementación energética es mayor a la proteica.

Figura 18: Evolución (Kg) promedio mensual del total de animales según tipo de tratamiento



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el cuadro 70 vemos que no existen diferencias ($P>0.05$) en el contenido del tracto gastro-intestinal, cuando los animales son sometidos a diferentes dietas.

Cuadro 70: Contenido del tracto gastro-intestinal (Kg)

	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	8.0	8.5	8.8	8.9	7.1	ns
Julio	10.0	6.9	7.1	7.5	12.9	ns
Agosto	8.4	7.6	6.7	7.1	7.7	ns
Setiembre	13.6	14	11.4	15	12.1	ns

Referencias: ns = no significativo

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2.2 Evolución de la condición corporal durante la recría

En el cuadro 71 se observan los valores de condición corporal (CC) al inicio del experimento, su evolución a través del mismo y los niveles de significación de los efectos de la raza, el bloque y los tratamientos utilizados y en la figura 19 su representación gráfica. Al inicio del ensayo no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) para ninguno de los factores estudiados.

Cuadro 71: Evolución de la condición corporal (escala 1-8) promedio a través del período experimental según tratamiento, tipo racial y bloque.

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO				
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
19/05	4,4	4,3	ns	4,4	4,3	ns	4,39	4,3	4,37	4,37	4,27
17/06	4,4 b	4,7 a	**	4,4b	4,7a	*	4,82a	4,76a	4,52ab	4,20c	4,41bc
14/07	4,1	4,0	ns	3,9	4,1	ns	4,62a	4,19b	3,87c	3,59c	3,84 c
11/08	4,3 b	4,6 a	**	4,4	4,5	ns	4,70a	4,59ab	4,37bc	4,27c	4,16 c
26/08	4,4 b	4,8 a	**	4,6	4,7	ns	5,01a	4,80ab	4,52bc	4,30c	4,41 c
17/09	4,6	4,6	ns	4,6	4,5	ns	5,16a	4,65 b	4,77 b	4,34c	3,91 d

Referencias: a, b, c, y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P<0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

Para la interacción tratamiento*días la $P < 0.01$.

1: Suelos superficiales; 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

El efecto de la raza y el bloque al final de la etapa de campo no presentó diferencias significativas ($P>0.05$). El efecto del tratamiento tuvo respuesta a partir de junio, donde comenzó a observarse una mayor condición corporal en los animales suplementados en

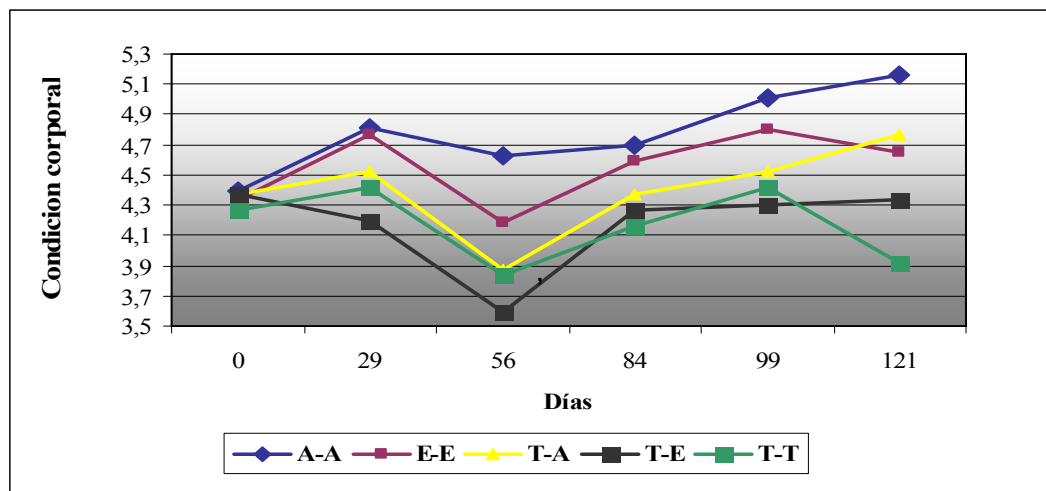
los meses de otoño. Al final del periodo de suplementación se vio que los animales suplementados con afrechillo de arroz durante las dos estaciones del año presentaron la mayor condición corporal, seguidos por los suplementados con afrechillo de arroz durante el invierno y los de expeller de girasol en otoño e invierno.

Al final del periodo de suplementación (17 de setiembre) el total de animales presentó un promedio de CC de 4.56, con un mínimo de 3 que correspondían a los animales testigo (T-T) y un máximo de 6, correspondiente a los alimentados con afrechillos de arroz (A-A).

Las diferencias entre tratamientos se relacionan con la evolución de pesos, mostrando que los que mas ganancias tuvieron presentaron mejor condición corporal. Esto coincide con la bibliografía la cual indica que por lo general a mayor peso del animal mayor va a ser el engrasamiento, determinando una mayor condición corporal.

Es importante resaltar la evolución que presentaron los animales suplementados con afrechillo durante el invierno, ya que lograron una condición similar a los alimentados en otoño e invierno con expeller de girasol. Esto podría estar indicando que el animal presenta un déficit energético a nivel ruminal el cual es levantado con la suplementación energética (afrechillo de arroz).

Figura 19: Evolución de la condición corporal (escala 1-8) a través del período experimental según tratamiento



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.
Ajustado por condición corporal al 5 de mayo de 2004

En el cuadro 72 se muestran los datos promedio de condición corporal por estación y todo el periodo experimental para los factores evaluados. En el mismo se puede ver una diferencia muy significativa ($P < 0.01$) entre los tratamientos.

Cuadro 72: Evolución de las CC (escala 1-8) promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
O	4.4	4.5	ns	4.4	4.5	ns	4.7 a	4.5 ab	4.5 ab	4.3 b	4.3 b	**
I	4.4	4.4	ns	4.4	4.4	ns	4.9 a	4.5 b	4.4 b	4.1 c	4.0 c	**
O-I	4.4	4.5	ns	4.4	4.4	ns	4.8 a	4.5 b	4.4b	4.2 c	4.1 c	**

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, ** = $P < 0.01$

O: Otoño; I: Invierno. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2.3 Evolución del área de ojo de bife durante la recría

El cuadro 73 muestra que hubo diferencias en el área de ojo de bife entre razas para los meses de julio ($P < 0.05$) y setiembre ($P < 0.01$). Teniendo en cuenta la bibliografía, la cual menciona que el valor de área de ojo de bife se correlaciona con el tipo de maduración y el tamaño animal, podemos decir que la Hereford es de maduración más temprana y de mayor tamaño que Braford durante esta etapa de crecimiento.

Todos los tratamientos experimentaron un incremento en el área de ojo de bife, comenzando a expresar valores superiores en el mes de julio los novillos suplementados con afrechillo de arroz durante todo el período. Esto se debe a que la ingesta energética influye en la composición de la canal, principalmente a través de la deposición de proteína y luego en la de grasa, tanto más a medida que la ingesta energética lo permita (Byres, Lemieux, citados por Gorrachategui, 1997).

Los animales que consumieron forraje sin suministro de suplemento durante todo el ensayo muestran un menor valor del área de ojo de bife. Los suplementados con afrechillo de arroz durante el período otoño-invierno son los que al final muestran mayores medidas, seguidos por el resto de los animales suplementados. Es de destacar que los animales suplementados con afrechillo de arroz durante el invierno (T-A) logran áreas similares a los suplementados en otoño e invierno con el mismo suplemento.

Al final del otoño, el total de animales presentaron un promedio de 29 cm², variando entre 17.6 (testigos) y 38.3 (afrechillo de arroz). Al final del invierno, los animales presentaban un promedio de 35.5 cm² (25.0, testigos – 46.4, afrechillo de arroz).

Cuadro 73: Evolución del área de ojo de bife (cm²) promedio a través del período experimental según tratamiento y tipo racial

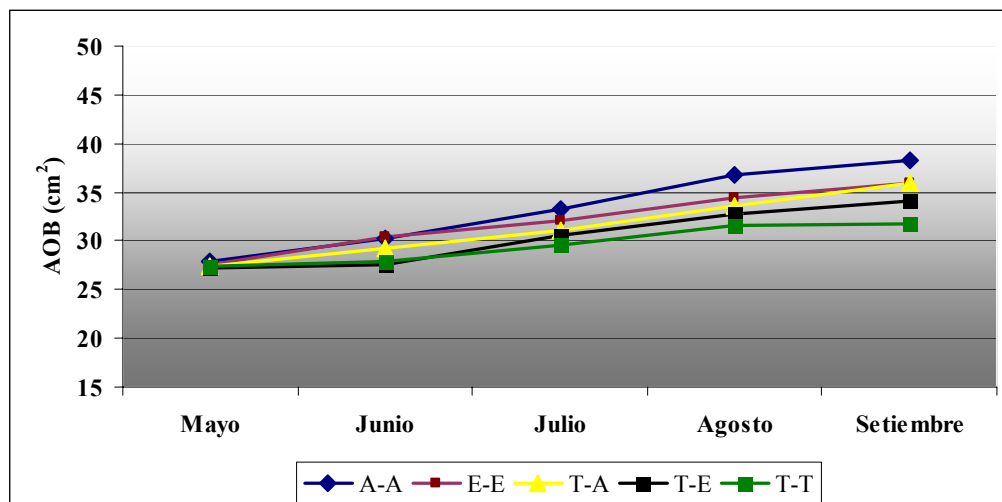
	Raza			Tratamiento				
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
19/05	27,69	27,32	ns	27,94	27,6	27,38	27,22	27,4
17/06	29,08	29,05	ns	30,16	30,47	29,22	27,61	27,85
14/07	30,50 b	32,20 a	*	33,32 a	32,14 ab	31,05 ab	30,58 ab	29,49 b
11/08	33,27	34,43	ns	36,82 a	34,48 ab	33,67 ab	32,74 b	31,51 b
17/09	34,30 b	36,10 a	**	38,26 a	35,92 ab	35,97 ab	34,07 bc	31,69 c

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05). ns = no significativo, * = P < 0.05, ** = P < .0001. Interacción tratamiento*días la P< 0.01.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por peso vivo lleno al inicio del ensayo (19 de abril, 2004)

Figura 20: Evolución del área de ojo de bife (AOB, cm²) de los novillos durante el periodo de engorde



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por área de ojo de bife 19 de mayo, 2004

Cuadro 74: Evolución de las ganancias área de ojo de bife promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
O	1.35	1.76	ns	1.94	1.17	ns	2.21a	2.88a	1.84ab	0.39b	0.46b	**
I	3.67	3.88	ns	3.66	3.89	ns	4.94a	4.93 a	3.71ab	3.44ab	1.86b	*
O-I	6.62 b	8.82a	*	8.17	7.27	ns	10.31a	8.60ab	8.69ab	6.80bc	4.20c	**

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

O: Otoño; I: Invierno. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Las ganancias diarias de área de ojo de bife para el periodo otoñal en el total de los animales fue en promedio de $0.53\text{cm}^2/\text{día}$ y de 1.55 en total (17 junio al 19 mayo, fecha de la primer medida) con un mínimo de -0.14 por día y de -4.1 para todo el periodo y un máximo de 0.36 por día y de 10.61 para el periodo. En la suplementación invernal el promedio diario fue de 0.04 y de 3.9 para todo el periodo (17 setiembre al 14 julio), el mínimo por día fue de -0.46 y el total de -4.47, con un máximo de $0.57/\text{día}$ y de 9.85/estación. Para el período total el promedio fue de $0.044/\text{día}$ y de 7.7. Los mínimos fueron de $-0.25/\text{día}$ y $-2.8/\text{periodo}$. Los máximos de $0.18/\text{día}$ y $21.8/\text{periodo}$.

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en cuanto a la evolución de las ganancias de área de ojo de bife, entre razas y bloque, pero si hubo entre tratamientos ($P < 0.05$) cuando se analizaron los datos dentro de cada estación. Observando el crecimiento del área de ojo de bife en todo el período se observaron diferencias entre razas y tratamientos.

En el cuadro 75 se observa el crecimiento del área de ojo de bife corregida con el peso vivo. Se observa que el tipo de alimento consumido tuvo efecto en el crecimiento, donde los suplementados con afrechillo de arroz y expeller de girasol durante todo el período junto con los suplementados con afrechillo de arroz durante el invierno presentaron la misma área de ojo de bife al final del período, mayor a los animales testigo y los que consumieron expeller de girasol sólo en invierno. En cuanto a la raza se observa que al final del período el crecimiento fue mayor en los Braford que en los Hereford.

Cuadro 75: Evolución del área de ojo de bife (cm²) promedio a través del período experimental según tratamiento y tipo racial, corregido por peso vivo

	Raza			Tratamiento					
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
19/05	28.73 a	26.13 b	**	28.98	27.39	27.07	26.45	27,32	ns
17/06	30.75 a	27.22 b	**	30,04	29.92	29,35	27,71	27,90	ns
14/07	32.03	30.82	ns	32,18	31.86	32.25	30,72	30.1	ns
11/08	34.84	32.70	**	35.2	33.97	33,82	33.11	32.72	ns
17/09	36.2 a	34.7 b	*	36.5 a	36.32 b	36.41 a	34,11 b	34.11 b	*

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05). ns = no significativo, * = P < 0.05, ** = P <.0001. Interacción tratamiento*días la P< 0.01.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por peso vivo lleno al inicio del ensayo (19 de abril, 2004)

El valor de área de ojo de bife se correlaciona con el tipo de maduración y el tamaño animal, podemos decir que la Hereford es de maduración más temprana y de mayor tamaño que Braford durante esta etapa de crecimiento. Esto se ve reflejado en el valor final encontrado en las áreas de ojo de bife, donde los animales de la raza Braford presentaron mayor área, esto está determinado con que se encuentra mas tiempo depositando proteína en el músculo.

Según la dieta ingerida, la ingesta energética influye en la composición de la canal, principalmente a través de la deposición de proteína y luego en la de grasa, tanto más a medida que la ingesta energética lo permita (Byres, Lemieux, citados por Gorrachategui, 1997).

4.2.4 Evolución del espesor de grasa durante la recría

En el cuadro 76 apreciamos como el único tratamiento que se diferencia del resto en cuanto a la evolución del espesor de grasa, es el que suplementó con energético proteico (afrechillo de arroz) durante todo el periodo (A-A). Dado que son animales jóvenes (menores de 3 años), para acumular grasa es necesario que ganen peso a una alta tasa, y los animales de este tratamiento son los que registraron las mayores tasas de ganancias de peso.

Como se puede ver en la figura 20 hubo diferencias en la evolución de espesor de grasa según la época del año, observándose una caída durante el otoño e invierno para todos los tratamientos, excepto cuando los animales fueron alimentados con afrechillo de arroz durante estas dos estaciones.

Cuadro 76: Evolución del espesor de grasa (mm.) promedio a través del período experimental según tratamiento

	Bloque			Tratamiento				
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
19/mayo	3,40	3,12	ns	3,13	3,38	3,43	3,38	2,97
17/junio	2,77 b	3,16 a	*	3,21	2,73	3,05	3,07	2,79
14/julio	2,76	2,78	ns	3,52 a	2,39 b	2,64 b	2,55 b	2,74 b
11/agosto	2,47	2,79	ns	3,41 a	2,47 b	2,50 b	2,42 b	2,36 b
17/setiembre	2,80	2,95	ns	3,52 a	2,52 c	3,09 ab	2,50 c	2,78 bc

Referencias: a, b, c, y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

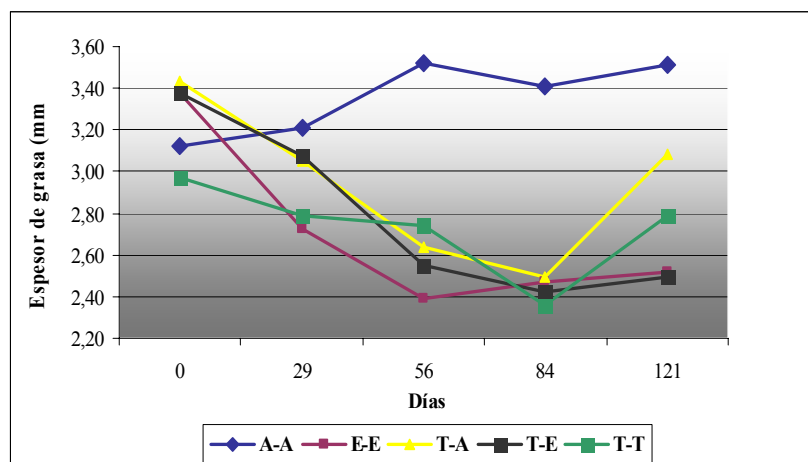
ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

Para la interacción tratamiento*días la $P < 0.01$.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por espesor de grasa 19 de mayo, 2004.

Figura 21: Evolución del espesor de grasa (mm.) a través del período experimental según tratamiento



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por espesor de grasa 19 de mayo, 2004

En el cuadro 77 vemos que ni la raza ni el bloque presentaron diferencias significativas en espesor de grasa. Si hubo diferencias ($P < 0.01$) en invierno a favor del tratamiento con afrechillo de arroz durante todo el período.

El espesor de grasa al final del periodo de suplementación presentó un mínimo de 1.35 mm (testigos) y un máximo de 4.94 mm (afrechillo de arroz, testigo afrechillo), con un promedio de 2.90 mm.

Cuadro 77: Evolución del espesor de grasa subcutánea promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Otoño	3	3.2	ns	3.1	3.1	ns	3.1	3.1	3.3	3.3	2.8	ns
Invierno	2.7	2.8	ns	2.7	2.8	ns	3.4 a	2.5 b	2.8 b	2.5 b	2.5 b	**
Total	2.8	3.0	ns	2.9	2.9	ns	3.3 a	2.8 bc	3.0 ab	2.8 bc	2.6 c	**

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, ** = $P < 0.01$

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

El menor espesor de grasa obtenido en los animales testigo, se debe a cuando el nivel nutricional disminuye, la retención de grasa se ve mas afectada que la de proteína y por lo tanto da animales mas magros presentando menor engrasamiento (Di Marco, 1993).

4.2.5 Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (P8) durante la recría

En el cuadro 78 se observa la evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (P8) durante el período de engorde de los animales (Figura 22). Los datos obtenidos son similares al espesor de grasa a nivel de la 12ª costilla, siendo significativas solo las diferencias entre tratamientos

En junio los tratamientos que fueron suplementados durante el otoño (A-A y E-E) son los que presentan un mayor engrasamiento a nivel de cuadril. Es importante destacar la evolución que presenta el engrasamiento de los novillos que solo fueron suplementados en invierno con energético-proteico (T-A), la cual hace que al final del período evaluado supere a los que se suplementaron durante todo el ensayo con proteico (EE).

El promedio en espesor de grasa a nivel del cuadril al final del invierno fue de 3.65 mm, con un mínimo de 1.8 mm (testigo-expeller y testigo-testigo) y un máximo de 6.29 mm (afrechillo afrechillo).

Cuadro 78: Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (mm) promedio a través del período experimental según tratamiento

	Tratamientos				
	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
19/mayo	3,7	3,4	3,6	3,4	3,6
17/junio	5,0 a	5,1 a	4,4 b	3,7 c	4,1 bc
14/julio	4,7 a	4,2 ab	3,8 b	3,7 b	3,8 b
11/agosto	5,0 a	3,8 bc	4,0 b	3,3 bc	3,2 c
17/Setiembre	4,3 a	3,2 c	4,1 ab	3,4 bc	3,0 c

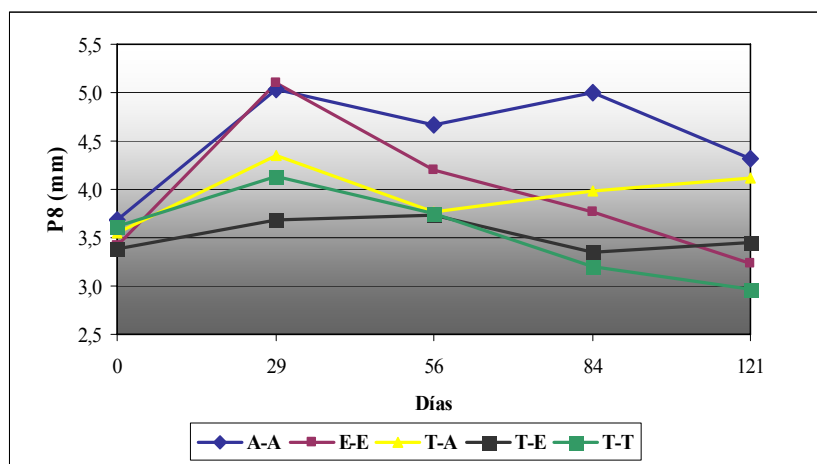
Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

Para la interacción tratamiento*días la $P < 0.01$.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por espesor de grasa a nivel del cuadril, 19 de mayo, 2004

Figura 22: Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril (mm) a través del período experimental según tratamiento



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ajustado por espesor de grasa a nivel del cuadril al 19 de mayo, 2004

A diferencia de el engrasamiento en la 12ª costilla, en P8 se ve un incremento ($P < 0.05$) a favor de los animales suplementados. En las dos medidas es importante resaltar que se registra un aumento del engrasamiento en los animales con energético-proteico en invierno (T-A), que alcanza a los que tuvieron expeller en todo el período. Estas diferencias encontradas en las dos medidas pueden deberse a que el engrasamiento en el animal varía según las zonas del cuerpo.

Cuadro 79: Evolución del espesor de grasa a nivel del cuadril promedio a través del período otoñal, invernal y todo el período experimental según tratamiento, raza y bloque.

	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Otoño	4.1	4.0	ns	4.0	4.0	ns	4.5 a	4.1 a	4.0 ab	3.4 b	4.0 ab	*
Invierno	3.8	3.9	ns	3.8	3.9	ns	4.8 a	3.7 bc	3.9 b	3.3 c	3.4 c	**
Total	3.9	3.9	ns	3.9	3.9	ns	4.7 a	3.9 b	3.9 b	3.3 c	3.7 bc	**

Referencias: a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2.6 Evolución de la altura del anca durante la recría

El cuadro 80 y la figura 23 muestran la evolución de la altura del anca para las diferentes razas, bloques y tratamientos. La no evidencia de diferencias significativas ($P > 0.05$) en la altura del anca indica que todos los animales crecieron de manera similar. Con estos datos podemos asegurar que las diferencias encontradas en el área del ojo de bife se deben a que la raza Hereford tiene maduración mas temprana y no difiere en el tamaño, al menos para este ensayo.

El promedio a la salida del otoño fue de 118.5 cm, con un mínimo de 110 (TE, TA y EE) y un máximo de 128 (TE). Al final del experimento presentaban un promedio de 121 cm, con un mínimo de 112 (TA y TT) y un máximo de 129.5 (TE).

Cuadro 80: Evolución de la altura de anca (cm) según raza, bloque y tratamiento

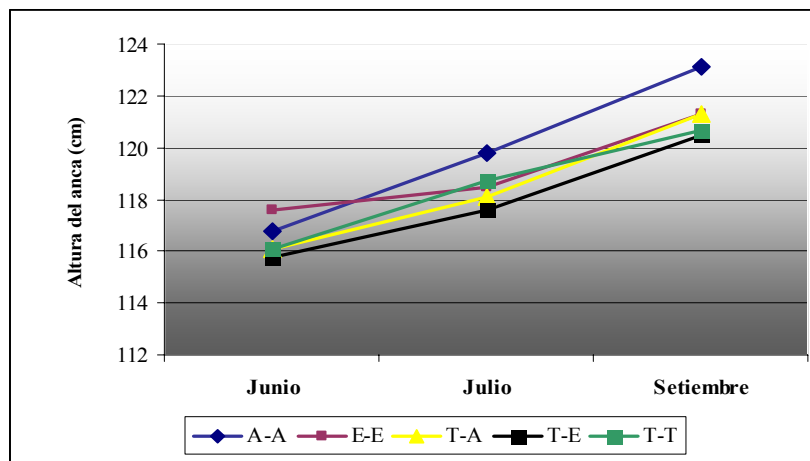
	RAZA			BLOQUE			TRATAMIENTO					
	Braford	Hereford	P	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
17/06	116.7	116.3	ns	116.7	116.3	ns	116.8	117.6	116.1	115.8	116.1	ns
14/07	118.3	118.9	ns	118.5	118.5	ns	119.8	118.5	118.1	117.6	118.7	ns
17/09	121.2	121.6	ns	121.4	121.4	ns	123.1	121.3	121.3	120.5	120.7	ns

Referencias: a, b, c, y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

ns = no significativo

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Figura 23: Evolución de la altura de anca (cm) a través del período experimental según tratamiento



Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño -invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2.7 Evolución y ganancia de peso durante la etapa de terminación

Para que los animales fueran faenados debían alcanzar un peso vivo de campo mayor o igual a 480 Kg y un espesor de grasa de cobertura medida por ultrasonografía entre la 12-13ª costilla de 5 a 8 mm.

Luego de la última suplementación del año 2004 (setiembre), los animales siguieron sobre campo natural hasta abril de 2005 donde cada repetición se dividió en dos grupos, un grupo (Bloque 1) se mantuvo en campo natural suplementándolos con afrechillo de arroz a razón de 1 % del peso vivo y el otro (Bloque 2) pasó a un mejoramiento de campo de trébol blanco y lotus. En julio, octubre y diciembre de 2005 se realizaron las faenas según los animales alcanzaban los requerimientos planteados.

En el cuadro 81 se muestran las ganancias diarias de peso vivo promedio de los animales para primavera y verano sobre pasturas luego de la suplementación de 2004 y en el cuadro 82 las ganancias de peso a partir del tratamiento 2005 (marzo) hasta lograr el peso requerido de faena (mayor o igual a 480 Kg.).

Cuadro 81: Evolución de la ganancia de peso vivo según raza, tratamiento y bloque

	Raza			Tratamiento recría						Bloque		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	1	2	P
Primavera 2004	0.74	0.71	ns	0.77	0.74	0.73	0.64	0.76	ns	0.73	0.73	ns
Verano 2005	0.57 a	0.46 b	**	0.48	0.56	0.56	0.54	0.47	ns	0.46 b	0.58 a	**

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, ** = $P < 0.01$.

P: Primavera, V: Verano, O: Otoño, I: Invierno

Bloque 1: Suelos superficiales; Bloque 2: Suelos profundos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Cuadro 82: Evolución de la ganancia de peso vivo según raza y tratamientos

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Suplemento	Pastura	P
O 2005	0.24	0.18	ns	0.17	0.18	0.32	0.22	0.16	ns	0.10 b	0.32 a	**
I 2005	0.53 b	0.68 a	**	0.57	0.53	0.63	0.63	0.65	ns	0.68 a	0.52 b	**
P 2005	0.81	0.82	ns	-	0.77	-	0.87	0.80	ns	0.98 a	0.65 b	**

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, ** = $P < 0.01$.

P: Primavera, V: Verano, O: Otoño, I: Invierno

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Los efectos de la raza en la ganancia de peso vivo se presentaron en el verano y la primavera de 2005 a favor de la raza Braford y Hereford, respectivamente. Las mayores ganancias estivales en los animales Braford se deben a que esta raza tolera mayores temperaturas que la raza Hereford, por lo tanto se ven menos afectadas sus ganancias. En cuanto a las diferencias vistas en invierno, ocurre lo contrario a favor de Hereford ya que esta es más tolerante a climas fríos debido a su origen.

El tipo de alimentación de la recría no presentó efecto ($P > 0.05$) en las ganancias de peso vivo del último año. En el verano de 2005 se encontraron diferencias ($P < 0.01$) en las ganancias de peso, durante estos meses los animales permanecieron sin suplementación, alimentándose sobre campo natural, divididos en los bloques mencionados anteriormente como bloque 1 (suelos superficiales) y bloque 2 (suelos profundos); las diferencias encontradas a favor del Bloque 2 se debe al tipo de suelos, más profundos, con mejor producción de pasturas estivales que los del Bloque 1. En el otoño se cambió el tipo de alimentación donde los animales del Bloque 1 comenzaron a ser suplementados con afrechillo de arroz a razón del 1% del peso vivo y los del Bloque 2 fueron cambiados a un mejoramiento, durante estos meses las ganancias de peso disminuyeron y se encontraron diferencias ($P < 0.01$) según el nuevo tipo de alimento, observando que la caída fue mayor en los animales que comenzaron a suplementarse. En

el invierno y la primavera se registraron ganancias mayores con diferencias significativas ($P < 0.01$) a favor de los animales que se les suministraba suplemento.

En los cuadros 83 y 84 también se observa que los animales que fueron suplementados con afrechillo de arroz durante el año previo (A-A y T-A) tuvieron un periodo de engorde más corto llegando antes al peso requerido para faena.

En el cuadro 83 se muestran los resultados de peso vivo lleno y vacío de los animales antes del embarque según raza y tratamientos.

Cuadro 83: Peso vivo lleno, vacío previo al embarque (Kg) según raza y tratamientos

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pastura	Suplemento	P
PVLL	490.6b	503.5a	*	503.3	493.1	493.6	501.5	493.9	ns	495.2	498.9	ns
PVV	468.3	475.9	ns	475.6	468.4	468.1	479.6	469.1	ns	472.1	472.2	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$

PVLL: Peso vivo lleno; PVV: Peso vivo vacío

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Se puede ver que el promedio de peso vivo lleno y vacío final de los animales según tratamiento de recría y engorde no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) por lo que el tipo de alimento no provocó un llenado diferencial en los animales. Sin embargo en el peso vivo lleno se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en cuanto a la raza a favor de los animales Hereford pero viendo el peso vivo vacío las diferencias dejan de ser significativas ($P > 0.05$) y se observa que el contenido gastrointestinal era mayor en la raza Hereford.

En los cuadros 84, 85 y 86 se presenta la proporción de animales para las faenas de julio, octubre y diciembre de acuerdo a la recría, al engorde y ambos, respectivamente.

En el cuadro 84 se muestra la proporción de animales que fueron faenados en cada fecha de faena según el tipo de alimentación recibido durante la recría. Se puede apreciar que la totalidad de los animales que se suplementaron con afrechillo de arroz en la recría se faenaron en julio y octubre. Cuando se suplementó en todo el periodo, los animales alcanzaron los requerimientos necesarios antes y por lo tanto se faenaron más en julio. La mayoría de los que se suplementaron solo en invierno logran el peso y espesor de grasa en octubre. Los animales que se suplementaron con el suplemento de tipo proteico en todo el periodo o solo en invierno demoraron más en alcanzar lo establecido anteriormente y por lo tanto una parte de ellos debió ser faenado en diciembre.

Esto es el resultado de lo visto en la evolución de los pesos vivos y en el engrasamiento, en los cuales los valores más altos los tienen los del tratamiento con afrechillo de arroz durante todo el periodo. Cuando solo se suplemento en invierno con afrechillo se lograron mayores ganancias de peso vivo y engrasamiento que con expeller, haciendo que se faenen antes.

Esto correspondería a lo planteado por Pigurina (1989) el cual establece que la limitante de la respuesta de animales bajo pastoreo de campo natural es el bajo consumo de energía, siendo esta restricción levantada con la suplementación energética.

Los resultados del presente experimento concuerdan con lo establecido por Pigurina (1989) pudiendo observarse esto en el Cuadro 84 que muestra los resultados de la suplementación realizada durante la recría.

Cuadro 84: % y número de animales faenados según alimentación de la recría

FAENA		TRATAMIENTOS RECRÍA					TOTAL
		A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	
1	Número	9	7	5	2	2	25
	%	64.3	53.9	35.7	15.4	15.4	37.3
2	Número	5	3	9	8	4	29
	%	35.7	23.1	64.3	61.5	30.8	43.3
3	Número	0	3	0	3	7	13
	%	0	23.1	0	23.1	53.9	19.4

Referencias: 1: 27 de julio de 2005; 2: 10 de octubre de 2005; 3: 10 de diciembre de 2005.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Cuadro 85: % y número de animales faenados según tratamiento de engorde

FAENA		TRATAMIENTO ENGORDE		TOTAL
		Suplemento	Pastura	
1	Número	8	17	25
	%	24.2	50	31.3
2	Número	17	12	29
	%	51.5	35.3	43.3
3	Número	8	5	13
	%	24.2	14.7	19.4

Referencias: 1: 27 de julio de 2005; 2: 10 de octubre de 2005; 3: 10 de diciembre de 2005.

En el Cuadro 85 se observa que la mayor cantidad de animales terminados en la primera faena (27 de julio) provienen del mejoramiento de campo.

Este mismo efecto lo podemos ver en el Cuadro 86, desglosado por los tratamientos realizados durante la recría, del cual es importante resaltar que en julio se faenan animales solo se suplementaron en invierno con expeller (T-E) o estuvieron como testigo (T-T) cuando en el engorde se encontraban sobre pastura, no ocurriendo lo mismo con el suplemento. Esto puede estar explicado por un crecimiento compensatorio de los animales que en el año anterior presentaron cierta restricción alimenticia.

Cuadro 86: % y número de animales faenados en cada fecha de faena según bloque y tratamiento:

Faena	2005	Suplemento					Pastura					Total
	2004	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	
1	Número	4	2	2	0	0	5	5	3	2	2	25
	%	57.1	33.3	33.3	0	0	71.4	71.4	42.9	28.6	33.3	37.31
2	Número	3	2	5	5	2	2	1	4	3	2	29
	%	42.9	33.3	66.7	83.3	28.6	28.6	14.3	57.1	42.9	33.3	43.28
3	Número	0	2	0	1	5	0	1	0	2	2	13
	%	0	33.3	0	16.7	71.4	0	14.3	0	28.6	33.3	19.4

Referencias: 1: 27 de julio de 2005; 2: 10 de octubre de 2005; 3: 10 de diciembre de 2005.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2.8 Calidad de la canal

4.2.8.1 Determinaciones *in vivo*

La importancia creciente del estudio de la composición corporal bovina esta dada porque involucra la evaluación de las condiciones carniceras de la res (para determinar su valor comercial) y por las características fisiológicas del animal, que considera a la res y todos los componentes del peso vacío (Capellari et al., 2003).

La ultrasonografía es un método que permite determinar el valor y la calidad del animal durante toda su vida. La ecografía de la grasa de cobertura, permite evaluar diferente terminación entre animales de peso similar, mientras que la medición del área del bife puede darnos una estimación bastante certera y cuantitativa de la composición carnicera de la canal (Bellenda, 2002).

En el Cuadro 87, se presentan los resultados de las últimas mediciones *in vivo* con ultrasonografía de área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa a nivel de la 12ª costilla (EG) y espesor de grasa a nivel del cuadril (p8) para cada uno de los factores bajo estudio y los valores de las mismas medidas corregidas por el peso vivo y en el Anexo 6 se puede observar el promedio de las diferentes medidas en forma más detallada para el tratamiento de engorde.

Cuadro 87: Efecto de los diferentes tratamientos y raza en las ultimas medidas *in vivo*

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pastura	Suplemento	P
AOB	53.8	50.9	ns	52.7	52.6	51.8	53.9	51.0	ns	51.4	53.4	Ns
AObc	56.6	52.8	**							54.0	55.3	Ns
EG	4.8	4.7	ns	4.6	4.6	5.1	5.2	4.1	ns	4.3 b	5.2 a	*
EGc	5.1	5	ns							4.6 b	5.5 a	**
P8	3.4	3.1	ns	3.6	3.1	3.0	3.1	3.3	ns	3.2	3.3	Ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$

AOB: Área de ojo de bife; EG: Espesor de grasa subcutánea; P8: Espesor de grasa a nivel del cuadril. C: corregido por peso vivo.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las medidas de área de ojo de bife sin corregir por el peso vivo (AOB) según la raza, sin embargo en los valores corregidos se observan diferencias significativas ($P < 0.001$) a favor de los animales Braford, esto esta determinado por el tipo de maduración mas tardía y el mayor tamaño de estos animales que se traduce en mayores áreas cuando se compara a un mismo peso. Según la dieta ingerida no se encontraron diferencias ($P > 0.05$).

En las mediciones de espesor de grasa solo se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos de engorde, presentando mayores espesores de grasa los animales suplementados. Esto corresponde con lo dicho por Robelin y Daenick, citados por Ávilez (2006) donde un alto nivel de suplementación antes del sacrificio tiene efectos positivos en el engrasamiento del animal.

Al contrario de lo que se vio en el engrasamiento a nivel de la 12ª costilla, en el engrasamiento a nivel del cuadril no hubo diferencias entre los tratamientos del último año para el promedio de todos los animales, sin embargo en el anexo 6 podemos ver que se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los tratamientos de la recría para los animales que en el engorde estaban sobre la pastura. Los animales con mayor engrasamiento

fueron los que en el año anterior consumieron afrechillo de arroz durante todo el período, esto determinó un efecto residual de la suplementación.

4.2.8.2 Determinaciones *post mortem*

Peso canal caliente y rendimiento carnícano

En el Cuadro 88 y Anexo 7 se presentan los resultados obtenidos de peso canal caliente (PCC) y rendimiento carnícano (RC) según los efectos de la raza, tratamiento de recría y tratamiento final (engorde).

Cuadro 88: Peso de la canal caliente (Kg) y rendimiento

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pastura	Suplemento	P
PCC	238.5	237.5	ns	242.3	234.4	235.1	241.1	237.1	ns	234.7 b	241.3 a	*
RC	50.9 a	49.9 b	*	51.0	50.0	50.3	50.3	50.6	ns	49.7 b	51.2 a	**

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

PCC: Peso canal caliente; RC: Rendimiento carnícano

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Los PCC presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) únicamente por el tipo de alimentación del año de terminación, siendo los mayores pesos para los alimentados con suplemento. Estos pesos coinciden con los mayores rendimientos, pudiendo estar asociado a un mayor engrasamiento. Jones et al., citados por García et al. (1993) señalan que novillos alimentados con concentrados producen carcasas más pesadas que los alimentados con forraje.

El rendimiento presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) para el tipo racial, con rendimientos superiores los animales Braford. Esto coincide con el resultado del trabajo de Pittaluga et al. (1979) donde también compararon estos dos tipos raciales. Se encontraron diferencias muy significativas ($P < 0.01$) para el tratamiento realizado el último año, presentando mayor rendimiento los animales suplementados, estos resultados coinciden con Ciano et al. (1972), Berg y Butterfield (1976), Johnson (1998) que consideran que cuanto mayor es el grado de engrasamiento mayor es el rendimiento de la canal por una mayor cantidad de grasa depositada. Brito (2002b) afirma que animales suplementados en comparación con animales alimentados en base a pasturas obtienen mayores rendimientos por un mayor consumo de energía que se traduce en un mayor almacenamiento de grasa luego de satisfacer los requerimientos de mantenimiento y crecimiento.

Jones et al., citados por Di Marco (2002) trabajando con novillos alimentados con concentrado encontraron rendimientos de 59.2 % y alimentados con forraje rendimientos de 57.9 %. Rosso et al., citados por Rearte (2002) no encontraron diferencias significativas entre animales en pastoreo (54.8 %) y animales en pastoreo mas suplementación otoño invernal con maíz al 1 % del peso vivo (55.35 %).

Área de ojo de bife, espesor de grasa e índice de muscularidad

En el Cuadro 89 se muestran las medidas de área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa (EG) medidas en la canal sobre la 10-11^a costilla y el índice de muscularidad (IM) según los tratamientos realizados y el tipo racial.

Cuadro 89: Área de ojo de bife (AOB, cm²), Espesor de grasa (EG, mm), e índice de muscularidad (IM)

	RAZA			TRATAMIENTO RECRÍA						TRATAMIENTO ENGORDE		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pastura	Suplemento	P
AOB	60.3 a	56.1 b	**	59.4ab	54.8c	59.5a	61.1a	56.1bc	*	57.0	59.3	ns
AOBc	64.1 a	57.4 b	**							59.8	61.6	ns
EG	5.2 b	6.5 a	**	5.2	6.4	5.5	6.7	5.2	ns	5.3 b	6.4 a	**
EGc	5.2 b	6.4 b	**							5.2 b	6.4 a	*
IM	12.6a	11.8b	**	12.3ab	11.7b	12.7a	12.6a	11.8b	*	12.3	12.1	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05).

ns = no significativo, ** = P <0.01.

AOB: Área de ojo de bife; EG: Espesor de grasa subcutánea; P8: Espesor de grasa a nivel del cuadril. C: corregido por peso vivo.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Al comparar las medidas realizadas con ultrasonido y las tomadas directamente en la canal se observa que tanto para el área del músculo *Longissimus dorsi* como para el espesor de grasa las medidas realizadas con ultrasonido son menores que las tomadas en la canal. Esto puede deberse a que la medida no es tomada exactamente en el mismo lugar, ya que con ultrasonido es en la 12^a costilla y en la canal entre la 10-11^a costilla.

En las mediciones realizadas en el área de ojo de bife, tanto corregidas como sin corregir, se encontraron diferencias significativas en la raza (P<0.01) y en el tratamiento realizado en la recría (P<0.05). Las razas de madurez tardía como Braford (en comparación con Hereford) se encuentran más tiempo depositando proteína (Joandet 1990, Di Marco 2004) determinando un área de ojo de bife mayor como las encontradas en el presente estudio. En promedio, la medida del área de ojo de bife según el último tipo de alimentación (suplemento vs. pastura) no se presentó diferencias significativas (P>0.05), sin embargo cuando se observan las ultimas medidas tomando en cuenta el tipo de alimentación del año anterior se ven diferencias (P<0.05). Los animales que

presentaron mayores áreas de ojo de bife fueron los suplementados durante dicho año, excepto los que consumieron expeller de girasol en otoño e invierno (E-E), esto se debe a que a mayores niveles de proteína mayor es el área de ojo de bife (Boleman et al., 1996). Las menores medidas registradas en el grupo E-E puede deberse a un error de medida ya que fueron los animales que consumieron más proteína y en las mediciones realizadas con ultrasonido no fue el grupo que presentó menor área.

Pittaluga et al. (1979) trabajando con novillos Braford y Hereford, también encontraron que animales Braford presentaban mayor AOB y menor espesor de grasa que los Hereford cuando fueron faenados a un mismo peso vivo. En otro trabajo de Franco et al. (2002) donde comparaba la raza Hereford pura y cruza con Bos Indicus se encontró que las razas puras presentaban mayor espesor de grasa que las cruza.

En los trabajos de Gil y Huertas (2001), Realini et al. (2004) se observaron medidas de área de ojo de bife de animales alimentados sobre pasturas y de animales con una dieta de concentrados y se encontró que estos últimos presentaban mayores áreas. Los valores vistos por estos autores fueron un poco menores a los obtenidos en el presente estudio. En el trabajo de Rosso et al., citados por Rearte (2002) se vieron medidas similares a las del estudio de 57.5 cm^2 , en animales alimentados en pasturas y medidas un poco mayores en animales alimentados en pasturas mas suplemento de 63 cm^2 .

Al medir directamente el engrasamiento encontramos que la tendencia vista por ultrasonografía se vuelve significativa ($P < 0.01$) para el caso de la raza siendo mayor para Hereford. Esto concuerda con Berg y Butterfield (1979), Di Marco et al., citados por Fernández (1998), Camfield et al. (1999) que afirman que las canales de razas precoces (Hereford) o de menor frame presentan mayor espesor de grasa que las canales de animales de mayor tamaño. Las razas de madurez tardía requieren mayores pesos de faena para alcanzar el mismo grado de terminación (Joandet 1990, Di Marco 1993, 2004). En cuanto al tratamiento realizado, el que presentó efecto significativo ($P < 0.01$) al igual que en las mediciones *in vivo* fue el previo a la faena donde los animales suplementados superaron a los alimentados en base pastoril. Los resultados de Gil y Huertas (2001), Realini et al. (2004) en relación al espesor de grasa también presentaron diferencias significativas cuando se alimentaron animales con pasturas y animales con ración.

El índice de muscularidad es la relación que existe entre el área de ojo de bife y el peso de la canal ($\text{AOB}/\text{PC} \times 50$), cuanto mayor es este índice mayor es la proporción de músculo que hay en la canal. En el presente trabajo se encontró al igual que en área de ojo de bife una diferencia muy significativa ($P < 0.01$) para los animales Braford y una diferencia significativa ($P < 0.05$) para el tratamiento de la cría. La última suplementación (2005) no tuvo efecto ($P > 0.05$) en este parámetro.

Clasificación y Tipificación de las canales

Según la tipificación realizada en las canales según los grados de conformación (I.N.A.C.U.R), se encontró que el 80 % de canales presentaron conformación tipo A, el 10% tipo N y el restante 10% C. La mayoría de las canales tipo A, corresponde a reses con perfiles ligeramente rectos, con el cuarto trasero con una pierna moderadamente profunda y musculosa y el delantero es bien conformado y musculoso. El grado de terminación determinado también en la planta frigorífica presentó (escala de 0 a 4) que el 85 % de las canales presentara un grado de terminación 2, que determina un contenido de grasa moderadamente abundante con una distribución uniforme, el 15 % restante se encontró en el grado 1 que determina una escasa cobertura de grasa y poco uniforme.

Peso de la media res izquierda y corte pistola

El corte pistola constituye más del 40 % de la media canal y de esta región surgen los cortes de mayor valor como lomo, bife angosto, cuadril, nalga de adentro, nalga de afuera, bola de lomo, colita de cuadril y además el tortugueta y garrón (Robaina, 2002). El Rump & Loin (Bife, cuadril y lomo) representan alrededor de 7-10% de la canal. En el presente estudio el corte pistola representó el 44.6 % de la canal y el Rump & Loin el 8.9 %.

En el cuadro 90 se observan los resultados del peso de la media res izquierda, del corte pistola y la relación que existe entre ellos y en el cuadro 90 el peso de los diferentes cortes que surgen del mismo y el peso promedio del total de los cortes valiosos (lomo, bife, cuadril, nalga de adentro, nalga de afuera, bola de lomo, colita) según raza y tratamientos realizados en los años de estudio. En el Anexo 8 (a y b) se encuentran los resultados de los pesos de cada corte según el tratamiento de recría y raza para cada uno de los grupos de animales, suplemento y pastura.

Cuadro 90: Peso de media res (MR) izquierda (Kg) y Peso pistola (PP) (Kg)

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	P	S	P
MR	119.9	119.2	ns	120.7	117.2	119.1	122.0	118.9	ns	117.4 b	121.8a	**
PP	53.3	53.1	ns	54.4	52.8	52.9	53.7	52.4	ns	52.8	53.7	Ns
PP/MC	0.22	0.22	ns	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	ns	0.23a	0.22b	**

Referencias: ns = no significativo, ** = P<0.01.

P: Pastura; S: Suplemento

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el peso de la media res se encontraron diferencias ($P < 0.01$) según la alimentación proporcionada en los meses previos a la faena a favor de los animales suplementados. Esto se debe a que fue el grupo que presentó mayor rendimiento carnicero y un mayor espesor de grasa en la res. En cuanto al peso del corte pistola no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en ninguno de los parámetros estudiados.

Vaz Martins et al. (2005) encontró diferencias en el corte pistola en animales en pastoreo y en animales en pastoreo mas suplementación, registrando valores de 48.56 y 50.13 Kg respectivamente. Comparando con los valores del presente estudio, estos son inferiores tanto en los de base pastoril como los de suplementación.

De acuerdo a Koch et al., citados por Franco et al. (2002) hay diferencias en la proporción de cortes valiosos entre grupos raciales cuando se evalúa a edad y peso constante, pero a igual contenido de grasa las diferencias tienden a desaparecer. En el ensayo, la edad, el peso y el engrasamiento fueron similares para todos los animales al momento de la faena por lo que no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la proporción de cortes entre razas.

Cuadro 91: Peso de los cortes que surgen del pistola (Kg) y peso (Kg) de cortes valiosos

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pastura	Sup	P
Lomo	1.85	1.81	ns	1.88	1.81	1.8	1.81	1.84	ns	1.83	1.83	ns
Bife	4.22	4.20	ns	4.29	4.16	4.2	4.26	4.19	ns	4.15	4.29	ns
Cuadril	4.76	4.69	ns	4.72	4.8	4.63	4.76	4.72	ns	4.59 b	4.86 a	*
Nalga (adentro)	7.31 a	6.72 b	**	7.13	6.87	7.13	6.91	7.02	ns	6.91	7.11	ns
Nalga (afuera)	6.75 a	6.36 b	**	6.8	6.44	6.48	6.63	6.42	ns	6.43	6.68	ns
Bola	4.6	4.53	ns	4.74	4.55	4.53	4.56	4.45	ns	4.54	4.59	ns
Colita	1.08	1.07	ns	1.08	1.05	1.06	1.11	1.1	ns	1.05	1.10	ns
Tortuga	1.73 b	1.82 a	*	1.8	1.72	1.77	1.82	1.78	ns	1.79	1.76	ns
Garrón	1.69 b	1.78 a	*	1.73	1.71	1.76	1.75	1.72	ns	1.75	1.72	ns
Recortes	2.87	3.03	ns	2.94	3.01	2.93	3.03	2.85	ns	3.01	2.89	ns
CV	34.0	33.0	ns	34.2	33.1	33.3	33.6	33.2	ns	33.0	33.9	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$

CV: Cortes valiosos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el total de los animales no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el peso de los diferentes cortes según el tipo de alimentación de recría y de la terminación en el único corte que se apreciaron diferencias ($P < 0.05$) fue en el cuadril. Según la raza

fueron cuatro cortes los que presentaron diferencias estadísticas, nalga de adentro, nalga de afuera, tortuga y garrón, las dos primeras fueron mayores para Braford ($P<0.01$) y las otras dos para Hereford ($P<0.05$).

Debido a que solo se encontraron diferencias en algunos de los cortes, entre raza, cuando se los analiza el total de los cortes valiosos dejan de existir diferencias significativas ($P>0.05$).

Relaciones entre diferentes determinaciones *post mortem*

En el Cuadro 92 se ven diferentes relaciones entre la media canal, los diferentes cortes, el peso de los huesos y la grasa de recorte con el corte pistola para todos los animales según raza, tratamiento durante la recría y el engorde. En el Anexo 9 se observan los promedios para cada uno de los grupos (pastura y suplemento).

Cuadro 92: Relaciones entre diferentes determinaciones *post mortem* de la canal

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pastura	Suplemento	P
L+C+B/PP	0.20	0.20	ns	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	ns	0.20	0.20	ns
SC/PP	0.57 a	0.55 b	**	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	ns	0.56 b	0.57 a	*
PH/PP	0.22 b	0.23 a	**	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	ns	0.23	0.22	ns
GR/PP	0.06	0.06	ns	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	ns	0.06	0.06	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre sí ($P<0.05$).

ns = no significativo, ** = $P<0.01$

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

L+C+B/PP: Lomo + cuadril + bife/Peso Pistola.; SC/PP: Suma de cortes/Peso Pistola; PH/PP: Peso de hueso/Peso Pistola; Gr/PP: Grasa de recorte/Peso Pistola

Para la raza se encontraron diferencias significativas ($P<0.01$) cuando se relacionó el total de los cortes y el peso de los huesos con el corte pistola. La raza Braford presentó una mayor relación SC/PP y una menor relación PH/PP, lo que estaría indicando que presenta un mayor peso en los cortes y un menor peso de los huesos, ya que en el peso de la pistola no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$). Estos mismos resultados se obtienen cuando se analizan los animales que permanecieron sobre la pastura, y cuando son suplementados (Anexo 10).

En el tratamiento realizado durante la recría no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para ninguna de las relaciones calculadas, sin embargo para el tratamiento previo a la faena se encontró diferencias en PP/MC ($P<0.01$) a favor de la pastura y en SC/PP ($P<0.05$) a favor del suplemento. La mayor relación PP/MC en los animales alimentados en pasturas se debe a que presentaron un menor peso canal.

Exigencias de la Industria

En el Cuadro 93 podemos ver cuales fueron los tratamientos que obtuvieron las exigencias requeridas por la industria para el peso de la canal (> 230 Kg) y en el Cuadro 94 para espesor de grasa (> 5 mm).

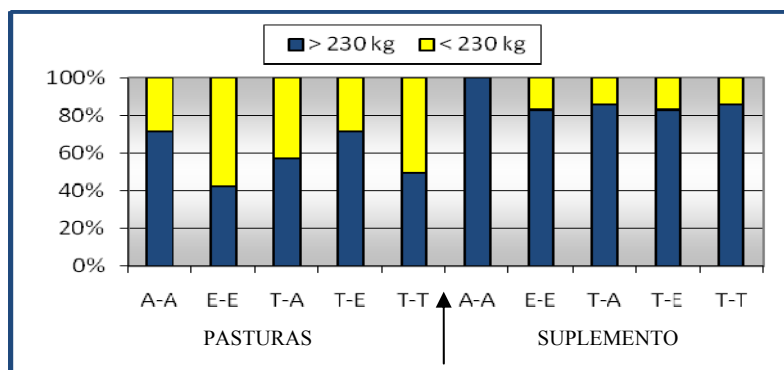
Cuadro 93: Cantidad y porcentaje de canales mayores a 230 Kg

Tratamiento engorde	Canales	Tratamiento recría					Total
		A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	
Pastura	>230 Kg	5	3	4	5	3	20
	Total	7	7	7	7	6	34
	%	71,4	42,9	57,1	71,4	50,0	58,8
Suplemento	>230 Kg	7	5	6	5	6	29
	Total	7	6	7	6	7	33
	%	100,0	83,3	85,7	83,3	85,7	87,9

Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Del total de animales faenados los que lograron alcanzar un peso canal mayor a 230 Kg fueron los suplementados durante el engorde (Figura 24), sin embargo también es importante resaltar que los animales alimentados en pasturas en este momento y suplementados con afrechillo de arroz en otoño e invierno o únicamente en invierno durante la recría alcanzaron mayores pesos de canal y fueron faenados antes (entre julio y octubre). Los animales que no fueron suplementados en la recría demoraron más en lograr el peso de faena y lograron un mejor peso canal los suplementados en la fase final.

Figura 24: Porcentaje de canales con pesos mayores o menores a 230 Kg



Cuadro 94: Cantidad y porcentaje de canales con mas de 5 mm de espesor de grasa

		Tratamiento recría					
Tratamiento engorde	Canales	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	Total
Pastura	>5 mm	2	3	2	4	2	13
	Total	7	7	7	7	6	34
	%	28,6	42,9	28,6	57,1	33,3	38,2
Suplemento	>5 mm	2	4	4	5	2	17
	Total	7	6	7	6	7	33
	%	28,6	66,7	57,1	83,3	28,6	51,5

Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En espesor de grasa la mayor cantidad de animales que logró alcanzar los niveles requeridos fueron los que se suplementaron durante el engorde observándose que los alimentados con expeller de girasol en la recría alcanzaron mayor grado de engrasamiento en las canales.

En el cuadro 95 se observa la cantidad y el porcentaje de animales que superaron los 4 Kg en el peso del bife según los tratamientos realizados. Se observa que los animales que fueron suplementados en el año de faena lograron mejores pesos de bife que los animales que se alimentaron únicamente con pasturas.

Cuadro 95: Peso de bife mayor a 4 Kg según tratamiento

		Tratamiento recría					
Tratamiento engorde	Bife	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	Total
Pastura	>4 Kg	4	2	6	5	5	22
	total	7	7	7	7	6	34
	%	57,1	28,6	85,7	71,4	83,3	64,7
Suplemento	>4 Kg	6	5	5	5	7	28
	total	7	6	7	6	7	33
	%	85,7	83,3	71,4	83,3	100,0	84,8

Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

4.2.9 Calidad de carne

La calidad de la carne está determinada por características objetivas y subjetivas. Dentro de las primeras se encuentra el valor nutritivo y seguridad alimentaria, y en las características subjetivas los atributos visuales y palatabilidad como terneza, sabor y jugosidad, que inciden en la preferencia del consumidor (Brito, 2002b).

4.2.9.1 pH

La tasa de descenso de pH y el pH final de la carne influencia directamente a las características organolépticas de la carne (Santini et al., 2003). En condiciones normales se espera que el pH descienda de aproximadamente 7.0 a 5.5-5.6 luego de 48 horas *post mortem*. Otros autores como Tarrant y Sherington (1980), Osoro et al. (1995), Barriada (1995), Beltrán et al., citados por Moreno et al. (1999) consideran que el valor normal se encuentra entre 5.75 y 5.8. En el Cuadro 96 se muestran los valores de pH obtenidos en la faena (24 horas) y en el desosado (48 horas) en el músculo *longissimus dorsi* según el tipo de alimentación suministrado durante la etapa de terminación.

Cuadro 96: pH a las 24 y 48 horas según etapa de terminación

	FC	Suplemento	Pasturas	P
pH 24 horas	1/Ln	5.53	5.63	ns
pH 48 horas	1/Ln	5.70 b	5.83 a	*

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$). ns = no significativo, * = $P < 0.05$. A-A: Afrechillo de arroz otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol otoño-invierno; T-A: Campo natural otoño y afrechillo de arroz invierno; T-E: Campo natural otoño y expeller de girasol invierno; T-T: Campo natural otoño-invierno.

El pH a las 24 horas del actual estudio registró valores considerados normales, por debajo de 5,75 no registrándose diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos. A las 48 horas se observó que el pH aumentó con respecto al registrado anteriormente, este resultado se contradice con lo visto en la bibliografía, que indica que este debería seguir bajando, por lo que podemos considerar que fue un error de medición ya que se midió con diferentes lectores de pH. El grupo suplementado siguió con valores considerados normales, sin embargo el grupo de pasturas alcanzó el límite establecido de 5.8. En este caso, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), siendo menores los valores vistos en los animales suplementados, esto puede deberse a que cuando se suministra mayor cantidad de energía en la dieta se incrementan las reservas de glucógeno en el músculo que permiten lograr un adecuado descenso del pH (Santini et al., 2003).

Los resultados de pH a las 24 horas (Cuadro 96) son un poco inferiores a los vistos en prácticas nacionales como las de Realini et al. (2003), Montossi y Sañudo (2004) en novillos provenientes de pasturas naturales y mejoradas, con valores aproximados de pH

de 5.7. Estos valores coinciden mas con el resultado a las 48 horas de los animales que se encontraron pastoreando campo natural y se los suplementaba con afrechillo de arroz.

En el Cuadro 97 se expresan los valores de pH obtenidos según raza y tratamiento de la recría para el grupo de animales alimentados en pastoreo y suplemento y en el Cuadro 98 para el grupo de animales que se encontraban pastoreando en el mejoramiento.

Cuadro 97: pH a las 24 y 48 horas de los animales sobre campo natural mas suplemento

		Raza			Tratamiento recría					
	FC	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
pH 24 horas	Ln	5.51	5.56	ns	5.49	5.43	5.61	5.63	5.51	ns
pH 48 horas	1/Ln	5,66	5,68	ns	5.65	5.62	5.72	5.71	5.66	ns

Referencias: ns = no significativo

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Al comparar los valores de pH entre razas y los tratamientos realizados durante la recría no se observaron diferencias ($P>0.05$), encontrándose dentro de los valores considerados como normales tanto para las 24 horas como para las 48 horas.

Cuadro 98: pH a las 24 y 48 horas de los animales pastoreando sobre mejoramiento

		Raza			Tratamiento recría					
	FC	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
pH 24	-	5.64	5.68	ns	5.58	5.59	5.78	5.52	5.82	ns
pH 48	-	5.77	5.93	ns	5.85	5.75	5.94	5.72	5.96	ns

Referencias: ns = no significativo A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En este grupo tampoco se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los grupos raciales y el tratamiento realizado el año anterior a la faena, sin embargo puede observarse que el valor de pH se encuentra dentro de los rangos considerados como normales a las 24 horas pero a las 48 horas estos valores aumentan. Según Tarrant y Sherington, citados por Garrido et al. (2005) el músculo *longissimus dorsi* presenta mayor frecuencia de alcanzar valores de pH por encima de lo considerado normal.

4.2.9.2 Color

El color de la carne es un parámetro muy importante en determinar el valor de la carne ya que es uno de los principales criterios de compra por parte de los consumidores (Alberti et al., 2005). En el Cuadro 99 se muestran los valores de los parámetros L^* , a^* y

b* en el músculo *longissimus dorsi* y la grasa para el momento de faena y del músculo a los 2, 7 y 14 días *post mortem*.

Cuadro 99: Parámetros del colorímetro (L*, a* y b*) para la grasa y músculo *longissimus dorsi* en el momento de faena y del músculo a los 2, 7 y 14 días *post mortem*

Color	FC	Suplemento	Pastura	P
Lm*desosado	Ln	68,7	68,0	ns
am*desosado	-	7,2	7,9	ns
bm*desosado	Ln	18,7	18,5	ns
Lg*desosado	-	37.5 a	36.1 b	*
ag*desosado	-	18,7	18,5	ns
bg*desosado	-	12,9	12,6	ns
Lm*2 días	-	36,7	33,6	ns
am* 2 días	-	13,0	12,4	ns
bm* 2 días	-	7,8	7,6	ns
Lm* 7 días	-	36,4	35,6	ns
am* 7 días	-	13,9	13,5	ns
bm* 7 días	-	8,8	8,6	ns
Lm*14 días	-	36,7	36,3	ns
am* 14 días	-	11,8	13,1	ns
bm* 14 días	Ln	8,2	8,8	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05).

ns = no significativo, ** = P <0.05. L*= brillo, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco); a*= tonalidades de rojo, valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde; b*= grado de amarillamiento, amarillo los valores positivos y azules los negativos. m= músculo, g= grasa. Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

El color de la grasa generalmente se encuentra muy influenciado por el tipo de alimento que consumen los animales, sin embargo en el actual estudio la alimentación previa a la faena no causó diferencias (P>0.05) en ninguno de los parámetros del colorímetro que determinan el color de la misma.

El parámetro L* (luminosidad) en el músculo presentó diferencias significativas (P<0.05) únicamente en el momento de la faena, siendo mayor para los animales suplementados. Los parámetros a* (índice de rojo-verde) y b* (amarillamiento) no presentaron diferencias (P>0.05) en ningún momento. Estos datos concuerdan con los de Realini et al. (2003) donde observaron que animales terminados en pasturas presentaban valores de L* más bajos, determinando una coloración más oscura y que los parámetros a* y b* no presentaban diferencias en distintos tipos de alimentación. Schroeder et al., citados por Bolte (2000) consideran que animales terminados con dietas forrajeras presentan un color del músculo más oscuro.

En los Cuadros 100 y 101 se muestran los valores de los parámetros L*, a* y b* en la grasa y el músculo *longissimus dorsi* para el momento de faena y del músculo a los 2, 7 y 14 días *post mortem* según raza y tratamiento realizado durante la recría para el grupo de animales suplementados y para el grupo de animales sobre pasturas, respectivamente.

Cuadro 100: Parámetros del colorímetro de grasa y músculo en animales suplementados

		Raza			Tratamiento recría					
Color	FC	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Lm*desosado	Ln	38,03	37,45	ns	36,70	37,79	37,97	38,25	38,00	ns
am*desosado	-	18,32	19,13	ns	19,89	20,12	18,50	17,37	17,73	ns
bm*desosado	-	12,61	13,19	ns	13,67a	13,15ab	13,57a	12,67ab	11,42b	*
Lg*desosado	1/Ln	68,32	68,54	ns	68,36	68,08	67,23	68,50	70,43	ns
ag*desosado	1/Ln	6,60	6,53	ns	8,09	6,09	6,18	6,68	6,12	ns
bg*desosado	-	18,78	19,00	ns	18,62	18,19	19,45	19,33	18,87	ns
Lm*2 días	-	35,63	34,08	ns	32,86	34,63	34,54	36,22	36,02	ns
am* 2 días	-	12,47	13,23	ns	12,76	13,84	11,86	15,28	10,48	ns
bm* 2 días	-	7,863	7,62	ns	7,62	8,2	7,66	8,16	6,99	ns
Lm* 7 días	-	37,01	35,81	ns	34,22 b	36,82 a	36,11 ab	37,82 a	37,08 a	*
am* 7 días	r3	13,13	14,37	ns	14,22	14,97	2,46	15,34	16,91	ns
bm* 7 días	-	8,65	8,92	ns	8,55	9,59	8,42	9,06	8,31	ns
Lm*14 días	-	37,13	36,24	ns	35,35	36,18	36,38	37,62	37,89	ns
am* 14 días	1/Ln	10,63	11,27	ns	12,83	11,71	11,84	10,43	8,78	ns
bm* 14 días	-	8,18	8,43	ns	8,60	8,33	8,50	7,91	8,19	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05). ns = no significativo, * = P <0.05. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno. L*= brillo, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco); a*= tonalidades de rojo, valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde; b*= grado de amarillamiento, amarillo los valores positivos y azules los negativos. m= músculo, g= grasa. Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

Cuadro 101: Parámetro del colorímetro de grasa y músculo en animales sobre pasturas

		Raza			Tratamiento recría					
Color	FC	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Lm*desosado	r3	36,67	35,49	ns	35,09	35,81	34,76	38,08	36,72	ns
am*desosado	-	18,53	18,48	ns	20,41	18,37	17,46	19,27	16,98	ns
bm*desosado	-	13,00	12,29	ns	13,64	12,63	12,30	13,23	11,43	ns
Lg*desosado	Ln	66,61	69,69	ns	70,32	67,52	65,16	67,29	70,51	ns
ag*desosado	Ln	7,79	7,34	ns	7,73	7,92	9,21	7,09	6,19	ns
bg*desosado	-	18,57	18,84	ns	19,15	18,25	19,08	19,15	16,88	ns
Lm*2 días	-	34.94 a	32.48 b	*	32.94	33.04	33.00	35.70	33.11	ns
am* 2 días	-	12.64	12.11	ns	12.42	13.30	11.51	12.71	11.93	ns
bm* 2 días	-	7.82	7.37	ns	7.78	8.40	7.01	7.80	6.91	ns
Lm* 7 días	-	36,58a	34,54b	*	35,30	36,00	34,23	37,51	34,76	ns
am* 7 días	-	13,99	13,15	ns	15,37	14,70	12,17	13,59	12,02	ns
bm* 7 días	-	8,91	8,26	ns	9,24	9,48	7,69	8,89	7,65	ns
Lm*14 días	-	36,60	35,98	ns	35,83	36,16	37,00	37,37	37,08	ns
am* 14 días	-	12,30	13,89	ns	15,14	14,44	13,48	10,12	12,31	ns
bm* 14 días	1/Ln	8,17	9,06	ns	9,16ab	10,60a	7,98bc	7,10c	8,86 abc	*

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno. L*= brillo, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco); a*= tonalidades de rojo, valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde; b*= grado de amarillamiento, amarillo los valores positivos y azules los negativos.

m= músculo, g= grasa. Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

Cuando se analizaron los datos según el tipo de dieta suministrada en los meses previos a la faena se encontró que en el grupo que fue suplementado no presentó diferencias ($P > 0.05$) entre razas en ninguno de los parámetros medidos en la grasa y el músculo, sin embargo en los que se encontraban sobre pasturas se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en el parámetro L* para los días 2 y 7, siendo menor en la raza Hereford.

Cuando se compararon según el tratamiento del año anterior, en el momento de la faena se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el parámetro b* en los animales suplementados en el último año. Dentro de este grupo los que fueron suplementados en la recría presentaron un mayor amarillamiento en el músculo que los animales que se encontraron pastoreando campo natural como único alimento. A los 2 días no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para los parámetros en ninguno de los tratamientos, en el día 7 las diferencias ($P < 0.05$) se dieron en el brillo del músculo del grupo suplementado previo a la faena y a favor de los que en algún momento se suplementaron con expeller, y en los que permanecieron como testigo. A los 14 días

hubo diferencias ($P < 0.05$) en el amarillamiento del músculo con el valor mas alto en los animales que en la recría se suplementaron con expeller durante todo el período, seguidos por los que tuvieron afrechillo.

Los diferentes tipos de alimentación generaron variaciones en los parámetros que determinan el color (L^* , a^* , b^*). La tendencia al pasar del tratamiento Afrechillo-Afrechillo (A-A) al Testigo-Testigo (T-T) fue disminuir los parámetros a^* y b^* a los 14 días y aumentar el parámetro L^* a los 2 días de maduración.

En los trabajos de Boleman et al. (1996), Bolte (2000) que se compararon animales alimentados con concentrados con animales terminados sobre pasturas, encontraron que en los primeros el contenido de mioglobina disminuía dando como resultado valores de L^* mas altos, color mas claro ($P < 0.05$), con menores valores de a^* y b^* . Debemos tener en cuenta que en nuestro ensayo no comparamos animales en encierro con dietas altas en energía con animales alimentados a pasturas. La suplementación con energéticos nos permite tener una respuesta media, y con proteicos baja en animales sobre pasturas con alto contenido de fibra y bajo de proteínas (Sieber y Hunter, citados por Pigurina, 1997), como son las pasturas sobre basalto. Esto puede estar determinando un mejor aprovechamiento de las pasturas, lo cual hace que al aumentar el nivel de energía en la dieta, mejore el color de la carne.

Los valores de L^* , a^* y b^* coinciden con los vistos en otros estudios como en el de Montossi y Sañudo (2004) obteniéndose valores de $L^*=37$, $a^*=20$ y $b^*=10.4$ en novillos Hereford procedentes de pasturas naturales y mejoradas, o como en el trabajo realizado por Brito y Pittaluga (2002c) con novillos 3/4 Braford en el cual los valores obtenidos fueron: $L^*=33.57$, $a^*=24.56$ y $b^*=12.89$.

4.2.9.3 Terneza

Presenta gran importancia económica por ser el principal parámetro que determina la satisfacción del consumidor (Brito 2002b, Peluffo y Monteiro 2002). Según Beckerstaffe, Abularach et al., citados por Jiménez de Aréchaga et al. (2002) los niveles de fuerza de corte exigidos por los mercados más exigentes son menores a 5 KgF.

Los niveles de terneza promedio del músculo *longissimus dorsi* según los días de maduración para los animales alimentados sobre pasturas y los suplementados se muestran en el Cuadro 102. Los valores encontrados cumplían con las exigencias (menor a 5 KgF) a partir del día 7 y se mantenían hasta el día 14 (Figura 25). No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) según el tipo de alimento consumido.

Cuadro 102: Niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según tipo de alimentación

Terneza	FC	Suplementación	Pastura	P
2 días	r3	5.97	5,07	ns
7 días	Ln	4,23	4,18	ns
14 días	Ln	4,18	4,17	ns

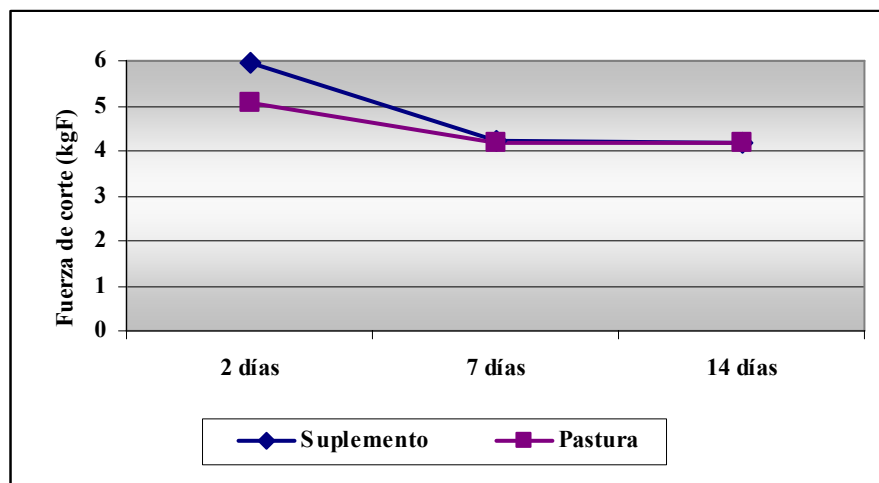
Referencias: ns = no significativo

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

Los datos encontrados en el presente estudio son mayores a los encontrados en el trabajo de Realini et al. (2003) donde la terneza inicial fue aproximadamente de 4.7 en animales sobre pasturas y de 4.5 en animales que se alimentaban con concentrados logrando una terneza a los 14 días de 2.8 y 3.4 respectivamente; sin embargo son un poco inferiores a los resultados del estudio de Montossi y Sañudo (2004) que encontraron en novillos de 3 años un valor de terneza instrumental de 4.8. El estudio de Realini et al. (2003) no encontró diferencias ($P>0.05$) de terneza según el tipo de alimentación en ninguna de las etapas de maduración.

Figura 25: Evolución de los niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según tipo de alimentación.



Como se observa en la Figura 25 la terneza mejora al aumentar el tiempo de maduración de 2 a 7 días y se estabiliza de 7 a 14 días tanto para el grupo de animales que se les suministró suplemento como para el grupo de animales que pastoreaban en un mejoramiento. El periodo de maduración para lograr la máxima terneza en estos

animales fue menor al dicho por Koohmaraie (1996), Lawrie (1998), Brito et al. (2002e) de 10 a 14 días.

En los Cuadros 103 y 104 se muestran los valores promedio de terneza según raza y tipo de alimento utilizado en la recría para los animales que en el último año fueron suplementados o alimentados con pasturas, respectivamente.

Cuadro 103: Niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según raza y tratamiento recría para los animales suplementados

		Raza			Tratamiento recría					
Terneza	FC	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
2 días	Ln	6.72	5.30	Ns	6.74	6.14	5.57	4.96	6.60	Ns
7 días	Ln	4,26	4,10	Ns	5,37	3,60	4,66	3,34	4,24	Ns
14 días	1/Ln	3.73	4.04	Ns	5.12 a	3.65 ab	4.84 a	3.04 b	3.65 ab	*

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P < 0.05$).

ns = no significativo, * = $P < 0.05$

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

Cuadro 104: Niveles de terneza (Fuerza de corte, KgF) según raza y tratamiento recría para los animales sobre pasturas

		Raza			Tratamiento recría					
Terneza	FC	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
2 días	-	5.3	5.2	ns	5.2	4.9	6.0	5.9	4.2	Ns
7 días	Ln	4.2	4.2	ns	3.8	3.4	5.3	4.4	4.2	ns
14 días	r3	4.3	4.2	ns	3.9	3.7	5.0	4.7	4.0	Ns

Referencias: ns = no significativo

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Los niveles de terneza promedio según raza no se diferenciaron significativamente ($P > 0.05$) para los diferentes días de maduración para los animales suplementados ni los que se encontraban en pasturas.

En el grupo de animales suplementados se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el tratamiento realizado el año anterior en el día 14. Los animales que fueron suplementados con afrechillo de arroz presentaron valores de fuerza de corte superiores al resto de los animales. En el grupo de animales donde se alimentaban en

base a pasturas el tratamiento previo no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) en ningún momento de la maduración.

La terneza es afectada en un 60% por variables ocurridas luego de la faena por lo cual el efecto que puede tener el alimento utilizado en la recría a los 14 días de maduración es mínimo.

4.2.9.4 Contenido de grasa intramuscular (GIM)

El contenido de grasa intramuscular (GIM) incide en la calidad organoléptica del producto (jugosidad, terneza y sabor) (Robaina et al. 2002, Scollan et al. 2006) y presenta gran importancia en lo referente a la composición de ácidos grasos y en la salud humana (Scollan et al., 2006). Se mide de manera subjetiva a nivel del área de ojo de bife, mediante el uso de escalas de grado (USDA) (Foto 3, materiales y métodos).

En el cuadro 105 se muestran los resultados del contenido de grasa intramuscular según los factores evaluados y se observa que estos no influyeron en los resultados obtenidos ($P>0.05$).

Cuadro 105: Contenido de grasa intramuscular según raza y tipo de alimentación para los dos años de estudio.

	Raza			Tratamiento recría						Tratamiento engorde		
	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P	Pasturas	Suplemento	P
GIM	205.1	224.6	ns	207.9	240.5	183.6	232.1	210.2	ns	197.5	232.2	ns

Referencias: ns = no significativo

GIM: Contenido de grasa intramuscular. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

En el Cuadro 106, se observan los valores de GIM según el tipo de alimentación dada previo a la faena y el tipo de alimentación anterior. Como puede observarse no existió efecto ($P>0.05$) del tipo de alimentación previa ni en el año de faena en el contenido de grasa intramuscular.

Cuadro 106: Contenido de grasa intramuscular según dieta

Tratamiento engorde	Tratamiento recría					
	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Pastura	190.2	198.8	185.5	213.1	198.3	ns
Suplemento	207.9	239.1	183.6	230.9	211.4	ns

Referencias: ns = no significativo

GIM: Contenido de grasa intramuscular. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E:

4.2.9.5 Ácidos grasos

Los ácidos grasos son componentes importantes de la dieta, constituyendo un aporte considerable de energía (Sanhueza et al., 2002). Algunos ácidos grasos presentan propiedades benéficas para la salud humana y otros son potencialmente dañinos (Valenzuela et al., citados por Sanhueza et al., 2002).

En el cuadro 107 se observan los porcentajes del total de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) del *Longissimus dorsi* en los animales alimentados en pasturas y en los suplementados. No se encontró efecto de la dieta ($P>0.05$) en el total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados ni poliinsaturados.

Cuadro 107: Porcentaje del total de ácidos grasos saturados (AGS), monisaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) del *Longissimus dorsi* según tipo de alimentación

	FC	Suplemento	Pastura	P
AGS	1/Ln	50,5	49,1	ns
MUFA	-	45,4	47,5	ns
PUFA	r3	3,2	2,6	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si ($P<0.05$).

ns = no significativo, * = $P<0.05$; ** = $P<0.01$

CLA: Ácido Linoleico Conjugado.

AGS= ácido graso saturado; MUFA= ácido graso monoinsaturado; PUFA= ácido graso poliinsaturado.

n-3= omega 3; n-6= omega 6

Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

El total de AGS del presente trabajo coincide con los resultados de Realini et al. (2003) pero son superiores a los valores encontrados en Montossi y Sañudo (2004) en novillos de 3 años y muy superiores a los vistos por Gil y Huertas (2001). Comparando estos tres trabajos nacionales con los resultados de los ácidos grasos insaturados se observó que los resultados de MUFA fueron superiores y los de PUFA sensiblemente inferiores, sobre todo en los animales provenientes de pasturas naturales donde se esperaba un mayor contenido de éstos ácidos grasos.

En el Cuadro 108 se observan los promedios de los principales ácidos grasos encontrados en la carne vacuna para los dos tipos de alimentación utilizada durante los últimos meses previos a la faena.

Cuadro 108: Porcentaje de los principales ácidos grasos en el *Longissimus dorsi*

	FC	Suplemento	Pastura	P
14: 0 (Mirístico)	-	1,03	1,15	ns
16: 0 (Palmítico)	1/Ln	26,01	24,72	ns
18: 0 (Estearico)	-	20,71	20,02	ns
18:1 (Oléico)	-	43,52	45,43	ns
18:2 (Linoleico)	r3	2,31 a	1,67 b	*
18:3 (Linolénico)	Ln	0,19	0,27	ns
CLA (ácido linoleico conjugado)	r3	0,30	0,31	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05).

ns = no significativo, * = P <0.05; ** = P<0.01

Ln= logaritmo neperiano; 1/Ln= inverso de logaritmo neperiano; r3= potencia

El tipo de alimentación no tuvo influencia (P>0.05) en el contenido de los ácidos grasos saturados (14:0, 16:0 y 18:0), monoinsaturados (18:1) y en el CLA. En el caso de los polinsaturados tampoco influyó la cantidad de ácido linolénico (18:3) pero si en la de ácido linoleico (18:2), siendo mayor en el caso de los animales suplementados. Schindler et al. (2004) tampoco encontraron diferencias trabajando con animales en pastoreo y animales suplementados.

Comparando los resultados de cada uno de los ácidos grasos se observó que en general el contenido de 14:0 fue un poco menor en el presente trabajo, el de 16:0 y 18:0 mayor. Estos últimos dos estarían explicando las diferencias encontradas en el total de ácidos grasos saturados con los estudios comparados. Para el caso de los ácidos grasos insaturados (MUFA y PUFA) y de CLA el contenido encontrado en este estudio fue menor al de los trabajos nacionales, a excepción del 18:3 que a pesar del bajo contenido encontrado fue menor al visto por Gil y Huertas (2001) en su estudio.

En el cuadro 109 se muestran las relaciones de los ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi*. En el Anexo 10 se pueden ver los resultados de la cantidad de grasa, contenido de ácidos grasos totales y el contenido individual de ácidos grasos según raza y tratamiento durante la recría según la alimentación realizada en los meses previos a la faena donde no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) para los factores estudiados.

Cuadro 109: Relación de los ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi*

	FC	Suplemento	Pastura	P
PUFA/AGS	r3	0,06	0,05	ns
n-6/n-3	Ln	11,66 a	5,99 b	**

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05).

ns = no significativo, ** = P<0.01

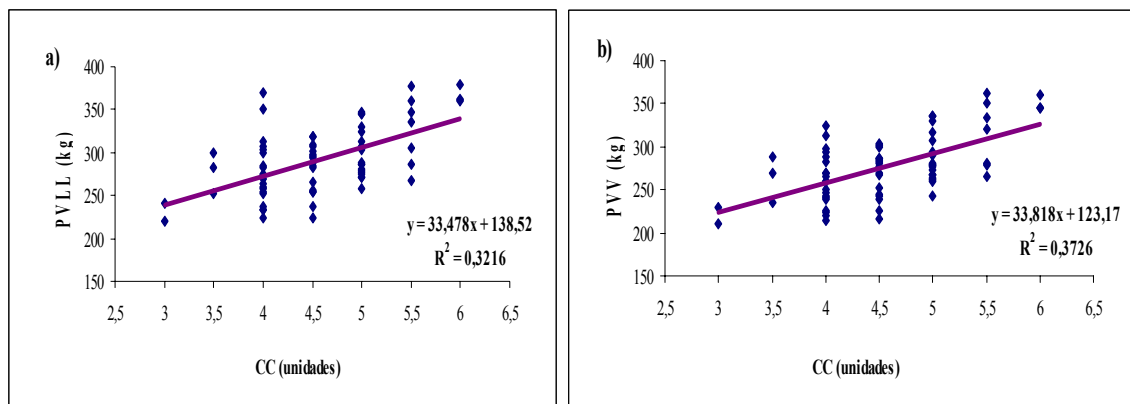
La relación de ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos saturados no presentó diferencias ($P>0.05$) con los diferentes tipos de alimentación, sin embargo en la relación n-6/n-3 se observó una clara diferencia según el tipo de alimento utilizado.

La relación encontrada entre los PUFA y los AGS es muchísimo menor a la deseable desde el punto de vista de la salud humana (mayor a 0.45) y se debe principalmente al bajo contenido de ácidos grasos poliinsaturados (18:2 y 18:3). La relación n-6/n-3 tampoco resultó dentro de los valores recomendables (menor que 4). Los animales que se suplementaron con afrechillo de arroz presentaron una relación muy superior a la recomendada y en los alimentados sobre pasturas se encontró por encima del nivel recomendable. Esto está relacionado al bajo contenido de ácido linolénico (18:3) que se encontraron en las muestras analizadas.

4.3 RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

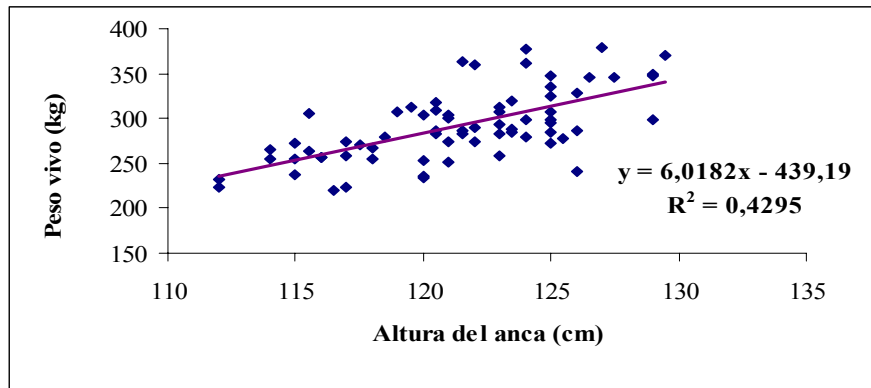
En la Figura 26 se observa la relación existente entre la condición corporal (CC) y el peso vivo lleno (a) y el peso vivo vacío (b) de los animales durante la etapa de recría y en la Figura 27 la relación que existe entre la altura del anca (cm) y el peso vivo lleno.

Figura 26: Asociación entre la condición corporal (CC) y el peso vivo lleno (PVLL, a) y peso vivo vacío (PVV, b) durante la etapa de recría.



Se puede observar que existe una baja asociación ($R^2 < 50$) entre la condición corporal y el peso vivo, sin embargo existe un mayor ajuste entre el peso vivo vacío y la condición corporal con respecto al peso vivo lleno. Esto puede explicarse por las diferencias en el contenido del tracto gastrointestinal que causan las diferentes dietas que determinan mayor variabilidad en el peso vivo lleno.

Figura 27: Asociación entre la altura del anca (AA, cm) y el peso vivo lleno

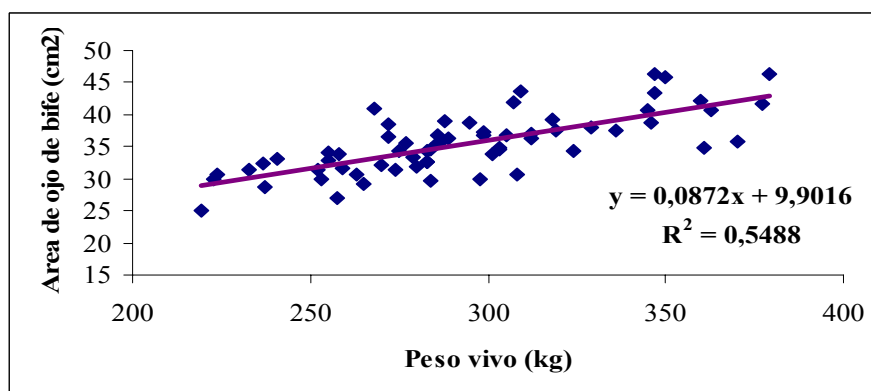


La asociación existente entre la altura del anca y el peso vivo presenta valores bajos ($R^2 < 50$) pero podría estar explicando un poco mejor el peso vivo con respecto a la condición corporal.

En la Figura 28 se muestra la relación que existe entre el área de ojo de bife y el peso vivo. Del total de medidas realizadas, el peso vivo es la que explica mejor el crecimiento del área de ojo de bife, encontrándose una buena correlación ($r = 0.74$).

Se encontraron asociaciones muy bajas entre las mediciones de espesor de grasa y el resto de las variables ($r < 0.40$).

Figura 28: Relación entre el área de ojo de bife y el peso vivo

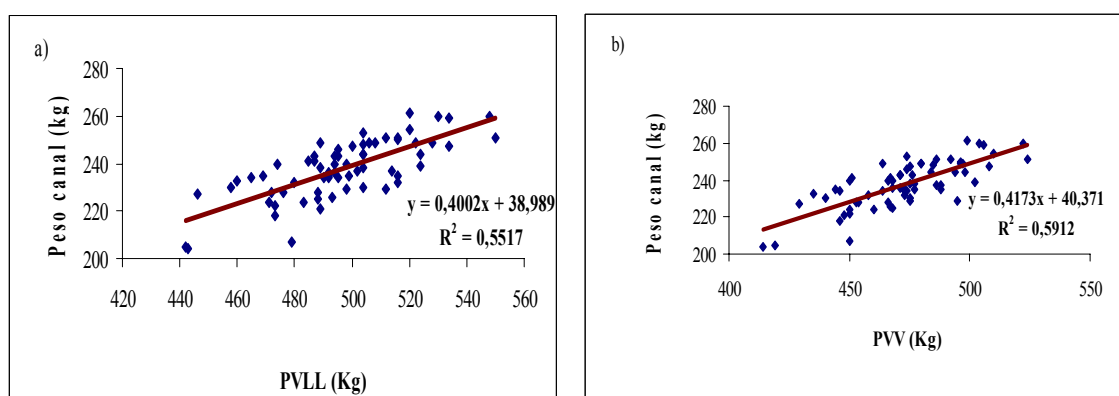


4.3.1 Asociaciones entre características medidas *in vivo* y *pos mortem*

De las determinaciones realizadas *in vivo* (peso vivo lleno, peso vivo vacío, área de ojo de bife y espesor de grasa) las que mejor se relacionaron con el peso de la canal fue

el peso vivo lleno y vacío con coeficientes de correlación de 0.75 y 0.77 respectivamente. En la figura 29 se muestran las asociaciones existentes entre el peso canal caliente con el peso vivo lleno (PVLL, a) y vacío (PVV, b). Como puede observarse el peso canal se explicaría en un 57% y 59% según el peso vivo lleno y vacío respectivamente. La mayor relación que se encuentra con el peso vivo vacío podría deberse a que se pierden las mayores variaciones de peso existentes en el peso vivo lleno por el llenado del tracto gastro intestinal.

Figura 29: Relación entre peso canal caliente y peso vivo lleno (PVLL, a) y vacío (PVV, b).



El rendimiento carnicero presentó bajas correlaciones con las mediciones realizadas previo a la faena. Para el peso de la media res izquierda se encontraron las mayores asociaciones con el peso vivo lleno y vacío (Figura 30).

Figura 30: Relación entre peso media res y peso vivo lleno (PVLL, a) y peso vivo vacío (PVV, b)

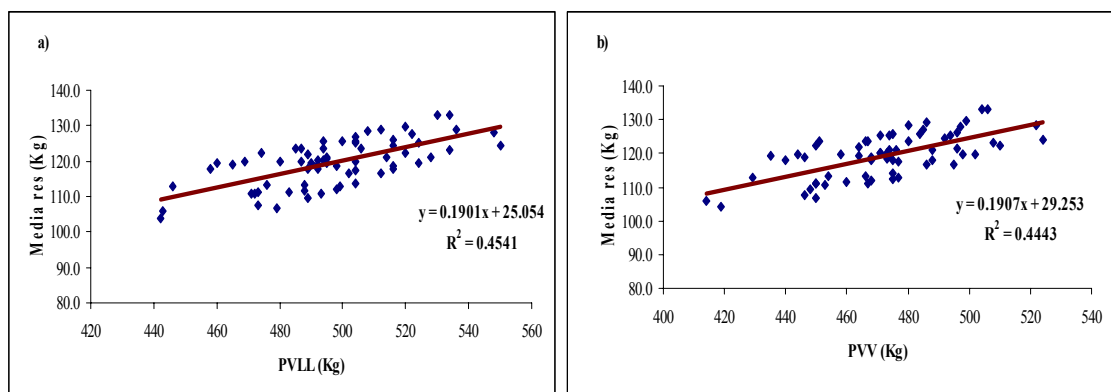
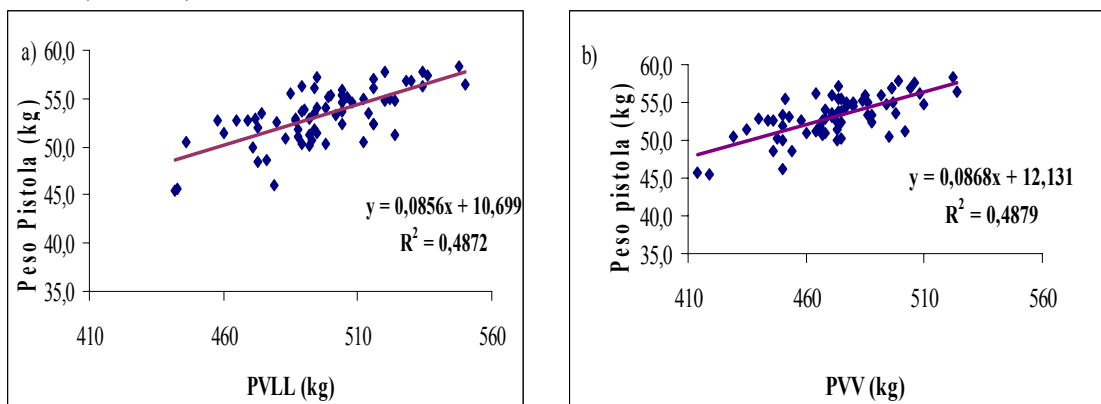


Figura 31: Relación entre peso corte pistola y peso vivo lleno (PVLL, a) y peso vivo vacío (PVV, b).



En las figuras 32 y 33 se observan las asociaciones existentes entre las medidas tomadas con ultrasonografía previo a la faena (AOB y EGS) y las tomadas en la canal.

Figura 32: Asociaciones entre área de ojo de bife medida por ultrasonografía y área de ojo de bife medida con acetato.

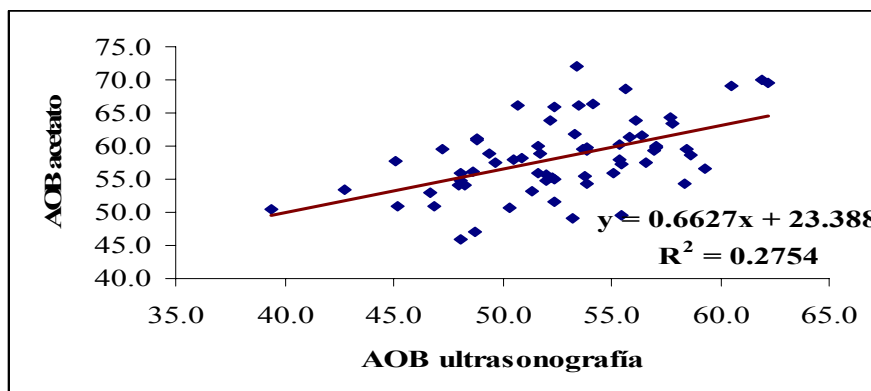
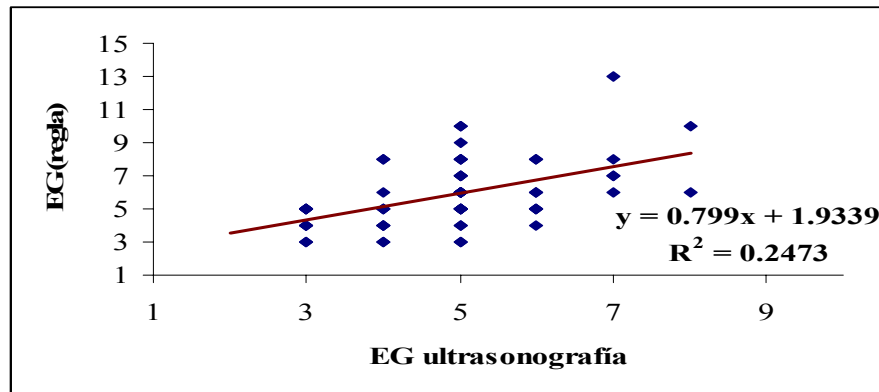
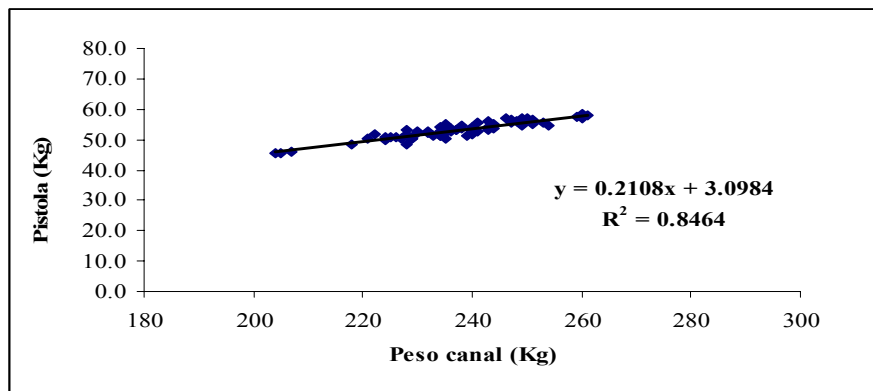


Figura 33: Asociaciones entre espesor de grasa medida por ultrasonografía y espesor de grasa medida con regla



La correlación encontrada entre el área de ojo de bife medida por ultrasonografía y por acetato coincide con lo dicho por Brito y Pringue (2001) donde raramente dan valores menores a 0.5. La correlación encontrada en el presente trabajo tuvo un valor de 0.52. Las correlaciones entre el espesor de grasa medido por ultrasonido y el medido directamente en la canal presentaron valores inferiores de 0.49.

Figura 34: Asociaciones entre el peso de la canal (Kg) y el peso del corte pistola (Kg)



4.3.2 Asociaciones entre las variables de calidad de carne

4.3.2.1 Análisis de correlación

Al analizar los parámetros de medición de color a nivel del músculo a los 2 y 7 días de maduración vemos que hay una correlación negativa entre el pH final de la carne tomado a las 48 horas luego de la faena ($P < 0.01$) y a los 14 días una correlación negativa con L^* y positiva pero débil con a^* y b^* dejando de ser significativas ($P > 0.05$) (Cuadro

110, Anexo 11). Esto indica que la carne pierde brillo, intensidad de rojo y es menos amarilla. La misma tendencia fue encontrada por Ledward et al., citados por Page et al. (2001), donde a mayores valores de pH se asociaron a colores más verdes y azules y pH más bajo a carne más roja y amarilla. El resultado es que a pH más alto la carne tiene una apariencia más púrpura, mientras que con pH más bajo el sea más anaranjado. Las correlaciones negativas entre el pH y las medidas del colorímetro pueden ser explicadas por la reflexión de la luz del agua libre y en la oxigenación de la mioglobina.

Cuadro 110: Coeficientes de correlación (r) de las variables analizadas con pH

	Variables	pH
2 días	L*	-0.43
	a*	-0.71
	b*	-0.75
7 días	L*	-0.58
	a*	-0.55
	b*	-0.73
14 días	L*	-0.19
	a*	0.04
	b*	0.20

Wulf et al., citados por Wulf et al. (1999), encontraron en su estudio que b* es el mejor predictor del pH del músculo ($r = -0.60$), a* intermedio ($r = -0.52$) y L* el más pobre ($r = -0.48$).

La terneza final de la carne presentó correlaciones muy bajas con los parámetros (L*, a* y b*) que definen el color final de la carne (Anexo 12)

4.3.2.2 Análisis de regresión

Se realizó un análisis de regresión para evaluar el grado de terneza según las características medidas en la canal y en la carne y poder determinar la o las mejores variables que explican la misma. En el modelo se incluyeron las variables independientes determinadas como pH, color, canal y engrasamiento, pero ninguna presentó un aporte significativo.

5 CONCLUSIONES

El tipo de alimentación (pasturas, pasturas más suplementación), el tipo de suplemento utilizado (afrechillo de arroz y expeller de girasol) y la época de suplementación (otoño-invierno e invierno) durante la recría causaron diferencias en el crecimiento y desarrollo animal, de las razas Hereford y Braford.

Las disponibilidades de forraje en campo natural presentaron una misma tendencia en todos los tratamientos no existiendo diferencias significativas entre ellos; sin embargo se encontraron diferencias significativas según el tipo de suelos (superficial vs. profundo), a favor de los suelos profundos, presentando ambos una disminución progresiva en la medida que el ensayo avanzaba.

En cuanto a la calidad del forraje tampoco se encontraron diferencias significativas, lo que supone que las diferencias entre las performances animales se debieron a los diferentes tratamientos y al periodo por el cual estos fueron suplementados.

De acuerdo a los suplementos suministrados existieron diferencias en el consumo de proteína de los diferentes tratamientos, siendo mayor el consumo de la misma en el grupo de animales que se les suministró expeller de girasol al 0.5 % PV (suplemento proteico), seguidos por los animales que consumieron afrechillo de arroz al 1% PV (suplemento energético proteico) y por ultimo los que se alimentaron únicamente con pasturas naturales. A pesar del mayor consumo de proteínas, de los animales suplementados con expeller de girasol, esto no se reflejó en las ganancias de pesos. Esto se debe a un posible desbalance energético/proteico en el rumen, la cual la energía sería la limitante para mejorar las ganancias de peso.

El consumo de suplemento durante la recría marcó diferencias significativas en las ganancias de peso vivo, en el peso vivo lleno, peso vivo vacío, condición corporal, área de ojo de bife y espesor de grasa medido en la 12-13^{er} costilla y a nivel del cuadril a favor de los que consumieron afrechillo de arroz a razón del 1 % del PV durante otoño e invierno.

El efecto raza quedó marcado, por una menor adaptación al frío de la raza Braford, cuyas ganancias de peso, a partir del mes junio comienzan a ser menores, llegando al final de la suplementación (17/09/04) con menores pesos que lo animales Hereford. Lo contrario pasó en el verano del 2005, donde en las mismas condiciones de pastoreo, los Braford tuvieron mejores ganancias diarias de peso.

El sistema de alimentación provocó diferencias de peso que se vieron reflejadas en el peso vivo que presentaron los animales durante la terminación. La suplementación con afrechillo en otoño e invierno o únicamente en invierno permitió obtener las mayores ganancias y pesos, diferenciándose del resto de los tratamientos aun en el año siguiente

(2005). El tipo de alimento suministrado en esta etapa (campo natural más suplementación y campo natural mejorado) y las diferencias de peso de los grupos de animales causaron que se logaran los requerimientos de faena en diferentes momentos.

Los novillos que lograron mayores pesos (A-A, T-A) luego de terminada la suplementación de 2004 alcanzaron los requerimientos de faena 2 meses antes que los animales que no fueron suplementados (T-T) en dicho año o que el suplemento no permitió una buena performance (E-E, T-E). La mayor cantidad de animales que fueron faenados en la primera faena provenían del mejoramiento de campo.

En las medidas realizadas *in vivo* previo a la faena se encontraron diferencias únicamente en el espesor de grasa medido a nivel de la 12-13^{er} costilla a favor de los animales que fueron suplementados con afrechillo de arroz en el año de faena.

Para las determinaciones *pos mortem* se encontraron diferencias significativas según el sistema de alimentación en el peso de la canal caliente y en el rendimiento carnicero para los animales que fueron suplementados con afrechillo en el año 2005. La raza tuvo efecto en el rendimiento carnicero a favor de los animales Braford.

En las medidas tomadas en la canal al igual que en las medidas tomadas *in vivo* se encontraron diferencias en el espesor de grasa a nivel de la 12-13^{er} costilla en el grupo suplementado durante otoño e invierno de 2005.

Se encontraron diferencias raciales en las medidas realizadas sobre la canal, el área de ojo de bife presentó mayores valores en los animales Braford y el espesor de grasa en los Hereford.

El corte pistola y la suma de los cortes valiosos no presentaron diferencias relevantes para los tratamientos 2004 y 2005. En cuanto a la raza se encontraron diferencias en algunos cortes que surgen del corte pistola, pero dichas diferencias desaparecieron al analizar el total de cortes valiosos. Entre razas también se encontró diferencias en la relación SC/PP (suma de cortes / peso pistola) y PH/PP (peso de los huesos / peso pistola), siendo mayor para Braford en el primer caso y Hereford en el segundo.

En cuanto a las exigencias de la industria como peso de canal mayor a 230 Kg, espesor de grasa mayor a 5 mm y peso del bife mayor a 4 Kg, se encontró que la mayor proporción de animales que cumplían dichos requerimientos se encontraron alimentados con afrechillo de arroz durante el 2005. De los animales alimentados sobre pasturas el 58.8 % cumplió con el requerimiento de canal, el 38.2 % el espesor de de grasa y el 64.7 % el peso del bife. De los animales suplementados el 87.9 % cumplió con el requerimiento de canal, el 51.5 % el espesor de de grasa y el 84.8 % el peso del bife.

El pH medido a las 24 horas *pos* faena presentó valores considerados normales en todos los animales, sin embargo el medido a las 48 horas *pos* faena registró valores dentro del rango considerado como normal para los animales suplementados pero en los animales que se encontraron en el mejoramiento de campo se registró un valor por encima del normal.

En cuanto al color de la carne sobre el músculo *Longissimus dorsi* al momento de la faena se encontró que el parámetro L* (luminosidad) fue mayor en los animales suplementados, el color de la grasa no presentó diferencias significativas. Según el tipo de alimentación de los meses previos a la faena no se encontraron diferencias en ninguno de los parámetros que determinan el color en los días siguientes (7 y 14 días de maduración). Sin embargo si se vieron diferencias en los tratamientos del año anterior a la faena (2004) donde los animales suplementados con afrechillo de arroz presentaron mayor b* (amarillamiento) en el músculo, y los que se suplementaron con expeller de girasol y los que se alimentaron únicamente sobre campo natural mayor L* (luminosidad) a los 7 días de maduración.

Otro parámetro de importancia y quizás el más buscado por el consumidor es la terneza de la carne, la cual aumento en la medida que la maduración transcurría (2 a 14 días), y en donde los niveles se mantuvieron a partir del día 7 por debajo de la exigencias (menor a 5 KgF); no presentando diferencias significativas según el tipo de alimento consumido. Esto explica que los mayores problemas en la terneza de la carne están explicados por factores ocurridos luego de la faena y no por el tratamiento previo a la misma.

Otro factor que estaría incidiendo en la calidad organoléptica es el contenido de grasa intramuscular (GIM, Marbling), que para este ensayo no existieron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

El sistema de alimentación no provocó cambios en el contenido de AGS, MUFA y PUFA. Según el contenido de cada uno de los ácidos grasos estudiados se observó que la cantidad de ácido linoleico (18:2) fue mayor en el grupo de animales alimentados en el mejoramiento de campo. En el resto de los ácidos grasos y en la proporción de CLA la dieta no influyó en su contenido.

La relación PUFA/AGS no se afectó por el tipo de alimento y fue menor a la recomendable. La relación n-6/n-3 se vió afectada por el tratamiento, siendo mayor en los animales que fueron suplementados con afrechillo de arroz a razón del 1 % PV, sin embargo la relación en ambos casos se encontró muy por encima del nivel aceptable (menor a 4).

Dentro de animales de una misma categoría y raza, al aumentar peso vivo, aumenta el área de ojo de bife, debido a que existe una alta correlación ($r = 0.74$), entre las dos medidas.

Otras medidas que presentaron un buen grado de asociación fueron las de peso vivo lleno y peso vivo vacío con el peso de canal caliente, ajustándose mejor el peso vivo vacío debido a que se pierden las variaciones de peso que puedan haber por el efecto de llenado del tracto gastrointestinal.

Si comparamos mediante asociación de variables las mediciones de ultrasonografía realizadas en el campo con las que se realizaron *post mortem* encontramos valores en el entorno de 0.5 tanto para las realizadas en AOB como en espesor de grasa; esto nos indica que la ultrasonografía es una buena herramienta a tener en cuenta a la hora de seleccionar animales, previo a la faena, para las dos características mencionadas anteriormente.

En cuanto a la calidad de la carne, mas específicamente el color a nivel del músculo, en la medida que avanza la maduración el pH aumenta por lo que la carne pierde brillo, intensidad de rojo y es menos amarilla; a nivel de mercado esto es lo menos deseable para el consumidor.

6 RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue medir la incidencia del uso estratégico de la suplementación (proteica y energética) de novillos de sobreaño pastoreando campo natural, sobre las características del crecimiento animal durante el periodo de engorde y el rendimiento carnicero y la calidad de la carne de sus respectivas canales. El experimento se realizó en la Unidad Experimental “Glencoe”, perteneciente a la Estación Experimental INIA Tacuarembó. El periodo de estudio en la etapa de recría comprendió otoño e invierno de 2004 y en la etapa de terminación otoño e invierno de 2005. Se utilizaron 70 novillos de sobreaño (Hereford y Braford) con un peso promedio al inicio del ensayo de 240 Kg y una carga inicial de 0.8 UG/ha. Las variables estudiadas durante la recría fueron el tipo de suplementación (energético y proteico), el momento de suplementación (otoño e invierno), el tipo de suelos (superficiales y profundos) y la raza (Hereford y Braford). Durante la etapa de terminación las variables fueron el tipo de alimentación (suplementación y mejoramiento) y la raza (Braford y Hereford). El diseño experimental consistió en un análisis de varianza de tres vías con repetición para la recría y de dos vías para la terminación. Las variables estudiadas fueron en la pastura disponibilidad (KgMS/ha) y altura (cm) del forraje, composición botánica, valor nutritivo (proteína cruda (PC) y fibra detergente ácida (FDA); en el suplemento valor nutritivo (PC y FDA); en los animales en la recría peso vivo lleno (PVLl) y vacío (PVV), condición corporal (CC), altura del anca (AA), área de ojo de bife (AOBu) y espesor de grasa subcutánea entre la 12-13^{er} costilla con ultrasonido (EGSu) y espesor de grasa a nivel del cuadril (P8); en los animales durante la terminación peso vivo lleno (PVLl) y vacío (PVV), condición corporal (CC), área de ojo de bife (AOBu) y espesor de grasa subcutánea entre la 12-13^{er} costilla con ultrasonido (EGSu); en las canales peso canal caliente (PCC), espesor de grasa subcutánea (EGS) y área de ojo de bife (AOBf) entre la 10-11^a costilla, peso de la media res, peso del corte pistola y cortes valiosos y en la carne, pH, color, terneza, marbling y ácidos grasos del *Longissimus dorsi*. El sistema de alimentación presentó efectos en las variables medidas en los animales durante la recría marcando diferencias significativas en PVLL ($P < 0.01$), GMD ($P < 0.01$), PVV ($P < 0.01$), CC ($P < 0.05$), AOB ($P < 0.01$), EGSu ($P < 0.01$) y P8 ($P < 0.05$). Las diferentes dietas suministradas a los animales durante la recría y la terminación determinaron que los animales llegaran a los requerimientos de faena en diferentes momentos. Considerando la alimentación final se observó que una mayor proporción de animales alimentados sobre mejoramiento cumplió los requisitos de faena antes y según el tratamiento anterior se observa que los animales que habían presentado un mejor comportamiento, como los animales suplementados con afrechillo de arroz lograron antes las exigencias, independiente del sistema de alimentación del último año. El sistema de alimentación durante la terminación presentó efecto en el PCC ($P < 0.05$), RC ($P < 0.01$) y EGS ($P < 0.01$). En el AOBu no se encontraron diferencias entre los diferentes tratamientos. El pH a las 24 horas *pos faena* no presentó diferencias según la dieta suministrada. El color y la terneza no presentaron diferencias significativas en los periodos de maduración estudiados. La proporción total de AGS, MUFA y PUFA no se

vieron afectadas por el tipo de alimentación y en las proporciones individuales se encontraron diferencias únicamente en el 18:2 ($P < 0.05$), marcando una diferencia en la relación n-6/n-3 ($P < 0.01$). Con el objetivo de medir el grado de asociación entre las variables, se realizó un análisis de regresión. Se encontraron asociaciones entre, CC y PV de 0.5, AA y PV menor a 0.5, PV y AOBu de 0.74, y EGSu con el resto de las variables de 0.4. Para las medidas realizadas *in vivo* y *pos mortem*, la correlación entre PVL1 y PCC fue de 0.75, entre PVV y PCC 0.77, entre AOBu y AOBa fue de 0.52 y entre EGSu con la medida directamente sobre la canal de 0.49. Para las variables de calidad de carne la correlación fue negativa para el color del músculo a los 2 y 7 días de maduración con el pH a las 48 luego de la faena, siendo los valores para L^* , a^* y b^* , -0.43,-0.71,-0.75 y -0.58,-0.55,-0.73, a los 2 y 7 días respectivamente. A los 14 días de maduración la correlación fue negativa con L^* , -0.19 y positiva con a^* y b^* , 0.04 y 0.20 respectivamente.

Palabras clave: Novillos; Recría; Terminación; Suplemento; Raza; Calidad de carne.

7 SUMMARY

The objective of this study was to measure the incidence of the strategic use of the supplements (protein and/or energy) of steers grazing in natural areas, on the animal growth characteristics during the fattening period, butcher performance and the beef quality and their respective carcass. The experiment was carried out in the Experimental Unit “Glencoe”, in the Station INIA Tacuarembó. The period of study at the stage of breeding was carried out in autumn and winter of 2004, and completion stage in autumn and winter of 2005. There were 70 steers (Hereford and Bradford) with an average weight at the start of the test of 240 Kg and an initial charge of 0.8 UG/ha. The variables in study during the breeding stage were, the type of supplements (energetic and protein concentrate), the moment of supplementation (autumn and winter), the witness groups grazing natural field (surface ground and profound ground) and the breed (Bradford and Hereford). The experimental design consisted in variance analysis of three routes with repetitions on the breeding stage, and two routes to the fattening stage. The studied variables were: a) in the pasture: availability (KgMS/ha) and forage height (cm), botanical composition, nutritional value (crude protein (PC) and acid detergent fibre (FDA)), b) in the supplement: nutritional value (crude protein (PC) and acid detergent fibre (DFA)), c) in the animals during the breeding stage, full live weight (WLF) and vacuum live weight (WLV), corporal condition (CC), haunch height (HH), ultrasound measure such as rib-eye area (ARu), thickness of subcutaneous fat among 12-13^{er} rib (TFSu) and fat level thickness of the haunch (P8), d) in the animals during the termination stage, full live weight (WLF) and vacuum live weight (WLV), corporal condition (CC), ultrasound measured like rib-eye area (ARu) and subcutaneous fat thickness among 12-13^{er} rib (TFSu), e) in the hot carcass weight, (WCH), subcutaneous fat thickness among 12-13^{er} rib (TFSu), rib-eye area (ARu), half left head of cattle weight (WCHLH), pistol cut weight (WPC) and the cuts arising from the same, f) in the meat: pH, colour, tenderness, marbling and fatty acids of the *Longissimus dorsi* muscle. The feeding system presented effects on measured variables in animals during breeding, showing in the WLF significant differences ($P<0.01$), average daily gain, $P<0.01$), WLV ($P<0.01$), CC ($P<0.05$), ARu ($P<0.01$), TFSu ($P<0.01$) and P8 ($P<0.05$). The different diets provided during the breeding and fattening state, caused the animals to reach slaughter at different time. Considering the treatment in 2005, it was observed that a greater proportion of fed animals on improving met, reached before the slaughter requirements, and taking into account the treatment of the previous year it was observed that the animals had submitted an improved performance in terms of weight evolution, as was the group of animals supplemented with rise bran, achieved before the requirements independently from the feeding system for the last year. The feeding system during fattening had effects on carcass weight ($P<0.05$), butcher yield ($P<0.01$) and TFSu ($P<0.01$). In ARu no differences were found between the different treatments. At 24 hours post slaughter pH had no differences according to the diet. The colour and tenderness presented no significant differences in the maturity periods studied. The total

proportion of saturate fatty acids, mono-insaturated fatty acids and poli-insaturated fatty acids were not affected by the type of food and in the proportion of fatty acids individual differences were found only in the 18:2 ($P<0.05$), showing a difference in the relation n-6/n-3 ($P<0.01$). In order to measure the variable association degree, a regression analysis was carried out. On the animals measures there was association among corporal condition and live weight of 0.5, haunch height and live weight less than 0.5, live weight and rib-eye area of 0.74, and fat thickness with the rest of the variables of 0.4. For the meat quality variables, the correlation was negative for the muscle colour at 2 and 7 days of ripening with the pH at 48 hours after the slaughter, being values for L^* , a^* , and b^* , -0.43, -0.71, -0.75, -0.58, -0.55, -0.73, at 2 and 7 days respectively. The correlation was negative at 14 days of ripening with L^* , -0.19 and positive with a^* and b^* , 0.04 and 0.20 respectively.

Keywords: Steers; Breeding; Fattening; Supplement; Breed; Meat quality.

8 **BIBLIOGRAFÍA**

1. ACOSTA, Y. 2006. Conjunto de sugerencias para enfrentar mejor la presente crisis. (en línea). La Estanzuela, INIA. s.p. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documIntos/le/pol/2006/pol_82.pdf
2. ALBERTÍ, P.; PANEA, B.; RIPIO, G.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J.; HEGUERUELA, I.; CAMPO, M.; SERRA, X. 2005. Medición del color. In: Cañeque, V., Sañudo, C., eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. pp. 216-225 (Serie ganadera no. 3).
3. ANDREO, N.; CASTRO, H.; VOTTERO, D. 2001. Las bajas ganancias de peso de los novillos durante el otoño. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 11 jun. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_ingorde_pastoril_o_a_campo/44-las_bajas_ganancias_de_peso_de_los_novillos_In_otono.htm#_top
4. ASENJO, B.; MIGUEL, J.; CIRIA, J.; CALVO, J. 2005a. Factores que influyen en la calidad de la canal. In: Cañeque, V., Sañudo, C., eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. pp. 24-46 (Serie ganadera no. 3).
5. _____.; _____.; _____.; _____. 2005b. Factores que influyen en la calidad de la carne. In: Cañeque, V.; Sañudo, C., eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. pp. 36-46 (Serie ganadera no. 3).
6. ÁVILEZ, J. 2006. Incidencia de la alimentación en el engrasamiento de la canal. (en línea). Córdoba, Universidad de Córdoba. 36 p. Consultado 1 jul. 2006. Disponible en http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/06_18_52_trabajo_de_carne.pdf
7. AYALA, A. 2002. Condición corporal en bovinos. (en línea). Consultado 18 ago. 2006. Mérida, Universidad de Yucatán. pp. 42-46. Disponible en <http://www.uady.mx/~veterina/Modulos/modulos/Modulo-Nutricion07/DocumIntos/cc-ayala.html>
8. BALBUENA, O.; KUCSEVA, C. D.; GÁNDARA, F. R.; STAHRINGER, R. C. 2003. Frecuencia de suplementación energética y energética proteica en recría y terminación de bovinos en condiciones de pastoreo. (en línea). Revista Argentina

- Prododucción Animal. 20(1): 58-59. Consultado 11 jun. 2006. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/bInitez/info/documIntos/alimIn/art/alimIn22.htm>
9. BARCELÓ E.; PEREYRA, J. 2005. Recepción de carne vacuna; reinspección y registro. (en línea). Montevideo, D.N.S.FF.AA. 65 p. <http://www.dnsffaa.gub.uy/adq/carne.pdf>
10. BARRIADA, M. 1995. Calidad de la carne: parámetros de referencia y factores que la condicionan. Formación Ganadera. no. 8: 11-2.
11. BARTABURU, S.; COOPER, P.; LANFRANCONI, M.; OLIVERA, L. 2003. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el periodo otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
12. BAVERA, G. 2005. Escala de tamaño, estructura corporal o frame score. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 10 may. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/frame_score/11-tamano_o_frame.htm
13. BEGOÑA, M. 1999. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en añojos de razas Charolés y Serrana Soriana. Tesis de Doctorado. Madrid, España. Facultad de Ingenierías Agrarias. 226 p.
14. BELLENDÁ, O. 2002. La ultrasonografía aplicada a la calidad y capacidad carnicera en el animal vivo. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. s.p. Consultado 2 abr. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/25-ultrasonografia_aplicada_a_la_produccion.htm#_top
15. BERETTA, V; SIMEONE, A. 2004. La suplementación como alternativa para el incremento de la productividad en sistemas invernadores. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2004, Paysandú). Manejo nutricional del ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 11-17.
16. BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. 1976. New concepts of cattle growth. New York, Sydney University. 240 p.
17. _____.; _____. 1979. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Zaragoza, Acribia. 297 p.

18. _____.; WALTERS, L. 1983. The meat animal; changes and challenges. *Journal of Animal Science*. 57 (Suppl. 2): 133-147.
19. BERRETA, E. 1998a. Principales características climáticas y edáficas de la región de Basalto en Uruguay. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 3-10. (Serie Técnica no. 102).
20. _____. 1998b. Principales características de las vegetaciones de los campos de Basalto. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campo (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-22. (Serie Técnica no. 94).
21. _____.; BEMHAJA, M. 1998c. Producción estacional de comunidades sobre suelos de basalto de la Unidad Queguay chico. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-20. (Serie Técnica no. 102).
22. _____. 2003. Aspectos del manejo de campo natural. *In*: Seminario de Campo Natural y la Empresa Ganadera (2003, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, IPA. pp. 29-32.
23. BERTRAND, J. 2005. Evaluación de la res en ganado de carne. *Revista Angus* (Buenos Aires). 228: 84-88.
24. BINELLO, O.; ROMERO, R. 2005. Tamaño animal y producción. (en línea). s.n.t. 2 p. Consultado 9 may. 2006. 2 p. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/frame_score/00-frame.htm
25. BOCCO, O.; BAVERA, G.; BEGUET, H.; PETRYNA, A. 2005. Crecimiento, desarrollo y precocidad. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 10 may. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/exterior/05-crecimiInto_desarrollo_y_precocidad.htm
26. BOLEMAN, S.; MILLAR, R.; BUYCK, M.; CROSS, H.; SAVELL. 1996. Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science*. 74: 2187-2194.
27. BOLTE, R. 2000. Palatability and color of red meat from forage and concentrate fed

livestock. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 10 jul. 2006. Disponible en http://uwadmnweb.uwyo.edu/RInewableResources/range/Powell/palatability_of_meat.

28. BRITO, G.; PRINGLE, D. 2001 Conceptos generales de ultrasonografía. *In:* Utilización de ultrasonografía para la predicción de la composición y calidad de la canal. Montevideo, INIA. pp. 1-48. (Actividades de Difusión no. 261).
29. _____.; SAN JULIÁN, R.; MONTOSI, F.; CASTRO, L.; ROBAINA, R. 2002a. Caracterización de la terneza, pH, temperatura y el color pos mortem en corderos pesados machos y hembras: resultados preliminares. *In:* Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos. Carne ovina de calidad 1998-2001. Tacuarembó, INIA. pp.125-134 (Serie Técnica no. 126).
30. _____. 2002b. Factores que afectan el rendimiento y calidad de las canales. *In:* Montossi, F. ed. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica; avances obtenidos. Carne ovina de calidad 1998-2001. Tacuarembó, INIA. pp.47-53 (Serie Técnica no. 126).
31. _____.; PITTALUGA, O. 2002c. Incorporación de genética cebuina; II. Efecto en la calidad de producto en Braford. *In:* Seminario de Actualización Técnica (2002). Cruzamientos en bovinos para carne; resultados preliminares. Montevideo, INIA. pp. 69-80 (FPTA no. 83).
32. _____.; DE MATTOS, D.; MONTOSI, F. 2002d. Situación y perspectivas de la investigación en calidad de carnes en el Uruguay; el enfoque de INIA. *In:* Congreso Latinoamericano de Buiatría (10°.), Jornada de Buiatría (30as., 2002, Paysandú). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 182-187.
33. _____.; MONTOSI, F.; SAN JULIÁN, R.; DE MATTOS, D.; FIGURINA, G.; COZZOLINO, D. 2002e. La terneza; un atributo indispensable de la calidad de la carne. Anuario Hereford de Uruguay 2002: 93-98.
34. _____.; JIMÉNEZ DE ARECHAGA, C. 2004. El crecimiento de los diferentes tejidos en el animal y su efecto en la composición de la canal. (en línea). Tacuarembó, INIA. sp. Consultado 10 may. 2006. Disponible en <http://www.inia.org.uy/prado/2004/composicion%20de%20la%20canal.htm>
35. CALVO, M. 2006. Ácidos grasos. Bioquímica de los alimentos. (en línea). Zaragoza, Universidad de Zaragoza. s.p Consultado 12 nov. 2006. Disponible en <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

36. CAMFIELD, P. K. M.; BROWN, A. H.; JOHNSON, Z. B.; BROWN, C. J.; LEWIS, P. K.; RAKES, L. Y. 1999. Effects of growth type on carcass traits of pastureor feedlot-development steers. *Journal of Animal Science*. 77: 2437-2443.
37. CAPELLARI, A.; REBAK, G.; REVIDATTI, M.; ZORZOLI, N. 2003 Relación entre composición genética, rendimiento de faena, residuos duros y cuero en novillos cruza Cebú x Hereford, de 32 a 34 meses, en el norte de la provincia de Corrientes. *Corrientes, Facultad de ciencias Veterinarias*. 3 p. (en línea). Consultado 18 ago. 2006. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/04-Veterinarias/V-038.pdf>
38. CARÁMBULA, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
39. CARBALLO, J. A.; MONSERRAT, L.; SANCHEZ, L. 2000. Composición de la canal bovina. *In*: Cañeque, V.; Sañudo, C., eds. *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Madrid, INIA. pp. 105-124.
40. CARRAU, E.; GUYNOT, J. ; LESSA, A. 1998. Estudio de algunos factores que afectan el rendimiento carnicero en vacunos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
41. CASTRO, L. 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*. Tacuarembó, INIA. pp. 44-46 (Serie Técnica no. 126).
42. CIANZIO D., ET AL 1972. Crecimiento y desarrollo; consideraciones sobre evaluacion de la res y calidad de la carne. Cerro Largo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 57- 110.
43. CIBILS, R.; VAZ MARTINS, D.; RISSO, D. 1997. ¿Que es suplementar? *In*: Jornada Técnica sobre Suplementación Estratégica para Engorde de Ganado (1996, La Estanzuela, Colonia). *Memorias*. Montevideo, INIA. pp. 7-10. (Actividades de difusión no. 96).
44. _____.; FERNÁNDEZ, E.; ACOSTA, Y. 2002. Suplementación de la recría vacuna. (en línea). La Estanzuela, INIA. s.p. Consultado 23 jun. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplemIntacion/40-suplemIntacion_estrategica_de_la_recria_vacuna.htm
45. COLEMAN, S. W.; GALLAVAN, R. H.; WILLIAMS, C. B.; PHILLIPS, W.A.; VOLESKY, J. D.; RODRÍGUEZ, S.; BENNET, G. L. 1995. Silage or limit-fed

grain growing diets for steers: I. Growth and carcass quality. Journal of Animal Science. 73: 2609-2620.

46. COZZOLINO, D 1999. Nuevos Métodos para la determinación de calidad de carne. In: Jornada de Ganadería Intensiva (1999, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-3. (Actividades de Difusión no. 213).
47. _____. 2000. Características de los suplementos utilizados en el Uruguay para su empleo en alimentación animal. La Estanzuela, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 110).
48. CHACON, A. 2004. La suavidad de la carne: Implicancias físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. Agronomía Mesoamericana. 15 (2): 225-243.
49. DAS GRAÇAS, R.; APARECIDA, J.; BARROS, F. YURIKA, I.; NUNES, I.; VERGYLIO, J. DE SOUZA, N.; MATSUSHITA, M. 2006. Fatty acid profile, and chemical composition on of *Longissimus* muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. Meat Science. 74:242-248.
50. DE BLAS 2004. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. Importancia del ácido linoleico conjugado. 1. Rumiantes. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 9 oct. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/58-cambios_perfil_acidos_grasos.htm#_top
51. DE LA FUENTE, J.; ALVAREZ, I.; DÍAZ, M.; PÉREZ, C.; CAÑEQUE, V. 2005. Determinación de los pigmentos de la carne por espectrofotometría In: Cañeque, V., Sañudo, C., eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. pp. 226-236 (Serie ganadera no. 3).
52. DE LA TORRE, A.; GRUFFAT, D.; DURAND, D.; MICOL, D. ; PEYRON, A. ; SCISLOWSKI, V. ; BAUCHART, D. 2006. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. Meat Science. 73: 258-268.
53. DE LEON, M. 2005. Estrategias de suplementación de pasturas. (en línea). E.E.A., INTA Manfredi. Boletín Técnico Producción Animal no. 5. s.p. Consultado 8 jun. 2006. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplemIntacion/54-suplemIntacion_estrategica_In_pasturas.htm#_top#_top

54. DELFA, R.; TEXEIRA, A.; CADAVEZ, V.; SIERRA-ALFRANCA, I. 2005. Predicción *in vivo* de la composición de la canal: Técnica de los ultrasonidos y puntuación de la composición corporal. *In*: Cañeque, V., Sañudo, C., eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. pp. 61-87 (Serie ganadera no. 3).
55. DE LOS CAMPOS, G.; DE MATTOS, D.; SECCO, M.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA. 2002. Valorización objetiva de canales en función de atributos económicamente relevantes. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Cruzamientos en Bovinos para Carnes (2002, EEMAC, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 39-59.
56. DEPETRIS, J. 2000. Calidad de la carne vacuna. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. pp. 17-21. Consultado 13 may. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/12-calidad_de_la_carne_vacuna.htm
57. DEPETRIS, G.; SANTINI, F. 2005. Sistemas de alimentación y su impacto sobre las características químicas y organolépticas de la carne en bovinos. (en línea). Balcarce, INTA. s.p. Consultado 2 abr. 2006. Disponible en http://www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/expo_ganadera/articulos/depetris.htm
58. DÍAZ, T. 2001. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Tesis Doctoral. Madrid, España. Facultad de Veterinaria. 295 p.
59. DI MARCO, O. N. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Buenos Aires, AAPA. 130 p.
60. _____. 2002. Rendimiento de la res. (en línea). Balcarce, INTA. s.p. Consultado 3 set. 2006. Disponible en http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/comercializacion/42-rIndimiInto_res.htm#_top
61. _____.; AELLO, M. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. (en línea). Balcarce, INTA. s.p. Consultado 3 jul. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimInto/01-costo_Inergetico_de_actividad_In_pastoreo_efecto.htm#_top
62. _____. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. (en línea). Mar del Plata, Universidad Nacional del Mar del Plata. s.p. Consultado 3 set.

2006. Disponible en
http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.htm
63. DUCKETT, S.; REALINI, C. 2002. Más razones para comer carne vacuna. In: Congreso de Producción y Comercialización de Carne (2º, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo. s.e. s.p.
64. ELIZALDE, J. 2003. Suplementación en condiciones de pastoreo. (en línea). Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias. s.p. Consultado 9 jun. 2006. Disponible en
http://produccionbovina.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13-suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.htm
65. ESPEJO, M.; GARCÍA, S.; LÓPEZ, M.; IZQUIERDO, M.; ROBLES, A.; COSTELA, A. 2000. Morfología de la canal bovina. In: Cañeque, V.; Sañudo, C., eds. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiante. Madrid, INIA. pp. 65-80.
66. FERNÁNDEZ, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. (en línea). Bordenave, INTA. Material Didáctico 3:6-34. Consultado 10 may. 2006. Disponible en
http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/32-fisiologia_de_la_produccion_de-carne.htm
67. FERNANDEZ, E.; MIERES, J. 2005. Algunos conceptos sobre el uso de suplementos en los sistemas invernaderos. In: Jornada Producción Animal Intensiva (2005, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-10 (Actividades de difusión 406).
68. FERREIRA, S.; OLIVERI, V.; SCHYNDER, M. 1999. Validación del ultrasonido y su uso en la composición y calidad de la carcasa en novillos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
69. FRANCO, J.; FEED, O.; GIMENO, D.; AGUILAR, I.; AVENDAÑO, S. 2002. Como cambia el rendimiento carnicero con los cruzamientos. Calidad de la canal. In: Seminario de Actualización Técnica; Cruzamientos en Bovinos para Carnes (2002, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 31-37 (Actividades de Difusión no. 295).
70. _____.; _____. 2004 Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y de la carne vacuna. In: Seminario Técnico

Calidad de Carne Ovina y Vacuna (2004, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 34-45.

71. FRENCH, P.; O'RIORDAN, E.; MONAHAN, F.; CAFFREY, P.; MOLONEY, A. 2003. Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*. 81: 307-317.
72. GALLI, J.R.; CANGIANO, C.A.; FERNÁNDEZ, H.H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16 (2):119-42.
73. GALLO, C. 2004. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría*. (32as, 2004, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 144-146.
74. GARCÍA, D.; RODRÍGUEZ, A.; TOUCON, M. 1993. Variables de los novillos para faena, que influyen en su comercialización. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 155 p.
75. GARCIA, A. 1997. Valor nutritivo de los suplementos disponibles en Uruguay. *In: Carambula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, M. eds. Pastura y Producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 204-217 (Serie Técnica no. 13).
76. GARCÍA TORRES S.; ESPEJO, M.; LÓPEZ PARRA, M.; IZQUIERDO, M.; MENDIZÁBAL, J.; PURROY, A. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal bovina. *In: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Madrid, INIA. pp. 105-119 (Serie ganadera no. 3).
77. GARÍN, D.; MACHADO, A.; JAUNSOLO, C. 1993. Performance de novillos holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.
78. GARRIDO, M.; BAÑÓN, S.; ÁLVAREZ, D. 2005 Medida del pH. *In: Cañeque, V.; Sañudo, C., eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Madrid, INIA. pp. 206-215 (Serie ganadera no. 3).

79. GIL, A.; HUERTAS, S. 2001. Efectos de los diferentes sistemas de producción de bovinos sobre la composición y calidad de las carnes. Montevideo, INIA. pp. 15-46 (Serie FPTA no. 04).
80. GORRACHATEGUI, M. 1997. Influencia de la nutrición y otros factores en el rendimiento de la canal en terneros. (en línea). Madrid, FEDNA. pp. 133-169. Consultado 21 jun. 2006. Disponible en http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/97CAP_VI.pdf.
81. GREINER, S. P.; ROUSE, G. H. ; WILSON, D. E.; CUNDIFF, L. V.; WHEELER, T. L. 2003. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 81:676–682.
82. GROMPONE, M.; PAGANO, T.; GAYOSO, V.; TAROCO, L. 2002. Efecto del genotipo en el contenido y composición lipídica de la carne vacuna. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Cruzamientos en Bovinos para Carnes. (2002, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 81-85.
83. GUARDIA, V.; ROBAINA, R.; PIGURINA, G. 2004. Productos comerciales de la faena y desosado del ganado vacuno. INAC. 32 p. (Serie Técnica no. 33).
84. GUTIÉRREZ, F.; MORIXE, J. P. 1995. Efecto de diferentes niveles de suplementación con subproductos agroindustriales en el crecimiento post-destete de terneras cruce cebú-Hereford sobre pasturas de baja calidad en areniscas de Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
85. HAMLIN, K.; GREEN, R.; PERKINS, T.; CUNDIFF, L.; MILLER, M. 1995. Real time ultrasonic measurement of fat thickness and *Longissimus* muscle area: I. Description of age and weight effects. *Journal of Animal Science*. 73:1713-1724.
86. HARGREAVES, A.; BARRALES, L.; PEÑA, I.; LARRAÍN, R.; ZAMORANO, L. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrarias*. 31 (3): 155-166.
87. HODGSON, J. 1990. *Grazing management; science into practice*. New York, Longman. 203 p.

88. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (URUGUAY). 2003. Auditoría de calidad de la carne vacuna. Montevideo. 23 p.
89. JIMENEZ DE ARÉCHAGA, C.; PRAVIA, M.; XAVIER, M. 2002. Caracterización de la terneza en el proceso de producción de carne vacuna en el Uruguay y su predicción utilizando las principales variables pos mortem, pH, temperatura y color. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 134 p.
90. JOANDET, G. 1990. Tamaño corporal, su incidencia en la producción de carne. (en línea). Revista Cebú. no. 449: 277-284. Consultado 9 may. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/frame%20score/34-tamano_corporal.htm
91. JOHNSON. E. R. 1998. Growth and development in cattle and their influence on yield and quality of beef. s.n.t. 174 p.
92. KOOHMARAIE, M. 1996a. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. Meat Science. 43 (Suppl. 1): 193-201.
93. LANGE, A. 1980. Suplementación de pasturas para producción de carnes. 2ª reimp. Buenos Aires, INTERCREA. 74 p.
94. LATIMORI, N.; KLOSTER, A. 1997. Suplementación sobre pasturas de calidad. (en línea). Córdoba, INTA. pp. 93-114 Consultado 10 jun. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_ingorde_pastoril_o_a_campo/37-suplemIntacion_sobre_pasturas_de_calidad.htm#_top#_top
95. LAWRIE, R.A. 1998. Ciencia de la carne. 3ª ed. Zaragoza, Acribia. 367 p.
96. MALAQUÍN, I.; BARATABURÚ, D. 2003. Engorde en basalto. In: Seminario el Campo Natural y la Empresa Ganadera (2003, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, IPA. pp. 63-68.
97. MARRODÁN, F.; REQUENA, J.; TRUFFER, R. 2002. Ecografía bovina. (en línea). Consultado 2 abr. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/3-ecografia.htm#_top
98. MELUCCI, M. L.; MEZZADRA, C.A.; VILLAREAL, E. L. 2005. Programa cooperativo de evaluación genética de reproductores bovinos. (en línea). Balcarce, INTA. s.p. Consultado 3 abr. 2006. Disponible en

<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documIntos/ganaderia/bovinos/gInetica/programa.htm>

99. MIERES, J. 1996. Tipo de suplemento y su efecto sobre el forraje. *In*: Jornada Técnica sobre Suplementación Estratégica para Engorde de Ganado (1996, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-6 (Actividades de Difusión no. 96)
100. _____. 1997. Tipo de suplemento y su efecto sobre el forraje. *In*: Jornada Técnica sobre Suplementación Estratégica para Engorde de Ganado (1996, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 11-15 (Actividades de Difusión no. 96).
101. MILLOT, J. C.; SALDANHA, S. 1998. Productividad en pasturas naturales sobre basalto medio. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campo. (94, 1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 163-170. (Serie Técnica no. 94).
102. MOLINERO, C.; DÍAZ, M.; SÁNCHEZ, M.; MARTÍNEZ, B.; VIEIRA, C.; GARCÍA, M. 2005. Determinación de la proteólisis miofibrilar por electroforesis en el de poliacrilamida (SDS-PAGE). *In*: Cañeque, V.; Sañudo, C. eds. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, INIA. pp. 372-380 (Serie ganadera no. 3).
103. MONTOSI, F.; RISSO, D.; FIGURINA, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. *In*: RISSO, D.; BERRETA, E.; MORON, A. eds. Producción y manejo de pasturas naturales. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).
104. _____.; BERRETA, E.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BEMHAJA, M.; SAN JULIÁN, R.; RISSO, D.; MIERES, J. 1998. Estudios de la selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de Basalto. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 257-286. (Serie Técnica no. 102).
105. _____.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BERRETA, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos; teoría y práctica. Tacuarembó, INIA. 108 p (Serie Técnica no. 113).

106. _____.; SAÑUDO, C. 2003. 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. 56 p.
107. MORENO GRANDE, A.; RUEDA, V.; CELULAR, A. 1999. Análisis cuantitativo del pH de canales de vacuno en mataderos. Archivos de Zootecnia. 48: 33-42.
108. ORELLANA, C. 1999. Distribución de los excedentes grasos en la res comercial de novillos criollos y cruza. Revista Sociedad Rural de Jesús María. 115:43-52.
109. ORCASBERRO, R. 1997. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. In: Carambula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, M. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 255-238 (Serie Técnica no. 13)
110. OUALI, A.; HERRERA-MENDEZ, C.; COULIS, G.; BECILA, S.; BOUDJELLAL, A.; AUBRY, L.; SENTANDREU, M. 2006. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. Meat Science. 74: 44-58.
111. OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of Animal Science. 71:3138-3150.
112. PAGE, J.K.; WULF, D.M.; SCHWOTZER, T.R. 2001. A survey of beef muscle color and pH. Journal of Animal Science. 79:678-687.
113. PASTORINO, A; SARLO, A. 1994. Comparación de la ganancia de peso de vaquillonas (200 Kgs.) a dos presiones de pastoreo y cuatro niveles de suplementación durante el otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 74 p.
114. PELUFFO, M.; MONTEIRO, M. 2002. Terneza; una característica a tener en cuenta. (en línea) Montevideo, Instituto Plan Agropecuario. s.p. Consultado 2 abr. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/00-carne_y_subproductos.htm
115. FIGURINA, G. 1989. Generalidades sobre suplementación en condiciones de pastoreo. In: Jornadas de Estrategias de Suplementación de Pasturas en Sistemas Intensivos (1989, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, CIAAB. s.p.

116. _____. 1991. Suplementación dentro de una estrategia de manejo en áreas de ganadería extensiva. In: Carambula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, M. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 195-200 (Serie Técnica no. 13).
117. _____.; BRITO, G.; PITTALUGA, O.; SCAGLIA, G.; RISSO, D.; BERRETA, E. 1997. Suplementación de la recría en vacunos. In: Suplementación estratégica de la cría y recría ovina y vacuna. Tacuarembó, INIA. Serie. p. irr. (Actividad de Difusión no. 129)
118. _____.; SOARES DE LIMA, J. M.; BERRETA, E.; MONTOSI, F.; PITTALUGA, O.; FERREIRA, G.; SILVA, J.A. 1998. Características del engorde a campo natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 137-145. (Serie Técnica no. 102).
119. PITTALUGA, O. 1979. Cruzamientos con cebú en Tacuarembó. In: Jornada Ganadera de Suelos Arenosos (2ª, Tacuarembó). Memorias. Tacuarembó, CIAAB. s.p.
120. _____.; BERRETA, E.; RISSO, D. 1998. Factores que afectan la recría en campo natural de basalto. . In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 147-151. (Serie Técnica no. 102).
121. POPPI, D.; HUGHES, T.; L'HULLIER, P. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-63. (Occasional Publication no. 10).
122. PURCHAS, R.W. 1990. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. Meat Science. 27:129-140.
123. QUINTANS, G.; VAZ MARTINS, D.; CARRIQUIRY, E. 1994a. Alternativas de suplementación en vaquillonas. In: Jornada de Bovinos para Carne (1994, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 2-7 (Actividades de Difusión no. 34).
124. _____.; _____. 1994b. Efecto de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneras. In: Jornada de Bovinos para Carne (1994, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 8-12 (Actividades de Difusión no. 34).

125. _____. 1994c. Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. In: Jornada de Bovinos para Carne (1994, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 13-21 (Actividades de Difusión no. 34).
126. REALINI, C.; DUCKETT, S.; BRITO, G.; 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: 657-577.
127. REARTE, D. 1999. Sistemas pastoriles intensivos de producción de carne de la región templada. In: Reinito Anual Sociedade Brasileira de Zootecnia (36as., 1999, Porto Alegre). Porto Alegre. s.n.t. pp. 213-222.
128. _____. 2002. Calidad de la carne en los sistemas pastoriles. *Revista IDIA XXI*. no. 2 : 13-18.
129. _____. 2006. Sistemas pastoriles intensivos de producción de carne en la región templada. (en línea). Porto Alegre. s.n.t s.p. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en http://www.sbz.org.br/evIntos/PortoAlegre/homepagesbz/Daniel_Rearte.htm
130. RINALDI, C.; SOCA, P.; APEZTEQUIA, F.; ORCASBERRO, R. 1997. Características de la pastura y desempeño invernal de novillos en crecimiento sobre pastizal nativo. *Archivo Latinoamericano Producción Animal*. 5(1): 7-9.
131. RISSO, D. 1981a. Influencia del manejo en el comportamiento animal y de la pastura. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 1-6.
132. _____.; ZARZA, A. 1981b. Producción y utilización de pasturas para engorde. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 7-27.
133. _____.; PITTALUGA, O.; BERRETA, E. 1996a. Recría y engorde de terneros y novillos en campo natural y mejorado de Basalto. In: Producción ganadera en basalto. Tacuarembó, INIA. p. irr. (Actividades de difusión no. 108).
134. _____. 1996b. Utilización de pasturas para engorde. In: Jornada Técnica sobre Suplementación Estratégica para Engorde de Ganado (1996, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 7-14 (Actividades de Difusión no. 96).

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. Tacuarembó, INIA. pp. 37-43 (Serie Técnica no. 126).
136. _____.; CASTRO, L. 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. Montevideo, INAC. pp. 5-17 (Serie Técnica no. 1).
137. _____.; _____. 2004. Valoración cárnica de los bovinos, sus canales y sus cortes. (en línea). Montevideo, INAC. s.p. Consultado 5 feb. 2007. Disponible en http://www.inia.org.uy/prado/2004/valoracion_carnica.htm
138. ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 3-58.
139. ROVIRA, P. 2003. Fuentes de suplementación a novillos sobre campo natural de baja calidad durante el otoño. In: Jornada Anual de Producción Animal (2003, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 71-77 Actividad de Difusión no. 332).
140. RUIZ DE HUIDOBRO, F.; CAÑEQUE, V.; ANEGA, E.; VELASCO, S. 2000. Morfología 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, INIA. pp. 81-102.
141. _____.; MIGUEL, E.; ANEGA, E.; BLÁZQUEZ, B. 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. Meat Science. 66: 1469-1446.
142. SAMPEDRO, D.; VOGEL, O.; CELSER, R. 2004. Suplementación de vacunos en pastizales naturales. Mercedes, INTA. 25 p (Serie Técnica no. 34)
143. SANHUEZA, C.J.; NIETO, K.S.; VALENZUELA, B.A. 2002. Ácido linoleico conjugado; un ácido graso con isomería *trans* potencialmente beneficioso Revista Chilena de Nutrición. 29(2): 98-105.
144. SANTINI, F.; REARTE, D. 1997. Estrategias de alimentación en invernada. In: Vaz Martins, D. ed. Estrategias de alimentación en invernada. Montevideo, INIA. pp. 37-45 (Serie Técnica 83).
145. _____.; _____.; GRIGERA, J. M. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. In: Jornada de

Actualización Ganadera (1ª, 2001, Balcarce). Resúmenes, Balcarce, INTA. pp. 29-37.

146. SAÑUDO, C., MACIE, E.; OLLETA, J.; VILLARROEL, M.; PANEA, B.; ALBERTÍ, P. 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*. 66 (4): 925-932.
147. SCHINDLER, V.; KEDZIERSKI, M.; PRUZZIO, L.; DE SANTA COLOMO, L. 2004. Efecto del sistema de alimentación sobre ácidos grasos, grasa intramuscular y colesterol en reses de novillos hereford. *Revista Facultad de Agronomía (Buenos Aires)*. 24(2): 147-153.
148. SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.; NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*. 74:17-33.
149. SHORTHORN. 1988. Frame: Escalas de tamaño en ganado de carne. (en línea). *Revista Shorthorn*. 200:10-17. Consultado 22 may. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/frame_score/08-escalas_de_tamaño.htm
150. SILVA, S.; LEME, P.; MARQUES, S.; SILVA, L.; GONÇALVES, C.; PAZZANESE, D. 2003. Estimativa do peso e do rendimento de carcaça de tourinhos Brangus e Nelore, por medidas de ultrasonografía. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32 (5): 1227-1235.
151. SIMEONE, A.; BERETTA, V.; FRANCO, J.; BALDI, F. 2004. Manejo Nutricional en Ganado de carne. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2004, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 18-19.
152. SMITHZ, M.; OLTJENS, J.; DOLEZAL, H.; GRILL, D.; BEHRENS, B. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and *Longissimus* muscle area in feedlot steers. *Journal of Animal Science*. 70:29-37.
153. SONNTAG, N.O. 1979. Structure and composition of fats and oils. In: Swern, D. ed. *Bayley's industrial oil and fat products*. 4ª ed. New York, s.e. v.1, cap. 1, pp. 16-45.

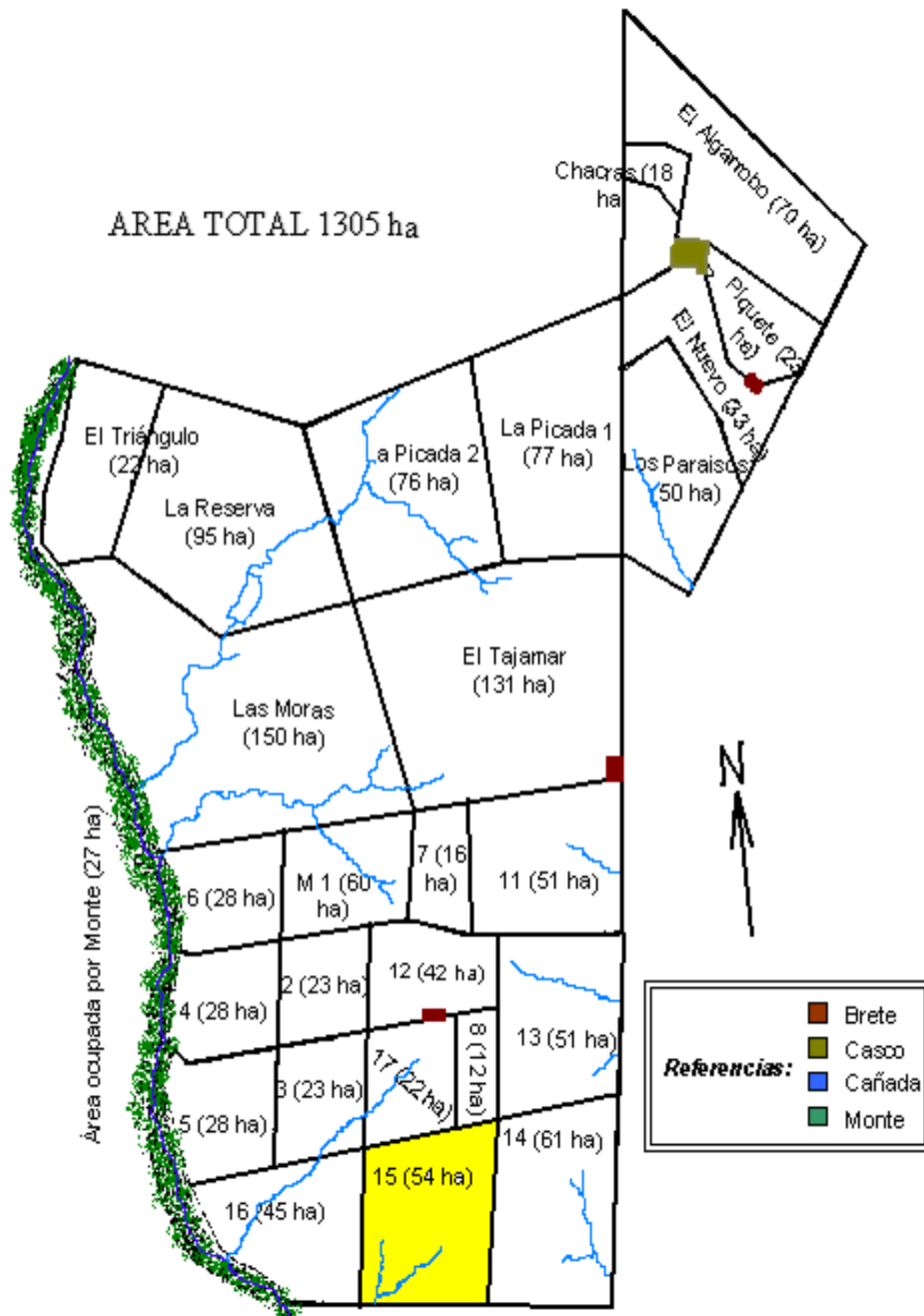
154. SORIA, L.; CORVA, P. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la ternera de la carne bovina. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 12 (2): 73-88.
155. STOLOWSKI, G.; BAIRD, B.; MILLER, R., SAVELL, J.; SAMS, A.; TAYLOR, J.; SANDERS, J.; SMITH, S. 2006. Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. Meat Science. 73 (3): 475-483.
156. TAKAHASHI, K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat; the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. Meat Science. 43:S67-S80.
157. TEIRA, G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas; la ternera. Ciencia, Docencia y Tecnología. no. 28: 215-244.
158. USTARROZ, E.; DE LEON, M. 2006. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. (en línea). Manfredi, INTA. 31 p. Consultado 10 ago. 2006. Disponible en http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documIntos/docprodani/deleon/Infor_tec_7.pdf
159. VAN KOEVERING, M.; GILL, D.; OWENS, F.; DOLEZAL, H.; STRASIA, C. 1995. Effects of time on feed performance of feedlots steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of *Longissimus* muscle. Journal of Animal Science. 73:21-28.
160. VAZ MARTINS, D. 1980. A que peso debemos faenar los novillos hereford? Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1-7.
161. _____. 1996. Suplementación energética en condiciones de pastura limitante. In: Jornada Técnica sobre Suplementación Estratégica para Engorde de Ganado (1996, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 15-21 (Actividades de Difusión no. 96).
162. _____. 1997. Suplementación energética en condiciones de pastura limitante. In: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 17-22 (Serie Técnica no. 83).
163. _____.; BANCHERO, G. 2005. Alternativas de suplementación y manejo de bovinos y ovinos para superar las bajas ganancias de otoño-invierno. In:

Jornada Producción Animal Intensiva (2005, INIA, La Estanzuela). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 11-12. (Actividades de Difusión no. 406)

164. WARRIS, P.D. 2001. Meat Science; an introductory text. Londres, CABI Publishing. 310 p.
165. WHITE, A.; O'SULLIVAN, A.; TROY, D.; O'NEILL, E. 2006. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine *M. longissimus dorsi* in order to identify causes of inconsistencies in tenderness. Meat Science. 73: 151-156.
166. WHIPPLE, G.; KOOMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J. D. HUNT, M. C.; KLEMM, R. D. 1990. Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. Journal of Animal Science. 68: 2716-2728,
167. WOOD, J.; RICHARDSON, R.; NUTE, G.; FISHER, A.; CAMPO, M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.; ENSER, M. 2004. Effects of fatty acids on meats quality: a review. Meat Science. 66: 21-32.
168. WULF, D.; O'CONNOR, S.; TATUM, J.; SMITH, G. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef *Longissimus* tenderness. Journal of Animal Science. 75: 684-692.
169. _____.; WISE, J.W. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space. Journal of Animal Science. 77:2418-2427.
170. _____.; PAGE, J. K. 2000. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. Journal of Animal Science. 78:2595-2607.
171. ZEA, J.; DÍAZ, D. 2000. El pasto y la alimentación del ternero de carne. (en línea).Madrid, CIAM. s.p. (Mundo Ganadero). Consultado 3 jul. 2003. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimInto/49-pasto_y_alimIntacion_del_ternero.htm#_top
172. _____. 2005. Alimentación y calidad de la carne en terneros; influencia del sistema productivo. In: Curso de especialización FEDNA (21º, 2005, Madrid). Alimentación y calidad de la carne en terneros. Madrid, s.e. pp. 83-109.

9 ANEXOS

Anexo 1: Localización del ensayo



Anexo 2: Sistema de clasificación y Tipificación de reses

CATEGORIA		CONFORMACION						TERMINACION					
		I	N	A	C	U	R	0	1	2	3	4	
NOVILLO	Novillito d.l.	II	NN	AA	CC								
	Novillo joven 2-4 d	IJ	NJ	AJ	CJ								
						U							
							R						
	Novillo 6 d	I6	N6	A6	C6								
						U							
							R						
	Novillo	I	N	A	C								
						U							
							R						
VACA	Vaquillona 0-2-4 d	VQI	VQN	VQA	VQC								
						VQU							
							VQR						
	Vaca 6d		VN6	VA6	VC6								
						VU							
							VR						
	Vaca		VN	VA	VC								
						VU							
							VR						
	TERNERO	Ternero		tN	tA								
						tU							
							tR						
TORO	Toro		TN	TA									
						TU							
							TR						

Anexo 3: Estratificación de canales según edad estimada

Grado Madurez	Edad cronológica aproximada
A	9 a 30 meses
B	30 a 42 meses
C	42 a 72 meses
D	72 a 96 meses
E	> 96 meses

Los cuadros A, B y C muestran cuál es la aplicación de esta clasificación en el grado de madurez esquelética de diferentes regiones (al nivel de vértebras), las características de las vértebras y la apariencia de las costillas, en cada categoría de la escala.

A) Osificación de la columna vertebral

	Grado Madurez				
	A	B	C	D	E
Sacra	Separación distinguida	Completamente fusionada	Completamente fusionada	Completamente fusionada	Completamente fusionada
Lumbar	No osificado	Casi completamente osificado	Completamente Osificado	Completamente Osificado	Completamente Osificado
Torácica	No osificado	Algo osificado	Parcialmente Osificado	Considerable osificación (botón visible)	Osificación extensiva
Botón torácico	0-10%	10-35%	35-70%	70-90%	>90%

B) Madurez Esquelética de acuerdo a características de las vértebras.

Grado Madurez	Condición de las vértebras
A	Roja, porosa y suave
B	Levemente roja y levemente suave
C	Tonos de rojo, levemente dura
D	Mas blanca, moderadamente dura
E	Blanca, no porosa, extremadamente dura

C) Madurez Esquelética de acuerdo a la apariencia de las costillas

Grado Madurez	Apariencia de las costillas
A	Angostas y ovaladas
B	Levemente anchas y levemente planas
C	Levemente anchas y moderadamente planas
D	Moderadamente anchas y chatas
E	Anchas y chatas

Anexo 4: Sistema de clasificación de canales según el USDA

RELACIÓN ENTRE MARMOREO, MADUREZ Y GRADOS DE CALIDAD					
Grados de Marmoreo	MADUREZ				
	A	B	C	D	E
Abundante					
Mod. Abundante	PRIME				
Lev. Abundante			COMMERCIAL		
Moderado					
Modesto	CHOICE				
Poco				UTILITY	
Leve	SELECT				
Trazas					
Prac. desprovisto	STANDARD			CUTTER	

Anexo 5: Valor nutritivo del forraje

A) Proteína cruda (%) del forraje disponible mensual según bloque y tratamiento.

	Bloque			Tratamiento recría					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	5.65	5.10	ns	5.07	6.45	6.14	5.65	5.78	ns
Junio	5.21	5.37	ns	5.05	6.23	5.16	5.61	4.41	ns
Julio	6.10	5.67	ns	6.10	6.10	5.85	5.66	5.67	ns
Agosto	6.20	6.02	ns	6.31	6.72	5.78	5.86	5.91	ns
Setiembre	7.05	6.31	ns	5.53	8.10	6.35	7.21	6.23	ns

Referencias: ns = no significativo. A-A: Afrechillo de arroz otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol otoño-invierno; T-A: Campo natural otoño y afrechillo de arroz invierno; T-E: Campo natural otoño y expeller de girasol invierno; T-T: Campo natural otoño-invierno.

B) Fibra detergente acida (%) del forraje disponible mensual según bloque y tratamiento.

	Bloque			Tratamiento recría					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	52,05	51,55	ns	54,54	49,8	52,79	51,38	50,85	ns
Junio	51,28	51,84	ns	53,60	50,12	51,88	50,91	51,31	ns
Julio	53,04	55,69	ns	53,92	50,75	54,48	54,27	58,41	ns
Agosto	57,86	54,55	ns	54,21	57,635	54,43	59,64	55,12	ns
Setiembre	57,16	56,12	ns	56,76	53,70	58,915	55,51	58,33	ns

Referencias: ns = no significativo. A-A: Afrechillo de arroz otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol otoño-invierno; T-A: Campo natural otoño y afrechillo de arroz invierno; T-E: Campo natural otoño y expeller de girasol invierno; T-T: Campo natural otoño-invierno.

C) Digestibilidad de la materia seca (%) del forraje disponible mensual según bloque y tratamiento: Digestibilidad de la materia seca = $88.9 (\%FDA \times 0.779)$ Holland y Kezar.

	Bloque			Tratamiento recría					
	1	2	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
Mayo	36.0	35.7	ns	37.8	34.5	36.6	35.6	34.9	ns
Junio	35.5	35.9	ns	37.1	34.7	35.9	35.3	35.5	ns
Julio	36.7	38.6	ns	37.3	35.1	37.7	37.6	40.5	ns
Agosto	40.1	37.8	ns	37.5	39.9	37.7	41.3	38.2	ns
Setiembre	39.6	38.9	ns	39.3	37.2	40.8	38.4	40.4	ns

Referencias: ns = no significativo. A-A: Afrechillo de arroz otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol otoño-invierno; T-A: Campo natural otoño y afrechillo de arroz invierno; T-E: Campo natural otoño y expeller de girasol invierno; T-T: Campo natural otoño-invierno.

Anexo 6: Efecto de la raza y tratamiento recría para cada grupo de animales según tratamiento engorde en las ultimas medidas tomadas *in vivo*

		Raza			Tratamiento recría					
	Tratam. 2005	Braford	Hereford	P	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T	P
PVLL	Suplemento	491.3	506.6	ns	506.2	489.2	491.8	504.3	503.1	ns
	Pastura	489.7	500.3	ns	500.7	496.7	495.0	498.9	483.8	ns
PVV	Suplemento	469.7	474.1	ns	472.6	462.6	468.4	479.5	476.5	ns
	Pastura	466.9	476.7	ns	478.2	472.7	468.1	479.4	460.3	ns
CC	Suplemento	4.0	3.9	ns	3.9	4.0	4.0	4.0	4.1	ns
	Pastura	4.1	4.0	ns	4.1	4.1	4.1	4.0	4.1	ns
AOB	Suplemento	54,1	52,5	ns	55.2	54,9	52,7	54,3	50.0	ns
	Pastura	53,8	50.4	ns	52.7	51.8	51,8	53,2	51.0	ns
EG	Suplemento	5.3	5.2	ns	5.0	5.3	5.7	5.8	4.4	ns
	Pastura	4.3	4.2	ns	4.3	4.0	4.6	4.6	3.8	ns
P8	Suplemento	3.3	3.3	ns	4.1 a	2.8 b	2.7 b	3.3ab	3.4ab	*
	Pastura	3.4	2.9	ns	3.2	3.5	3.3	2.9	3.2	ns

Referencias: a, b: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes entre si (P<0.05).

ns = no significativo, * = P < 0.05

PVLL: Peso vivo lleno; PVV: Peso vivo vacío; CC: Condición corporal; AOB: Área de ojo de bife; EG: Espesor de grasa subcutánea; P8: Espesor de grasa a nivel del cuadril.

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Anexo 7:

A) Peso de la canal caliente (Kg) y rendimiento carnicero según raza, tratamiento recría, de los animales sobre pastura

	Raza		Tratamiento recría				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
PCC	236,31	233,28	237,29	232,86	233,29	236,71	233,17
RC	50,66	48,86	49,55	49,20	49,98	49,32	50,63

Referencias: PCC: Peso canal caliente; RC: Rendimiento carnicero. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

B) Peso de la canal caliente (Kg) y rendimiento carnicero según raza, tratamiento recría, de los animales suplementados

	Raza		Tratamiento recría				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
PCC	240,61	242,27	247,29	234,20	237,00	245,29	241,00
RC	51,28	51,11	52,50	51,00	50,55	51,22	50,69

Referencias: PCC: Peso canal caliente; RC: Rendimiento carnicero. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Anexo 8:

A) Peso de los cortes que surgen del pistola (Kg) y peso (Kg) de cortes valiosos (CV: Lomo, Bife, Cuadril, Nalga de adentro, Nalga de afuera, Bola de lomo, Colita) según raza, tratamiento recría, de los animales sobre pastura

	Raza		Tratamiento recría				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
Lomo	1,88	1,78	1,90	1,87	1,76	1,82	1,78
Bife	4,17	4,13	4,32	3,92	4,20	4,23	4,04
Cuadril	4,64	4,55	4,71	4,62	4,47	4,57	4,60
Nalga AD	7,24	6,58	7,09	6,67	7,16	6,70	6,84
Nalga AF	6,56	6,29	6,38	6,38	6,55	6,52	6,24
Bola	4,60	4,50	4,68	4,63	4,42	4,55	4,42
Colita	1,05	1,04	1,02	1,03	1,03	1,11	1,04
Tortuga	1,76	1,82	1,85	1,73	1,81	1,83	1,74
Garron	1,72	1,78	1,74	1,77	1,76	1,78	1,70
Recortes	2,90	3,12	2,95	3,15	2,94	3,07	2,99
CV	30,13	28,88	30,10	29,12	29,59	29,51	28,95

Referencias: Nalga AD: nalga de adentro; Nalga AF: nalga de afuera; CV: Cortes valiosos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

B) Peso de los cortes que surgen del pistola (Kg) y peso (Kg) de cortes valiosos (CV: Lomo, Bife, Cuadril, Nalga de adentro, Nalga de afuera, Bola de lomo, Colita) según raza, tratamiento recría, de los animales suplementados

	Raza		Tratamiento recría				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
Lomo	1,83	1,84	1,87	1,75	1,81	1,84	1,90
Bife	4,28	4,30	4,26	4,42	4,19	4,26	4,32
Cuadril	4,88	4,83	4,73	5,00	4,78	4,94	4,85
Nalga AD	7,37	6,87	7,16	7,12	6,97	7,20	7,23
Nalga AF	6,92	6,43	7,22	6,52	6,43	6,64	6,62
Bola	4,61	4,57	4,80	4,47	4,54	4,65	4,49
Colita	1,11	1,09	1,15	1,08	1,04	1,08	1,15
Tortuga	1,71	1,82	1,74	1,70	1,73	1,81	1,81
Garron	1,67	1,78	1,72	1,65	1,74	1,74	1,74
Recortes	2,84	2,94	2,93	2,85	3,03	2,90	2,71
CV	31,01	29,93	31,18	30,37	29,76	30,61	30,56

Referencias: Nalga AD: nalga de adentro; Nalga AF: nalga de afuera; CV: Cortes valiosos. A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Anexo 9:

A) Relacion de diferentes cortes, el peso de los huesos y la grasa de recorte con el corte pistola según raza, tratamiento recría, de los animales sobre pastura

	Raza		Tratamiento 2004				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
L+C+B/PP	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
SC/PP	0,57	0,55	0,56	0,55	0,56	0,56	0,56
PH/PP	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22
Gr/PP	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06

Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

L+C+B/PP: Lomo + cuadril + bife/Peso Pistola.

SC/PP: Suma de cortes/Peso Pistola

PH/PP: Peso de hueso/Peso Pistola

Grasa de recorte/Peso Pistola

B) Relacion de diferentes cortes, el peso de los huesos y la grasa de recorte con el corte pistola según raza, tratamiento recría, de los animales suplementados

	Raza		Tratamiento 2004				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
L+C+B/PP	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21
SC/PP	0,58	0,56	0,57	0,57	0,56	0,56	0,58
PH/PP	0,21	0,23	0,23	0,22	0,23	0,22	0,22
Gr/PP	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Referencias: A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

L+C+B/PP: Lomo + cuadril + bife/Peso Pistola.

SC/PP: Suma de cortes/Peso Pistola

PH/PP: Peso de hueso/Peso Pistola

Grasa de recorte/Peso Pistola

Anexo 10:

A) Contenido de ácidos grasos individuales, totales, MUFA, PUFA, grasa trans y CLA, según raza y tratamiento recría de los animales sobre pastura

	Raza		Tratamiento recría				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
C6:0	-	-	-	-	-	-	-
C10:0	-	0,040	0,050	0,070	0,020	0,020	-
C12:0	-	0,058	0,060	-	0,070	0,020	-
C14:0	1,195	1,135	1,040	1,353	1,255	0,872	1,283
C14:1	0,207	0,310	0,233	0,240	0,240	-	0,323
C15:0	1,009	0,971	0,887	1,276	0,935	0,728	1,027
C16:0	25,439	24,889	25,576	24,940	25,880	24,665	24,473
C16:1	1,856	1,713	1,713	2,041	1,707	1,418	1,965
C17:0	1,557	2,146	1,437	1,913	1,469	1,338	3,370
C17:1	0,454	0,544	0,593	0,620	0,367	0,344	0,570
C18:0	20,478	19,618	19,021	19,154	20,490	22,258	19,347
C18:1 trans	3,441	3,208	3,370	3,213	4,151	2,568	3,133
C18:1 cis	41,760	42,299	42,771	41,173	41,199	43,673	41,623
C18:2 trans	0,364	0,367	0,268	0,430	0,380	0,075	0,630
C18:2 cis	1,632	1,976	2,233	2,067	1,499	1,408	1,833
CLA	0,317	0,368	0,434	0,351	0,307	0,282	0,340
C18:3	0,279	0,375	0,420	0,410	0,237	0,267	0,343
C19:0	0,198	0,199	0,172	0,200	0,285	0,080	0,223
C20:0	0,101	0,111	0,108	0,110	0,124	0,075	0,115
C20:1 cis	0,147	0,121	0,132	0,140	0,157	0,090	0,115
C20:2	0,147	0,115	0,220	0,095	-	0,040	-
C20:3	0,201	0,275	0,376	0,300	0,118	0,223	0,188
C20:4	0,142	0,407	0,395	0,460	0,215	0,055	0,183
C20:5	0,080	0,280	0,080	0,440	-	-	0,120
C22:0	0,070	0,040	-	0,080	0,050	-	-
C22:2	-	0,060	0,060	-	-	-	-
C22:3	0,135	0,103	-	0,135	0,085	0,140	0,100
C22:4	0,120	0,260	0,380	-	0,100	-	0,140
C22:5	0,120	0,370	-	0,680	-	0,270	0,140
C22:6	0,390	0,205	0,480	0,120	-	-	0,110
C24:0	0,090	-	-	-	-	-	0,090
GT (g/100g)	2,209	2,158	1,781	1,763	2,479	2,808	2,163
AGS	1,123	1,059	0,886	0,876	1,241	1,407	1,073
MUFA	0,953	0,954	0,769	0,770	1,070	1,252	0,952
PUFA	0,045	0,056	0,041	0,060	0,047	0,052	0,053
Grasa trans	0,085	0,073	0,071	0,052	0,113	0,080	0,073
CLA	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007

Referencia: GT: grasa total; AGS: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; CLA: ácido linoleico conjugado

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

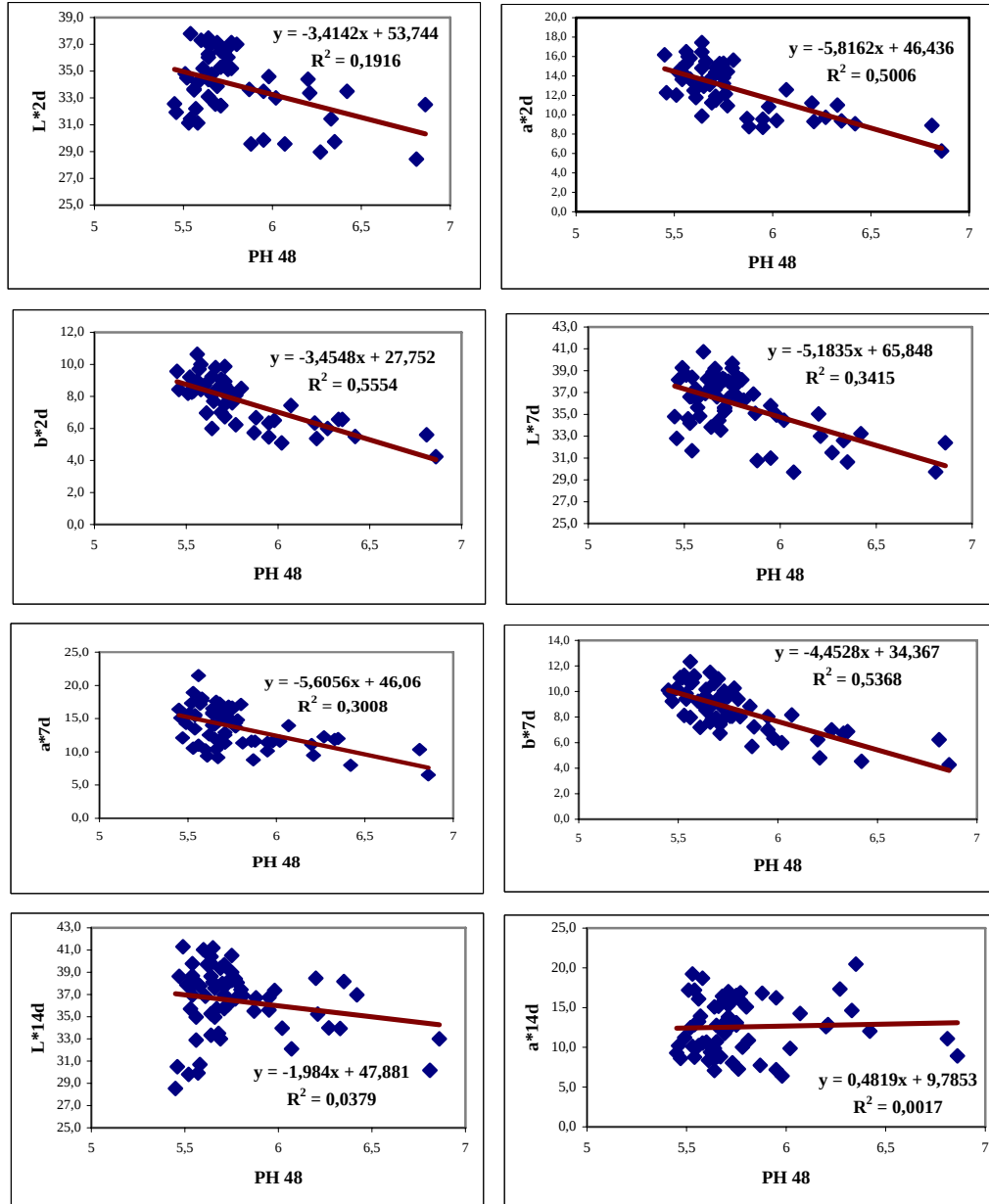
B) Contenido de ácidos grasos individuales, totales, saturados (MUFA), insaturados (PUFA), grasa trans y CLA, según raza y tratamiento recría de los animales suplementados

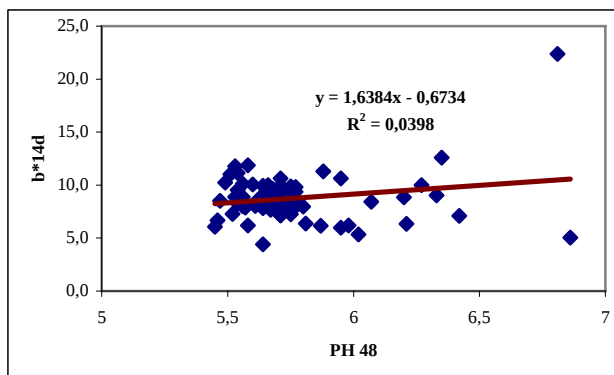
	Raza		Tratamiento recría				
	Braford	Hereford	A-A	E-E	T-A	T-E	T-T
C6:0	0,600	-	0,600	-	-	-	-
C10:0	0,200	-	-	-	-	-	0,200
C12:0	0,650	0,575	0,750	0,600	0,500	0,700	0,300
C14:0	0,984	1,008	1,006	1,002	1,009	0,970	0,996
C14:1	0,222	0,280	0,237	0,185	0,360	0,255	-
C15:0	0,651	0,886	0,733	0,712	0,913	0,622	0,771
C16:0	28,200	24,489	28,690	28,410	25,751	24,547	25,761
C16:1	1,626	1,562	1,500	1,523	1,580	1,782	1,600
C17:0	1,240	1,414	1,420	1,462	1,247	1,162	1,300
C17:1	0,280	0,360	0,374	0,327	0,301	0,312	0,271
C18:0	20,254	21,290	22,118	20,525	21,791	19,267	19,801
C18:1 trans	3,828	3,874	4,101	4,008	3,627	3,620	3,847
C18:1 cis	38,719	41,216	36,200	37,217	40,347	43,562	41,380
C18:2 trans	0,214	0,400	0,323	0,585	0,155	0,260	0,300
C18:2 cis	3,000	2,159	2,572	3,002	2,234	2,487	2,874
CLA	0,313	0,335	0,338	0,352	0,290	0,352	0,293
C18:3	0,245	0,229	0,175	0,300	0,177	0,310	0,216
C19:0	0,122	0,226	0,173	0,190	0,185	0,150	0,210
C20:0	0,901	0,124	0,130	0,120	0,101	0,700	0,975
C20:1 cis	0,128	0,170	0,150	0,155	0,143	0,130	0,180
C20:2	0,260	0,117	-	0,125	0,125	-	0,297
C20:3	0,300	0,391	0,288	0,494	0,158	0,290	0,473
C20:4	0,274	0,483	0,240	0,380	0,700	0,595	0,490
C20:5	-	-	-	-	-	-	-
C22:0	0,160	0,350	0,160	-	0,350	-	-
C22:2	0,220	-	-	0,220	-	-	-
C22:3	0,127	0,215	0,210	-	-	0,240	0,120
C22:4	0,125	0,395	0,240	-	-	0,550	0,125
C22:5	0,140	0,500	0,500	0,170	0,700	-	0,180
C22:6	0,460	0,425	-	0,140	0,460	0,710	-
C24:0	0,160	-	0,160	-	-	-	-
GT (g/100g)	2,361	2,286	2,362	2,450	2,116	2,672	2,114
AGS	1,183	1,008	1,112	1,248	1,008	1,233	1,004
MUFA	1,001	0,977	0,987	1,000	0,876	1,252	0,901
PUFA	0,700	0,600	0,600	0,733	0,529	0,817	0,629
Grasa trans	0,922	0,100	0,950	0,112	0,863	0,101	0,843
CLA	0,007	0,007	0,010	0,007	0,005	0,009	0,006

Referencia: GT: grasa total; AGS: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; CLA: ácido linoleico conjugado

A-A: Afrechillo de arroz durante otoño-invierno; E-E: Expeller de girasol durante otoño-invierno; T-A: Campo natural en otoño y afrechillo de arroz en invierno; T-E: Campo natural en otoño y expeller de girasol en invierno; T-T: Campo natural durante otoño-invierno.

Anexo 11: Relación entre PH 48 y color a los 2, 7 y 14 días de maduración





Anexo 12: Coeficiente de correlación entre terneza y color

	Color	Coef. Corr
	L*2d	0,147
T2d	a*2d	0,047
	b*2d	0,098
	L*7d	-0,358
T7d	a*7d	-0,170
	b*7d	-0,228
	L*14d	-0,138
T14d	a*14d	0,199
	b*14d	-0,076

Referencias: T2d: terneza a los 2 días; T7d: terneza a los 7 días; T14d: terneza a los 14 días.

L*2d: brillo a los 2 días, a*2d: rojo a los 2 días, b*2d: amarillo a los 2 días, L*7d: brillo a los 7 días, a*7d: rojo a los 7 días, b*7d: amarillo a los 7 días, L*14d: brillo a los 14 días, a*14d: rojo a los 14 días, b*14d: amarillo a los 14 días. 2, 7, 14: días de maduración.