

EFFECTO DEL TIPO GENÉTICO Y DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CARNE DE VACUNO PROCEDENTE DE ZONAS DE DEHESA.



TESIS DOCTORAL

RAQUEL SANTOS ALCUDIA

Córdoba, Noviembre de 2015

Universidad de Córdoba



Universidad de Zaragoza







**TÍTULO DE LA TESIS:** EFECTO DEL TIPO GENÉTICO Y DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CARNE DE VACUNO PROCEDENTE DE ZONAS DE DEHESA

**DOCTORANDO/A:** RAQUEL SANTOS ALCUDIA

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

Esta Tesis cuenta con todas las exigencias que le hacen merecedor de ser presentado para optar al grado de doctor. Es original, tiene la profundidad científica adecuada y, en algunos casos, es pionero en la aplicación de diversas técnicas analíticas para la apreciación de la calidad de las razas autóctonas bovinas españolas.

El trabajo se ha desarrollado a lo largo de varios años, la Licenciada, doña Raquel Santos, ha compaginado su actividad profesional en COVAP con su trabajo científico en la confección de esta Tesis, ha participado en todo el proceso, desde el trabajo de campo hasta la realización de su parte estadística y confección y discusión del manuscrito. Creemos que el trabajo ha tenido plazos amplios por los evidentes motivos profesionales, pero el desarrollo ha sido impecable. Durante el recorrido los resultados encontrados han sido de un elevado interés práctico para COVAP, que ha tomado decisiones empresariales con ellos en la mano, y su interés científico ha empezado y tiene un recorrido esperanzador, visible en el currículum de la doctorando. El trabajo ha dado lugar a una serie de trabajos, entre los que destacamos:

R. Santos, F. Peña, M. Juárez, C. Avilés, A. Horcada, A. Molina. 2013. Use of image analysis of cross-sectional cuts to estimate the composition of the 10th–11th–12th rib-cut of European lean beef bulls. *Meat Science*, Volume 94, Issue 3, Pages 312-319.

F. Peña, A. Molina, M. Juárez, F. Requena, C. Avilés, R. Santos, V. Domenech, A. Horcada. 2014. Use of serial ultrasound measures in the study of growth- and breed-related changes of ultrasonic measurements and relationship with carcass measurements in lean cattle breeds. *Meat Science*, Volume 96, Issue 1, Pages 247-255.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba y Zaragoza, 17 de noviembre de 2015

Firma del/de los director/es

Fdo.: \_Francisco Peña Blanco

Fdo.: \_Carlos Sañudo Astiz



Una ilusión que tengo desde hace muchos años es la que ahora se hace realidad. Ha sido posible gracias a la colaboración y el apoyo de muchas personas.

Gracias a COVAP, mi empresa desde hace 16 años, donde se ha realizado este proyecto y gracias a la cuál vivimos miles de personas en estas comarcas: Pedroches y Guadiato en Andalucía, Almadén y Alcuía en Castilla la Mancha y Serena y Siberia en Extremadura. Le doy las gracias a nuestro presidente, Ricardo Delgado, como representación de todo lo que ha sido, es y será COVAP, un “entramado de felicidad”, que es como me gusta llamarla.

A mis tutores el profesor Dr. Francisco Peña de la Universidad de Córdoba y el catedrático Dr. Carlos Sañudo de la Universidad de Zaragoza por su profesionalidad, sabiduría y paciencia, han aguantado mi falta de dedicación continuada a esta ocupación, adaptándose a esta forma de trabajar, a golpes, a etapas.

A todas las partes implicadas en el proyecto TERNECO: Universidad de Córdoba, Universidad de Zaragoza, Universidad de Sevilla, GENOVA Veterinaria, COVAP, CICAP.

A todas las personas que me han enseñado cosas a lo largo de la vida o que han creído en mí profesionalmente desde el principio, mi tío Jesús Martín, D. Tomás Arangüez, trabajador y presidente de COVAP durante tantos años y el profesor Manuel Sánchez Rodríguez.

## Dedicatoria y Agradecimientos

---

A toda mi gran familia de tíos y tías, primos y primas, sobrinos y sobrinas. Y a mi familia política, suegros, cuñados y sobrinos. Quiero hacer mención especial a los abuelos que ya no están, pero que seguro que nos estarán viendo a todos y velando por nosotros.

A mis padres José y Teo, que con su íntegro ejemplo me han enseñado la base de todo lo que soy, y a mis hermanas Montse, Fabiola y Rocío, compañeras de vida, espero que estén orgullosos de mí.

A mi marido Antonio, que ha estado apoyándome y soportándome durante estos años en los que he estado trabajando en esta tesis, y a mis hijos Antonio Augusto, Sofía y Minerva, que han ido incorporándose a la familia en este transcurso de tiempo. Espero poderles compensar todas las horas que les he robado.

Esta tesis es para mí cumplir un sueño, todo es posible con perseverancia y trabajo.

---

<b>Dedicatoria y agradecimientos</b> .....	5
<b>Índice General</b> .....	7
<b>Índice de Figuras</b> .....	11
<b>Índice de Gráficos</b> .....	12
<b>Índice de Tablas</b> .....	14
<b>Resumen</b> .....	21
<b>Summary</b> .....	29
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	33
1.1. Situación del sector vacuno de carne en el mundo.....	35
1.1.1. Censos y producción de carne de vacuno a nivel mundial.....	35
1.1.2. Mercado mundial de carne.....	39
1.1.3. Evolución mundial de los costes de producción y precio... ..	46
1.2. Estado del sector vacuno de carne en la Unión Europea.....	47
1.2.1. Censos y producción de carne en la Unión Europea.....	47
1.2.2. Evolución del mercado de vacuno en la Unión Europea... ..	48
1.3. Realidad del sector vacuno de carne en España.....	49
1.3.1. Censos y producción de carne de vacuno en España.....	49
1.3.2. El mercado de la carne de vacuno en España.....	50
1.3.3. Evolución del consumo de carne de vacuno en España... ..	52
1.3.4. Sistemas de producción de cebo de terneros en España.....	53
1.3.5. La dehesa y la producción de carne de vacuno.....	54
1.4. La producción de carne de vacuno en COVAP.....	55
1.4.1. COVAP, filosofía de empresa y calidad.....	55
1.4.2. COVAP y la producción de carne de vacuno.....	56
1.4.3. El porqué del trabajo realizado.....	57

<b>Capítulo 2. Objetivos</b> .....	59
2.1. Objetivo General.....	61
2.2. Objetivos particulares.....	61
<b>Capítulo 3. Revisión bibliográfica</b> .....	63
3.1. Crecimiento.....	65
3.1.1. Regulación del crecimiento.....	65
3.1.2. Crecimiento ponderal y modelización.....	71
3.1.3. Factores que inciden en el crecimiento.....	74
3.2. Características de la canal.....	77
3.2.1. Sistemas de medición de la canal.....	77
3.2.2. Factores que inciden en la conformación de la canal.....	79
3.3. Estructura y composición del músculo.....	87
3.3.1. Estructura del músculo estriado.....	87
3.3.2. Las proteínas musculares.....	90
3.3.3. Otros componentes del músculo .....	92
3.3.4. La contracción muscular.....	92
3.4. Transformación del músculo en carne. Maduración de la carne.....	93
3.5. Factores que afectan a la calidad de la carne.....	97
3.5.1. Raza.....	98
3.5.2. Alimentación.....	99
3.5.3. Edad.....	99
3.5.4. Peso vivo.....	100
3.5.5. Factores ambientales.....	101
3.6. Evaluación de la calidad de la carne.....	101
3.6.1. Análisis Instrumental.....	101
3.6.2. Evaluación Sensorial.....	113
3.6.3. Los ultrasonidos como instrumento de medida.....	122
3.7. Tipos genéticos.....	129
3.7.1. Raza Retinta.....	130
3.7.2. Raza Limusina.....	135
3.7.3. Raza Charolesa.....	142
<b>Capítulo 4. Material y Métodos</b> .....	149
4.1. Animales, instalaciones y manejo.....	151
4.1.1. Características de los lotes de terneros.....	151

4.1.2. Características de los centros de cebo.....	154
4.1.3. Alimentación suministrada a los terneros.....	158
4.1.4. Datos productivos tomados y periodicidad.....	162
4.1.5. Realización de ecografías.....	163
4.2. Matadero o centro de sacrificio.....	165
4.2.1. Momento de sacrificio.....	165
4.2.2. Tipo de sacrificio realizado.....	165
4.2.3. Análisis y mediciones realizados en matadero.....	166
4.2.4. Toma de muestras para análisis instrumental y sensorial.....	170
4.3. Análisis instrumental.....	170
4.4. Análisis sensorial.....	171
4.5. Análisis estadístico.....	175
<b>Capítulo 5. Resultados y Discusión.....</b>	<b>177</b>
5.1. Resultados obtenidos en cebadero.....	179
5.1.1. Pesos y edades a la entrada y salida de cebadero.....	179
5.1.2. Evolución del peso vivo de los terneros en cebo.....	183
5.1.3. Ganancia media diaria de los terneros en cebo.....	187
5.1.4. Consumos e Índice de Conversión.....	191
5.1.5. Medidas ultrasonográficas.....	194
5.2. Resultados obtenidos en matadero.....	228
5.2.1. Pesos vivos, pesos canal y rendimientos.....	228
5.2.2. Despiece de la canal.....	236
5.2.3. Conformación y engrasamiento .....	243
5.2.4. pH y Temperatura .....	246
5.2.5. Color del músculo y de la grasa .....	249
5.2.6. Medidas de la canal.....	259
5.3. Composición tisular y análisis instrumental de la carne.....	271
5.3.1. Trozo tricostal 10 <sup>a</sup> -11 <sup>a</sup> -12 <sup>a</sup> vértebras torácicas.....	271
5.3.2. Espesor grasa dorsal y color, dureza y pérdidas de la carne al día 1, 7 y 21 de maduración.....	273
5.3.3. Contenido en grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos.....	279

5.3.4. Maduración de la carne .....	287
5.4. Análisis sensorial.....	299
5.4.1. Análisis sensorial con panel entrenado.....	299
5.4.2. Análisis sensorial con consumidores.....	310
<b>Capítulo 6. Conclusiones.....</b>	<b>317</b>
<b>Capítulo 7. Bibliografía.....</b>	<b>321</b>

Figura 1. Distribución territorial de las vacas nodrizas en España.....	55
Figura 2. Conformación cárnica. Clasificación SEUROP.....	78
Figura 3. Conformación grasa. ....	79
Figura 4. La Fibra Muscular Esquelética.....	87
Figura 5. Organización de la fibra muscular.....	93
Figura 6. Instrumento de medida de la textura de la carne.....	105
Figura 7. Representación gráfica de las coordenadas de color.....	107
Figura 8. Esquema de los distintos estados de óxido-reducción de la mioglobina de la carne fresca.....	109
Figura 9. Esquema de las pruebas sensoriales.....	114
Figura 10. Entrenamiento de catadores.....	120
Figura 11. Imagen ultrasonográfica. ....	124
Figura 12. Semental de Raza Retinta. <a href="http://www.retinta.es">www.retinta.es</a> .....	131
Figura 13. Vaca y ternero de Raza Retinta. <a href="http://www.invac.org">www.invac.org</a> .....	131
Figura 14. Semental de Raza Limusina. <a href="http://www.feagas.com">www.feagas.com</a> .....	136
Figura 15. Vaca de Raza Limusina. <a href="http://www.infocarne.com">www.infocarne.com</a> .....	137
Figura 16. Toro de raza Charolesa. <a href="http://www.feagas.com">www.feagas.com</a> .....	144
Figura 17. Vaca y ternero de raza Charolesa. <a href="http://www.feagas.com">www.feagas.com</a> .....	145
Figura 18. Esquema relativo a los lotes experimentales.....	152
Figura 19. Nave de cebo. Centro de Alcaracejos (Córdoba).....	155
Figura 20. Nave de Recepción. Centro de Almadenejos.....	157
Figura 21. Realización de ecografías.....	161
Figura 21. Toma de datos de colorimetría en matadero COVAP.....	167
Figura 22. Toma de temperatura en hemicanal izquierda. ....	167
Figura 23.- Mediciones de la canal.....	169
Figura 24. Mediciones en la canal.....	169
Figura 25. Foto donde vemos las muestras utilizadas para el estudio.....	170
Figura 26. Cabinas para análisis sensorial en Universidad de Zaragoza.....	173
Figura 27. Momento de cocinado para análisis sensorial Universidad de Zaragoza.....	173

Gráfico 1. Distribución mundial del censo de ganado vacuno, año 2013.....	36
Gráfico 2. Censo ganado vacuno en 2013. ....	36
Gráfico 3. Distribución de la producción mundial de carne de vacuno. ....	37
Gráfico 4. Principales países productores de carne en el mundo.....	38
Gráfico 5. Producción Agrícola y Consumo Agrícola a Nivel Mundial.....	40
Gráfico 6. Producción, utilización y existencias de cereales.....	42
Gráfico 7. Panorama del mercado mundial de cereales. ....	43
Gráfico 8. Principales países mundiales exportadores de carne. ....	45
Gráfico 9. Principales países mundiales importadores de carne.....	45
Gráfico 10. Índices de precios de los alimentos en el mundo en los últimos años.....	46
Gráfico 11. Censo de Ganado vacuno en la Unión Europea. ....	47
Gráfico 12. Balance exportación/importación carne y animales vivos Unión europea en los años 2009 a 2013.....	49
Gráfico 13. Sacrificios de vacuno en España. ....	51
Gráfico 14. Consumo aparente de carne de vacuno en España en los últimos años.....	53
Gráfico 15.- Distribución de los valores de peso vivo de los terneros durante la fase de cebo. Conjunto de animales.....	184
Gráfico 16.- Pesos medios de los terneros normalizados a 200, 230, 260, 290, 320, 350, 380, 410, 440 y 470 días de edad.....	185
Gráfico 17.- Evolución del peso vivo de los terneros de raza Charolesa durante la fase de cebo.....	185
Gráfico 18.- Evolución del peso vivo de los terneros de raza Limusina durante la fase de cebo.....	186
Gráfico 19.- Evolución del peso vivo de los terneros de raza Retinta durante la fase de cebo.....	186
Gráfico 20.- Evolución del peso vivo de los terneros durante la fase de cebo en el cebadero de Alcaracejos (sistema pienso y paja).....	187
Gráfico 21.- Evolución del peso vivo de los terneros durante la fase de cebo en el cebadero de Almadenejos (mezcla húmeda unifeed).....	187
Gráfico 22.- Evolución de la ganancia media diaria de los terneros a lo largo del periodo de cebo.....	190

Gráfico 23. Evolución del área del m. <i>Longissimus thoracis</i> durante el periodo de cebo.....	198
Gráfico 24. Evolución del área del m. <i>Longissimus thoracis</i> durante el periodo de cebo.....	200
Gráfico 25. Evolución del espesor de la grasa subcutánea a nivel dorsal durante el periodo de cebo.....	203
Gráfico 26. Evolución del espesor de la grasa subcutánea a nivel dorsal durante el periodo de cebo.....	205
Gráfico 27. Evolución del espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera durante el periodo de cebo.....	208
Gráfico 28. Evolución de la profundidad del m. <i>Gluteus medius</i> durante el periodo de cebo.....	211
Gráfico 29. Evolución del contenido en grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus thoracis</i> durante el periodo de cebo.....	214

Tabla 1. Evolución del censo de vacuno a nivel mundial. Principales países....	38
Tabla 2. Evolución de la producción mundial de carne de vacuno. Principales países. ....	39
Tabla 3. Producción de carne en la Unión Europea. 2013.....	48
Tabla 4. Evolución del censo total de Ganado Vacuno en España por tipo de animal y Comunidad Autónoma.....	50
Tabla 5. Producción cárnica de vacuno en España por comunidades. ....	50
Tabla 6. Evolución del comercio intra y extracomunitario de España en el sector de la carne de vacuno.....	52
Tabla 7. Características de los tipos de fibras musculares. ....	89
Tabla 8. Tipos mayoritarios de colágeno.....	91
Tabla 9. Propiedades de la carne que pueden ser estudiadas con ultrasonido.....	125
Tabla 10. Medidas zoométricas raza Retinta.....	133
Tabla 11. Evolución peso vivo (kg)/edad. Raza Limusina.....	140
Tabla 12.- Edad y peso de los terneros a la entrada de cebadero. Estadísticos básicos.....	154
Tabla 13. Ingredientes y análisis nutricional de la ración de crecimiento en Alcaracejos, sistema pienso y paja.....	159
Tabla 14. Ingredientes y análisis nutricional de la ración de cebo en Alcaracejos, sistema pienso y paja.....	160
Tabla 15. Ingredientes y análisis nutricional del pienso de crecimiento en Almadenejos, sistema unifeed.....	161
Tabla 16. Ingredientes y análisis nutricional del pienso de cebo en Almadenejos, sistema unifeed.....	162
Tabla 17. Descripción de la población de consumidores. N = 250.....	174
Tabla 18.- Edad y peso de los terneros a la entrada de cebadero. Estadísticos básicos.....	180
Tabla 19.- Edad y peso de los terneros a la salida de cebadero. Estadísticos básicos.....	181
Tabla 20.- Edad y peso de los terneros a la entrada y a la salida del cebadero. Análisis de varianza.....	182

Tabla 21.- Valores medios de las edades y pesos de los terneros al inicio y final del periodo de cebo.....	182
Tabla 22.- Ganancia media para el conjunto del periodo de cebo. Análisis de varianza.....	188
Tabla 23. Ganancia media diaria (kg/día) de los terneros para el conjunto del periodo de cebo. Estadísticos básicos.....	189
Tabla 24.- Valores medios de la ganancia media diaria (kg/día) de los terneros para el conjunto del periodo de cebo.....	190
Tabla 25. Kg de materia seca consumidos al día por razas y por cebadero a lo largo del periodo de cebo.....	191
Tabla 26. Consumos de materia seca. Análisis de Varianza.....	192
Tabla 27. Prueba de Tukey de diferencias entre medias para el consumo diario.....	193
Tabla 28. GMD, consumos de alimento e Índice de Conversión por razas y cebaderos.....	194
Tabla 29.- Área del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Análisis de varianza.....	195
Tabla 30.- Espesor de la grasa subcutánea dorsal. Análisis de varianza.....	195
Tabla 31.- Espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera. Análisis de varianza.....	195
Tabla32.- Espesor del m. <i>Gluteus medius</i> . Análisis de varianza.....	195
Tabla 33.- Contenido en grasa intramuscular o marmoreo del m. <i>longissimus thoracis</i> . Análisis de varianza.....	196
Tabla 34.- Valores medios del área del m. <i>Longissimus thoracis</i> (UALD) mediante ultrasonidos. Análisis de varianza.....	197
Tabla 35.- Valores medios de UALD <sub>100</sub> .....	201
Tabla 36.- Valores medios del espesor de la grasa subcutánea dorsal (UEGD) mediante ultrasonidos. Análisis de varianza.....	202
Tabla 37.- Valores medios de UGD <sub>100</sub> .....	206
Tabla 38.- Valores medios del espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera. Análisis de varianza.....	207
Tabla 39.- Valores medios de UGSC <sub>100</sub> .....	208
Tabla 40.- Valores medios de la profundidad del m. <i>Gluteus medius</i> . Análisis de varianza.....	210
Tabla 41.- Valores medios de UPGM <sub>100</sub> .....	211

Tabla 42.- Valores medios del contenido en grasa intramuscular o marmoreo del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Análisis de varianza.....	213
Tabla 43.- Valores medios de UGIM <sub>100</sub> .....	217
Tabla 44. Correlaciones entre peso al sacrificio y medidas ultrasonográficas a diferentes controles ecográficos.....	219
Tabla 45. Correlación entre conformación de la canal con UALD y UPGM, y entre grado de engrasamiento de la canal y UGD y UGSC a diferentes controles ecográficos.....	220
Tabla 46. Correlación entre medidas ecográficas y medidas de la canal.....	225
Tabla 47. Ecuaciones de predicción de medidas de la chuleta a través de medidas ultrasonográficas.....	226
Tabla 48. Coeficientes de regresión para predecir medidas de la chuleta a través de medidas ultrasonográficas.....	227
Tabla 49. Peso vivo final de los terneros en cebadero.....	228
Tabla 50. Peso vivo al sacrificio. Estadísticos descriptivos.....	229
Tabla 51. Pesos canal y de la hemicanal derecha e izquierda. Análisis de la varianza.....	229
Tabla 52. Peso de la canal. Estadísticos descriptivos.....	230
Tabla 53. Peso de la hemicanal derecha. Estadísticos descriptivos.....	231
Tabla 54. Peso de la hemicanal izquierda. Estadísticos descriptivos.....	232
Tabla 55. Rendimientos canal. Análisis de la varianza.....	233
Tabla 56. Rendimiento canal 1 (respecto de peso cebadero). Estadísticos descriptivos.....	234
Tabla 57. Rendimiento canal 2 (respecto del peso al sacrificio). Estadísticos descriptivos.....	235
Tabla 58. Peso de las diferentes piezas en las que se dividió la hemicanal derecha. Análisis de la varianza.....	236
Tabla 59. Peso del delantero. Estadísticos descriptivos.....	237
Tabla 60. Peso de la bola. Estadísticos descriptivos.....	238
Tabla 61. Peso de la riñonada. Estadísticos descriptivos.....	238
Tabla 62. Peso de la falda. Estadísticos descriptivos.....	239
Tabla 63. Porcentajes, respecto del peso de la hemicanal derecha, de las diferentes piezas.....	240
Tabla 64. Porcentaje del delantero. Estadísticos descriptivos.....	241

Tabla 65. Porcentaje de la bola. Estadísticos descriptivos...	242
Tabla 66. Porcentaje de la riñonada. Estadísticos descriptivos.....	242
Tabla 67. Porcentaje de la falda. Estadísticos descriptivos.....	243
Tabla 68. Notas de conformación y engrasamiento de las canales. Análisis de varianza.....	244
Tabla 69. Conformación de las canales. Estadísticos descriptivos.....	244
Tabla 70. Engrasamiento de las canales. Estadísticos descriptivos.....	246
Tabla 71. pH <sub>0</sub> . Estadísticos descriptivos.....	247
Tabla 72. pH <sub>24</sub> . Estadísticos descriptivos.....	247
Tabla 73. Temperatura de la canal al sacrificio. Estadísticos descriptivos.....	248
Tabla 74. Temperatura de la canal tras 24 horas de refrigeración. Estadísticos descriptivos.....	249
Tabla 75. Variables cromáticas al sacrificio y tras 24 horas de refrigeración. Análisis de varianza.....	250
Tabla 76. L* <sub>0</sub> del músculo rectus abdominis. Estadísticos descriptivos.....	253
Tabla 77. a* <sub>0</sub> del músculo rectus abdominis. Estadísticos descriptivos.....	253
Tabla 78. b* <sub>0</sub> del músculo rectus abdominis. Estadísticos descriptivos.....	254
Tabla 79. L* <sub>24</sub> del músculo rectus abdominis. Estadísticos descriptivos.....	254
Tabla 80. a* <sub>24</sub> del músculo rectus abdominis. Estadísticos descriptivos.....	255
Tabla 81 b* <sub>24</sub> del músculo rectus abdominis. Estadísticos descriptivos.....	255
Tabla 82. L* <sub>0</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.....	256
Tabla 83. a* <sub>0</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.....	257
Tabla 84. b* <sub>0</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.....	257
Tabla 85. L* <sub>24</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.....	258
Tabla 86. a* <sub>24</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.....	258
Tabla 87. b* <sub>24</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.....	259
Tabla 88. Medidas de la canal. Análisis de varianza.....	260
Tabla 89. Longitud de la canal. Estadísticos descriptivos.....	263
Tabla 90. Profundidad de la canal. Estadísticos descriptivos.....	264
Tabla 91. Longitud de la pierna. Estadísticos descriptivos.....	264
Tabla 92. Anchura de la pierna 1. Estadísticos descriptivos.....	265
Tabla 93. Anchura de la pierna 2. Estadísticos descriptivos.....	265
Tabla 94. Profundidad de la pierna. Estadísticos descriptivos.....	266
Tabla 95. Perímetro de la pierna. Estadísticos descriptivos.....	266

Tabla 96. Longitud canal / profundidad canal. Estadísticos descriptivos.....	267
Tabla 97. Longitud canal / peso canal. Estadísticos descriptivos,.....	267
Tabla 98. Profundidad canal / peso canal. Estadísticos descriptivos.....	268
Tabla 99. Longitud pierna / peso canal. Estadísticos descriptivos.....	268
Tabla 100. Anchura pierna 1 / peso canal. Estadísticos descriptivos.....	269
Tabla 101. Anchura pierna 2 / peso canal. Estadísticos descriptivos.....	269
Tabla 102. Profundidad pierna / peso canal. Estadísticos descriptivos.....	270
Tabla 103. Perímetro pierna / peso canal. Estadísticos descriptivos.....	270
Tabla 104.- Trozo tricostal 10 <sup>a</sup> -11 <sup>a</sup> -12 <sup>a</sup> vértebras torácicas. Análisis de varianza.....	271
Tabla 105.- Color, dureza y pérdidas chuleta 1 días. Análisis de varianza.....	274
Tabla 106.- Color, dureza y pérdidas chuleta 7 días. Análisis de varianza.....	276
Tabla 107.- Color, dureza y pérdidas chuleta 21 días. Análisis de varianza...	278
Tabla 108.- Contenido en grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos saturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> .....	280
Tabla 109.- Perfil de ácidos grasos monoinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> .....	281
Tabla 110.- Perfil de ácidos grasos polinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> .....	283
Tabla 111.- Perfil de ácidos grasos e índices de interés en <i>Longissimus thoracis</i> .....	283
Tabla 112.- Evolución durante la maduración del contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos saturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . General.....	288
Tabla 113.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos monoinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . General.....	289
Tabla 114.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos polinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . General.....	289
Tabla 115.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos e índices del m. <i>Longissimus thoracis</i> . General.....	290
Tabla 116.- Evolución durante la maduración del contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos saturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Cebaderos.....	291

Tabla 117.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos monoinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Cebaderos.....	292
Tabla 118.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos polinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Cebaderos.....	293
Tabla 119.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos e índices del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Cebaderos.....	294
Tabla 120.- Evolución durante la maduración del contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos saturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Razas.....	295
Tabla 121.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos saturados monoinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Razas.....	296
Tabla 122.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos polinsaturados del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Razas.....	297
Tabla 123.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos e índices del m. <i>Longissimus thoracis</i> . Razas.....	298
Tabla 124 . Significación de los efectos: raza, cebadero, maduración y sus interacciones, sobre las características sensoriales valoradas por el panel entrenado.....	299
Tabla 125. Valores medios y nivel de significación de las características sensoriales de la carne de vacuno de tres tipos genéticos (Charolesa, Limusina y Retinta), procedentes de dos cebaderos a dos tiempos de maduración. (Año = 2010).....	300
Tabla 126. Valores medios y nivel de significación de las características sensoriales de la carne de vacuno de tres razas (Charolesa, Limusina y Retinta), procedentes de dos cebaderos a dos tiempos de maduración. (Año = 2011).....	304
Tabla 127. Valores medios y desviación estándar de las características sensoriales de la carne procedente de las razas Retinta, Charolesa y Limusina.....	305
Tabla 128. Características sensoriales de la carne procedente de los cebaderos de Almadenejos y Alcaracejos.....	307
Tabla 129. Características sensoriales de la carne a dos tiempos de maduración.....	308

Tabla 130. Valoración media y desviación estándar del flavor vacuno, hígado y ácido de la carne de las razas Retinta, Charolesa y Limusina, procedente de dos cebaderos con dos tiempos de maduración.....	309
Tabla 131. Efecto de la raza, el tipo de cebadero y la maduración sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores.....	311
Tabla 132. Efecto del tipo genético sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores (medias y desviaciones típicas).....	311
Tabla 133. Efecto del cebadero sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores (medias y desviaciones estándar).....	312
Tabla 134. Efecto de la maduración sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores (medias y desviación estándar).....	313
Tabla 135. Valor F y significación de los efectos raza, cebadero y maduración sobre la aceptabilidad por parte del panel de consumidores (n=500).....	314
Tabla 136. Valores medios y desviación estándar de los efectos del tipo genético, cebadero y maduración sobre la aceptabilidad por parte del panel de consumidores.....	315

El vacuno de carne es una de las actividades ganaderas que se desarrolla en las comarcas donde COVAP tiene su ámbito de actuación. Además de la cría de las vacas nodrizas de los socios, también se lleva a cabo el cebo de los terneros en cebaderos comunitarios. Una de las inquietudes de la Cooperativa, es dar el mejor servicio a los clientes a través de una producción rentable. Por ello, existía la inquietud de cuál de los dos sistemas productivos que se estaban empleando, mezclas unifeed húmedas vs. pienso concentrado y paja era la más conveniente en todos los aspectos posibles. También qué raza de las tres más extendidas, Charolesa, Limusina y Retinta era más idónea para criar terneros destinados al cebo. Además, qué sistema productivo de los utilizados y qué raza eran los que producían una carne mejor aceptada por los consumidores, y a qué tiempo de maduración se obtenían las mejores cualidades si a 0, 7 ó 21 días. Por último, también cobraba gran relevancia el poder predecir la mayor cantidad de características del animal *in vivo*.

Para intentar dar respuesta a estas inquietudes se planteó un Proyecto de Investigación, denominado TERNECO, en el que han intervenido la Cooperativa COVAP, la Universidad de Córdoba y la Universidad de Zaragoza. Dicho estudio se realizó en dos anualidades o periodos: 2007/2008 y 2008/2009. El cebo de los animales, terneros machos de las razas Charolesa, Limusina y Retinta, llevó a cabo en las instalaciones que la Cooperativa COVAP posee en las poblaciones de Alcaracejos y Almadenejos. En la primera de ellas la alimentación de los animales se basó en concentrado más paja de cereal, mientras que en la segunda los animales recibieron una mezcla húmeda compuesta por concentrado, paja y ensilado de maíz. En ambos cebaderos el alimento fue suministrado *ad libitum*. En total, se trabajó con 290 terneros de raza Retinta (n = 44), Limusina (n = 51) y Charolesa (n = 50), repartidos en doce lotes de aproximadamente 25 machos cada uno.

La edad media del conjunto de animales (n = 290) a la entrada a cebadero fue 7.2 meses (218.5 días), con un peso medio de 251.9 Kg. En el cebadero con el método de alimentación de pienso y paja *ad libitum* (Alcaracejos) (n = 140), los animales, con una edad media de 214 días, comenzaron la fase de cebo con un peso medio de 246.9 Kg; en tanto que en

el cebadero con sistema de alimentación unifeed (Almadenejos) (n = 150), la edad y peso medios a la entrada de cebadero fueron 224 días y 257.5 Kg, respectivamente. Por razas, la edad a la entrada a cebadero se situó entre 214 días en la raza Limusina (n = 102) y 224 días en raza Charolesa (n = 98), mientras que el peso osciló entre 243.6 Kg en Limusina y 263.2 Kg en Retinta (n = 90).

La ganancia media diaria para el conjunto de animales fue 1.42 Kg/día, con diferencias significativas entre razas (1.48 Kg/día para la Charolesa, 1.42 Kg/día para la Limusina y 1.36 Kg/día para la Retinta), así como entre sistemas de alimentación (1.44 Kg/día para concentrado + paja y 1.40 Kg/día para mezcla húmeda). El consumo de materia seca fue de 8.67 Kg/día, sin que se observaran diferencias estadísticas entre razas o sistemas de alimentación. El índice de conversión (6.11 Kg materia seca/Kg de peso vivo) fue mejor en el sistema concentrado + paja (6.01 vs. 6.20) y en los genotipos franceses (6.03 vs. 6.24).

A lo largo del periodo de cebo, los terneros fueron escaneados individualmente por un técnico acreditado, el mismo que analizó las imágenes. La ecografías se realizaron con una periodicidad de 30 días desde  $30 \pm 5$  días de entrada al cebadero hasta la semana anterior al sacrificio. En las ecografías se determinó el espesor de grasa subcutánea a nivel dorsal (entre la 12ª y 13ª vértebras torácicas) y a nivel de la cadera (en una línea paralela al eje vertebral entre la punta del anca y de la nalga), el área (entre la 12ª y 13ª vértebras torácicas) y el marmoreo (entre la 10ª y 12ª vértebras torácicas) del músculo *Longissimus thoracis*, y la profundidad del músculo *Gluteus medius* (a nivel de su unión con el músculo *Bíceps femoris*). El área del m. *Longissimus thoracis* fue mayor en la raza Limusina y menor en la Retinta, observándose un mayor aumento porcentual durante el periodo de cebo en los terneros finalizados con mezcla húmeda (170.5% vs. 146.6%). El espesor de grasa dorsal mostró un aumento porcentual similar entre cebaderos, mientras que el mayor incremento se observó en la raza Limusina (224%) y el menor en la Retinta (183%). El espesor de grasa subcutánea a nivel de la cadera fue ligeramente superior al registrado a nivel dorsal aunque el aumento porcentual durante el cebo fue inferior al igual que sucede cuando comparamos la raza Retinta con las

francesas. La profundidad del músculo Gluteus medius pasó de 8.4 cm en el primer control a 11 cm en el último, lo que supone un incremento del 131%, con escasas variaciones entre razas. El contenido en grasa intramuscular disminuyó con la duración del periodo de cebo, encontrando mayores diferencias atribuibles al sistema de alimentación que a la raza. En relación al peso vivo, las variables que evalúan el contenido muscular de la canal descienden a lo largo del periodo de cebo, mientras que las relacionadas con el contenido graso no cambiaron significativamente a excepción del contenido en grasa intramuscular que descendió significativamente. Los valores ecográficos del espesor de grasa subcutánea a nivel dorsal y del marmoreo fueron superiores a los obtenidos en la canal, mientras que la medida ultrasonográfica del área del m. *Longissimus thoracis* fue inferior.

Cuando el conjunto de animales de cada corral alcanzó el peso final establecido (500-525 Kg para los terneros de raza Retinta, y 540-580 Kg para los de raza Charolesa y Limusina, de acuerdo a las preferencias del mercado local), los terneros fueron transportados al matadero de la Cooperativa COVAP ubicado en la localidad de Pozoblanco (Córdoba). En relación al peso al sacrificio, el peso de las canales fue superior en los terneros de raza francesa (56.7% en la Charolesa; 58.9% en la Limusina) que en los de raza Retinta (54.4%).

Una vez faenada la canal, se procedió a la valoración visual de la conformación y el grado de engrasamiento siguiendo el sistema europeo (EU regulation N° 1208/81, 1026/91), por parte de un técnico con titulación oficial homologada, con valores medios de 9.6 y 2.8, respectivamente. Las canales procedentes de terneros finalizados con dieta húmeda presentaron mejor conformación (9.8 vs. 9.4) y menor engrasamiento (2.7 vs. 2.9). Entre razas también se encontraron diferencias

Inmediatamente después se procedió a cuantificar el color del m. *rectus abdominis* y de la grasa subcutánea con espectrofotocolorímetro Minolta. El color se cuantificó en el espacio CIE *lab* mediante mediciones en tres localizaciones diferentes (CIE 1976 L\*a\*b\*). La carne de los terneros de raza Retinta fue más oscura y amarillenta que la de las razas francesas, mientras

que la procedente de los terneros alimentados con concentrado + paja (Alcaracejos) presentó valores más elevados de luminosidad.

El pH (pHmetro Crison 507, Crison Instruments SA, Barcelona, España) y la temperatura (termómetro Luftman-Digion Blue Linel) de la canal se determinaron a 20 minutos y 24 horas *post mortem* en el centro geométrico del m. *longissimus lumborum* entre la 4ª y 5ª vértebras lumbares, sin que ninguno de los factores estudiados tuvieran un efecto significativo.

Tras la refrigeración se procedió a cuantificar las principales medidas de longitud, profundidad, espesor y perímetros (De Boer et al., 1974; Toscano et al, 1998). Las canales procedentes del cebadero de Alcaracejos (concentrado + paja) fueron más cortas y presentaron piernas de mayor longitud y perímetro. Respecto de las razas, la Retinta fue la que presentó canales de menor longitud y profundidad, a la vez que las piernas eran más cortas de y con menor perímetro.

La hemicanal derecha se despiezó en cuatro trozos: delantero, bola, riñonada y falda, que representaron el 38.3%, 32.9%, 14.65 y 13.6% de la canal, respectivamente. Los terneros de raza Retinta proporcionaron canales con mayor desarrollo porcentual del delantero y falda.

De cada hemicanal izquierda se extrajo el trozo tricostal comprendido entre la 9ª y 13ª costilla, para análisis instrumental (Universidad de Córdoba), y el trozo comprendido ente la 13ª vertebra torácica y 4ª lumbar, para análisis sensorial (Universidad de Zaragoza).

En el m. *Longissimus thoracis* se determinó el color del músculo (tres mediciones), el espesor de la grasa subcutánea (tres lugares), la composición tisular (grasa subcutánea, grasa intermuscular, músculo y hueso), la terneza de la carne cruda y cocinada, la capacidad de retención de agua por presión, pérdidas por goteo y por cocinado.

La disección del trozo tricostal arrojó valores medios de 7.3%, 10.1%, 66.1% y 16.1% para la grasa subcutánea, intermuscular, músculo y hueso, respectivamente. Los terneros finalizados en el cebadero de Almadenejos (unifeed) produjeron canales con mayor contenido en músculo y menor porcentaje en grasa intermuscular. Las canales de terneros de raza Limusina

fueron las que presentaron los porcentajes más altos de músculo y los más bajos en hueso, en contraposición a los encontrados en la raza Retinta. Los terneros de raza Charolesa fueron los que presentaron los porcentajes más bajos y altos en grasa subcutánea e intermuscular, respectivamente.

En general, la carne procedente de animales finalizados en el cebadero de Almadenejos (unifeed) y los de raza Retinta presentó valores de  $L^*$  más bajos. Los valores medios de las variables cromáticas subieron significativamente con la maduración, pasando de 28.9, 14.2 y 13.5 para  $L^*$ ,  $a^*$   $b^*$  a 1 día de maduración a 32.2, 18.5 y 19.2, respectivamente, a 21 días de maduración

Por lo que respecta a la dureza de la carne en crudo, en general fue la raza Retinta la que presentó valores más elevados, mientras que el sistema de alimentación no presentó influencia significativa. En relación a la dureza de la carne cocinada no encontramos diferencias entre razas, mientras que la carne procedente del cebadero de Almadenejos (unifeed) fue más dura que la de terneros finalizados con concentrado + paja. La maduración tuvo una influencia significativa en la dureza de la carne, produciéndose una disminución significativa en los valores medios dureza instrumental, más acusada en los valores de dureza de carne cocinada (10.6 kg/cm<sup>2</sup> a 1 día de maduración y 4.02 kg/cm<sup>2</sup> a 21 días de maduración). La carne de los terneros estudiados se puede considerar como dura tras 1 día de maduración, moderadamente tierna a 7 días y tierna tras 21 días de maduración.

La capacidad de retención de agua, con escaso efecto del sistema de alimentación y de la raza, disminuyó con la maduración.

Las pérdidas por cocinado fueron similares en las tres razas, pero superiores para los terneros cebados en Almadenejos. Con la maduración se produjo un ligero aumento de esta variable.

El contenido en grasa intramuscular, con un valor medio de 2.19% fue medio-bajo, sin variación significativa ni entre sistemas de alimentación ni entre razas.

Entre los ácidos grasos insaturados, los más abundantes son el palmítico (C:16.0), esteárico (C:18.0) y mirístico (C:14.0). Entre los ácidos

grasos monoinsaturados destacan el oleico y palmítico, representando el 90.4% del total de MUFA, y el C:18.2n6 y C:20.4 entre los polinsaturados, que representan el 85% del total de PUFA.

La relación PUFA/SFA registrada en nuestro estudio (0.28) fue inferior al valor recomendado (0.45), mientras que la relación n<sub>6</sub>/n<sub>3</sub> (10,9) fue mayor a la recomendada (4).

Respecto del perfil de ácidos grasos encontramos diferencias significativas entre razas y cebaderos. En nuestro estudio el tipo de dieta afectó al contenido en SFA y n<sub>3</sub> (mayores en el lote de Almadenejos) y a MUFA, n<sub>6</sub>/n<sub>3</sub>, índices de saturación y relación C18:2n6/C18:3n3 (mayores en los animales que consumieron concentrado + paja). Por lo que respecta al genotipo, la raza Retinta presentó valores superiores de n-3 y PYFA/SFA, y menores de SFA y CLA, cuando la comparamos con las razas francesas.

La maduración influyó significativamente en el contenido graso de la carne y en el perfil de ácidos grasos. Tanto el % de grasa intramuscular como el contenido de la mayor parte de los ácidos grasos estudiados se incrementan con los días de maduración.

El análisis sensorial se realizó con un panel entrenado (9 miembros) y con consumidores (250 personas). Para ello se emplearon muestras del m. *Longissimus* maduradas a 7 y 21 días (10 filetes por animal). La carne fue cocinada en un grill de doble placa a 200°C, hasta que la temperatura interna del filete alcanzaba los 70°C. Los filetes fueron cortados en cubos de 2x2x2 cm., envueltos en papel de aluminio y mantenidos en todo momento a una temperatura de entre 45 y 55°C, hasta el momento de su análisis.

El panel entrenado evaluó las siguientes características: olor a vacuno, olor a grasa, ternura, jugosidad, untuosidad, flavor a vacuno, flavor a lácteo, flavor a grasa, flavor a hígado, flavor a ácido y apreciación general.

La maduración fue el efecto de tuvo mayor incidencia en los parámetros sensoriales analizados. Por su parte, la ternura fue el parámetro más afectado, ya que existen diferencias significativas para todos los efectos estudiados. La raza afectó, además de a la ternura, a la apreciación global siendo la raza Retinta la mejor valorada en este aspecto, frente a Charolesa y Limusina. En

cuanto al tipo de cebadero, observamos que la ternera tuvo una valoración superior en la carne procedente del cebadero de Alcaracejos (concentrado más paja), frente a la procedente del cebadero de Almadenejos (mezcla de concentrado, silo de maíz y paja).

En el estudio de consumidores se consideraron únicamente tres atributos: aceptabilidad general, aceptabilidad de la ternera y aceptabilidad del sabor, mediante escalas hedónicas estructuradas de 8 puntos, traducidas a una puntuación de 9 puntos por eliminación del punto intermedio neutral.

Se destaca la influencia significativa de los factores considerados sobre la ternera y la aceptabilidad general. El tipo de cebadero influye sobre las características sensoriales evaluadas por los consumidores. Existe una clara diferencia entre los dos cebaderos, siendo el de Alcaracejos el preferido en cuanto a la aceptabilidad general, de la ternera y del sabor.

Se observa que el atributo del sabor no está afectado por el tipo racial, pero sí la aceptabilidad general y la ternera. En cuanto a la aceptabilidad general y a la ternera, los consumidores valoraron mejor la carne de la raza Retinta en comparación con la de la raza Limusina. La puntuación de todas las muestras de nuestro estudio está por encima de 6, dentro de una escala de 9 puntos, lo que indica que la carne fue bien aceptada por los consumidores.

La maduración ejerce un claro efecto sobre las variables estudiadas, y se observa que la carne con un tiempo de maduración de 21 días es preferida por los consumidores, frente a la madurada durante 7 días. En el caso de la aceptabilidad de la ternera esta diferencia es más acentuada que para el resto de atributos valorados.



Beef cattle ranching is one of the activities taking place in the regions where COVAP has its scope. In addition to raising dairy cows partner, also it holds the bait feedlot calves community. One of the concerns of the cooperative is to give the best service to customers through profitable production. Therefore, there was concern on which of the two production systems were being used, wet mixtures vs. unifeed concentrated feed and straw was the most convenient in every way possible. Also what breed of the three most widespread, Charolais, Limousine and Retinta was more suitable for raising calves for bait. Besides, what the production system used and what race were producing meat better accepted by consumers, and at what time of ripening the best qualities are obtained if at 0, 7 or 21 days. Finally, also it earned great importance to predict the most features of in vivo animal.

In total , we worked with 290 Retinto bulls ( n = 44 ) , Sedan ( n = 51 ) and Charolais ( n = 50 ) , divided into twelve lots of approximately 25 males each.

Average daily gain for all animals was 1.42 kg / day , with significant differences between races (1.48 kg / day for the Charolais , 1.42 Kg / day to 1.36 and Limousine Kg / day for Retinta ) and between systems power (1.44 kg / day for straw and concentrate + 1.40 Kg / day to wet mixture ) . The dry matter intake was 8.67 kg / day , with no statistical differences between races or systems were observed. The conversion rate (6.11 kg dry matter / kg body weight) was better in the concentrated system + straw (6.01 vs. 6.20) and the French genotypes (6.03 vs. 6.24) .

Throughout the growing period , calves were scanned individually by a certified technician who analyzed the same images. The scans were performed at intervals of 30 days from 30 + 5 days entry to the feedlot week before slaughter

The Longissimus thoracis area was higher in the limo and less race in Retinta, showing a higher percentage increase during the period ended bait calves wet mixture (170.5% vs. 146.6%). The backfat thickness showed a similar percentage increase between feedlots, while the largest increase was observed in the Limousine breed (224%) and the lowest in the Retinta (183%). The thickness of subcutaneous fat at hip level was slightly higher than at the dorsal level although the percentage increase for the bait was lower as happens

## Summary

---

when we compare Retinta with the French. The depth of the Gluteus medius went from 8.4 cm in the first control in the last 11 cm, representing an increase of 131%, with little variation between races. The intramuscular fat content decreased with duration of bait, finding major differences attributable to feeding system to the race.

In relation to slaughter weight, carcass weight was higher in French breed calves ( 56.7 % in Charolais, 58.9 % in the Limousine ) in the race Retinta ( 54.4 %).

Carcasses from calves ended with wet diet showed better conformation ( 9.8 vs. 9.4 ) and less fattening ( 2.7 vs. 2.9). Differences between races were also found

He immediately proceeded to quantify the color of m. rectus abdominis and subcutaneous fat espectrofotocolorímetro Minolta. The color was measured in CIE Lab space by measurements in three different locations (CIE 1976 L \* a \* b \* ). Meat from calves Retinta race was darker and yellowish than the French races, whereas from concentrate fed straw + calf ( Alcaracejos ) presented higher brightness values.

Tricostal piece dissection showed mean values of 7.3%, 10.1%, 66.1% and 16.1% for subcutaneous fat, intermuscular, muscle and bone, respectively. The calves in the feedlot finished Almadenejos (unifeed) produced channels with higher content of minor muscle and intermuscular fat percentage. The channels Limousine breed calves were those that showed higher muscle and lower percentages of bone, as opposed to those found in the Retinta. Race Charolais calves were those with the lowest and highest in subcutaneous and intermuscular fat percentages respectively.

In general, meat from animals finished in feedlot Almadenejos (unifeed) Retinta race and showed values of L \* lower. Mean values of chromatic variables increased significantly with maturation, from 28.9, 14.2 and 13.5 for L \*, a \* b \* 1 day aging at 32.2, 18.5 and 19.2, respectively, to 21 aging

With regard to the hardness of raw meat in general was Retinta which presented higher values, while the feed system showed no significant influence. Regarding the hardness of cooked meat no differences between races, while meat from feedlot Almadenejos (unifeed) was harder than calves ended with concentrated + straw. Maturation had a significant influence on the toughness

of the meat, resulting in a significant, more marked in the hardness values of beef (10.6 kg / cm<sup>2</sup> at 1 day maturation and 4.02 kg / cm<sup>2</sup> to decrease in hardness values instrumental 21 aging). Meat calves studied can be considered as hard after 1 day of ripening, moderately sweet and tender to 7 days after 21 days of ripening.

The water holding capacity, with little effect from the supply system and race, decreased with maturation.

Cooking losses were similar in all three races, but higher for calves fattened in Almadenejos. With the maturing there was a slight increase in this variable.

The intramuscular fat content, with a mean value of 2.19% was medium-low, with no significant or between power supply or between races variation.

Regarding the profile of fatty acids found significant differences between races and feedlots . In our study the type of diet affected the SFA content and n<sub>3</sub> ( higher in the batch of Almadenejos ) and MUFA , n<sub>6</sub> / n<sub>3</sub> , saturation and relative rates of C18: 2n<sub>6</sub> / C18: 3n<sub>3</sub> ( higher in animals consuming concentrate + straw) . With respect to genotype, presented under Retinta CLA SFA and higher values of n-3 and PYFA / SFA , and , when compared to French breeds .

The maturation significantly influenced the fat content of meat and fatty acid profile . Both the intramuscular fat % and the content of the most studied fatty acids increase with the days of ripening .

Maturation was the effect was greater impact on sensory parameters analyzed . For its part, the tenderness was the most affected parameter, since there are significant differences for all the studied effects . The race, in addition to tenderness , affected the overall assessment Retinta being the most valued in this respect , compared with Charolais and Limousine . As for the type of fattening , tenderness was observed that a higher valuation meat from feedlot Alcaracejos (concentrate more straw ) , opposite from the feedlot Almadenejos (mixture of concentrate, corn silage and straw) .

In the consumer study they were considered only three attributes: overall acceptability, acceptability in tenderness and taste acceptability, hedonic

scale structured by 8 points, translated into a score of 9 points removing neutral middle.

The significant influence of the factors considered on the tenderness and overall acceptability stands. Feedlot type influences the sensory characteristics tested by consumers. There is a clear difference between the two feedlots, Alcaracejos being preferred in terms of overall acceptability in tenderness and taste.

It is noted that the attribute of taste is not affected by the racial type, but overall acceptability and tenderness. As for the general acceptability and tenderness, consumers rated the best meat Retinta compared with Limousine breed. Score for all samples of this study is above 6, in a scale of 9 points, indicating that the meat was well accepted by consumers

Maturation has a clear effect on the variables studied, and observed that the meat with a maturation period of 21 days is preferred by consumers against matured for 7 days. For acceptability in tenderness this difference is more marked than for other attributes evaluated.

## Capítulo 1. Introducción.



La situación mundial del sector del vacuno de carne ha cambiado mucho en los últimos tiempos. Cada vez existe más diversidad en los sistemas de producción, con tendencia a la intensificación. Por otro lado, la OMC (Organización Mundial de Comercio) ha implantado nuevas políticas, como el compromiso de los diferentes países miembros de reducir los aranceles aduaneros, que han favorecido los flujos de mercado. Las diversas crisis alimentarias y sanitarias, junto con la volatilidad del precio de las materias primas, completan el panorama de estos últimos años.

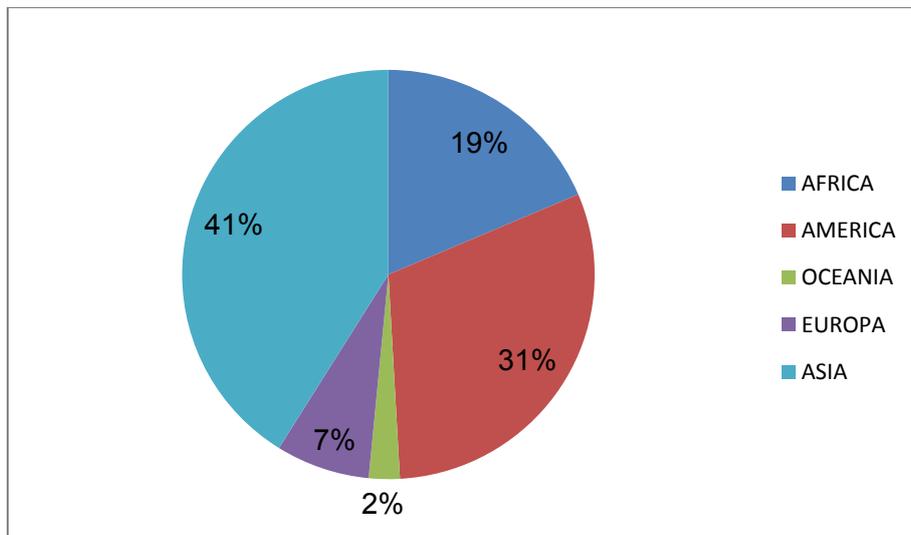
En una tesitura como la comentada, en un mundo cada vez más globalizado, se hace necesario optimizar los procesos productivos tanto cuantitativa (reducir costes) como cualitativamente (diferenciarnos para ser más competitivos). Esto cobra aún más importancia en las zonas donde la cooperativa COVAP desarrolla su actividad ganadera: los Pedroches y el Guadiato en Andalucía, Alcudia y Almadén en Castilla la Mancha, y La Serena y La Siberia en Extremadura. Estas comarcas, que se caracterizan por tener una baja densidad de población y el ecosistema dehesa encinar como paisaje, no son ricas en pastos durante todo el año.

## **1.1. Situación del Sector Vacuno de Carne en el mundo.**

### **1.1.1. Censos y producción de carne de vacuno a nivel mundial.**

Según los datos publicados por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation) en 2015, el censo mundial de vacuno de carne se cifra en 1661 millones de cabezas. Como podemos ver en el Gráfico 1, el 41% del censo se registra en Asia, el 31 % en América, el 19% en África, el 7% en Europa y el 2% en Oceanía.

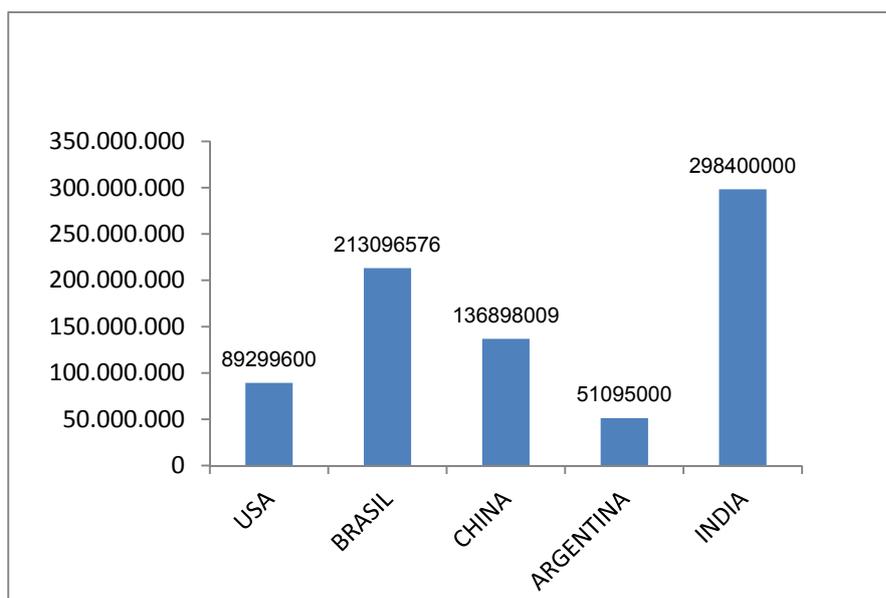
Gráfico 1. Distribución mundial del censo de ganado vacuno, año 2013.



Fuente: FAOSTAT (Statistics Division of the FAO), 2015. Elaboración propia.

Cinco países suman el 47.4% del censo mundial. Como vemos en el Gráfico 2, el país con mayor censo es India, con 298 millones de cabezas. Le siguen Brasil con 213 millones, China con 136 millones, USA con 89 millones y Argentina con 51 millones.

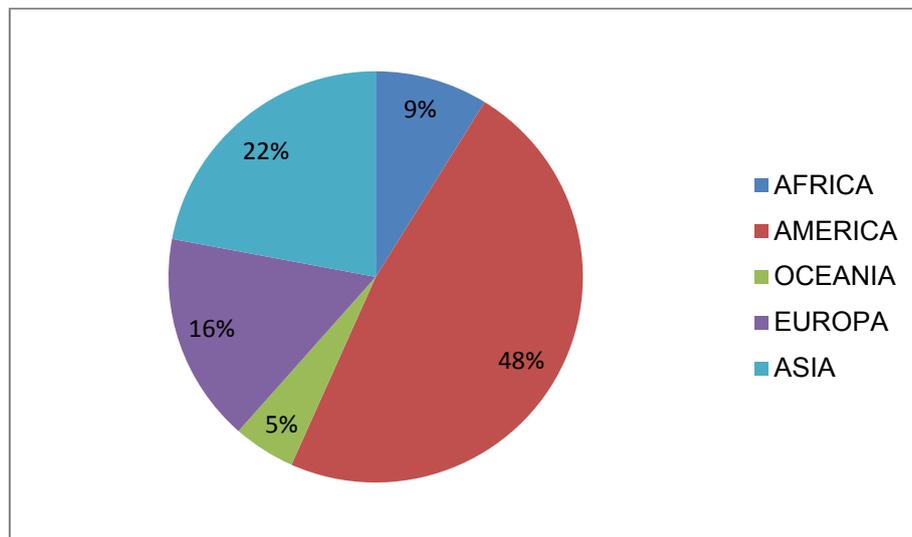
Gráfico 2. Censo ganado vacuno en 2013.



Fuente: FAOSTAT, 2015. Elaboración propia.

La cantidad mundial de carne producida asciende a 63 millones de Tm, según los datos publicados por la FAO en 2015 (datos relativos al año 2013). Su distribución por continentes, tal y como puede verse en el Gráfico 3, indica que más del 48 % está en América (frente al 31% del censo total), el 22 % en Asia (que como hemos indicado anteriormente posee el 41 % del censo), Europa produce el 16 % (con tan sólo el 7 % del censo), África produce el 9% (con un 19 % del censo), y Oceanía el 5% con el 2 % del censo. Según estos datos, las producciones más intensivas están en Europa, seguidas de Oceanía, América, Asia y África.

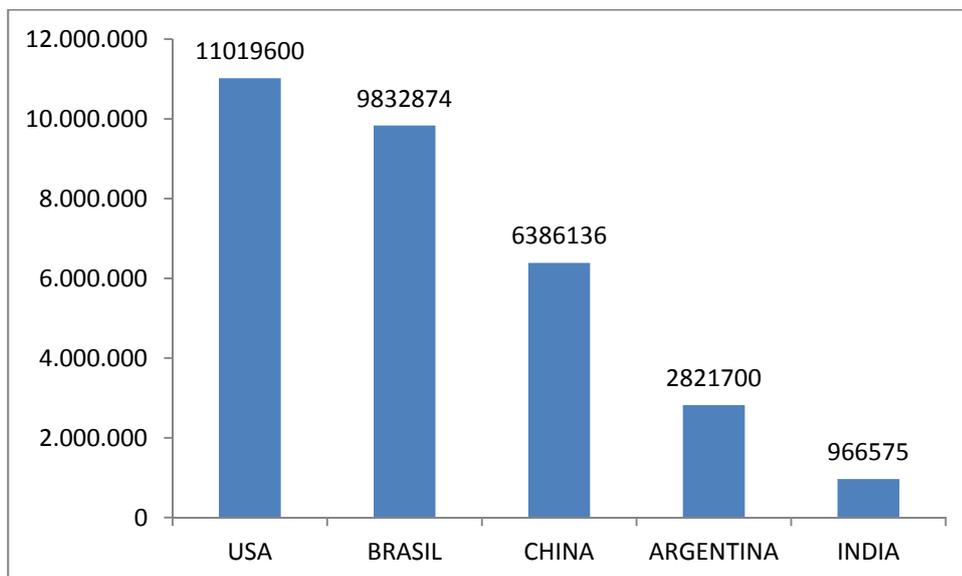
Gráfico 3. Distribución de la producción mundial de carne de vacuno.



Fuente: FAOSTAT, 2015. Elaboración propia.

Los cinco países principales productores de carne de vacuno son los mismos que poseen el mayor censo, aunque no se corresponde el ranking del censo con el de producción. Si observamos el Gráfico 4, el país que más carne produce es Estados Unidos, el tercero en censo (Gráfico 2). El país con más censo, India, es el quinto en cuanto a Tm de carne, debido a la cultura del país.

Gráfico 4. Principales países productores de carne en el mundo.



Fuente: FAOSTAT, 2015. Elaboración propia.

Si estudiamos la evolución de los censos de ganado vacuno en el mundo y de las producciones en los últimos 21 años, tal y como podemos ver en las Tablas 1 y 2, la tendencia es hacia la intensificación de las producciones. Así, con un aumento del 13 % del censo mundial, se ha incrementado un 48 % las Tm de carne producida.

Tabla 1. Evolución del censo de vacuno a nivel mundial. Principales países.

	1992	2013	%Δ 2013/1992
USA	97.556.000	89.299.600	-8%
BRASIL	155.652.340	213.096.576	37%
CHINA	101.443.164	136.898.009	35%
ARGENTINA	53.011.000	51.095.000	-4%
INDIA	288.790.000	298.400.000	3%
TOTAL TOP 5	696.452.504	788.789.185	13%

Fuente: FAO, 2015. Elaboración propia.

Tabla 2. Evolución de la producción mundial de carne de vacuno (Tm). Principales países.

	1992	2013	%Δ 2013/1992
USA	10.612.000	11.019.600	4%
BRASIL	4.715.500	9.832.874	109%
CHINA	1.845.281	6.386.136	246%
ARGENTINA	2.784.000	2.821.700	1%
INDIA	1.045.713	966.575	-8%
TOTAL TOP 5	21.002.494	31.026.885	48%

FAO, 2015. Elaboración propia.

### 1.1.2. Mercado mundial de carne de vacuno.

En los últimos años, la realidad del mercado mundial de vacuno de carne ha experimentado importantes cambios debido a:

- Influencia de las nuevas políticas de la Organización Mundial de Comercio (OMC) y comercio exterior.

Desde su creación en 1995, la OMC ha influido en el comercio internacional. Aunque los Acuerdos Comerciales Preferenciales (ACP) existen desde hace décadas, es desde hace 20 años que se han intensificado, de forma que la mitad del comercio mundial de mercancías tiene lugar entre socios de ACP.

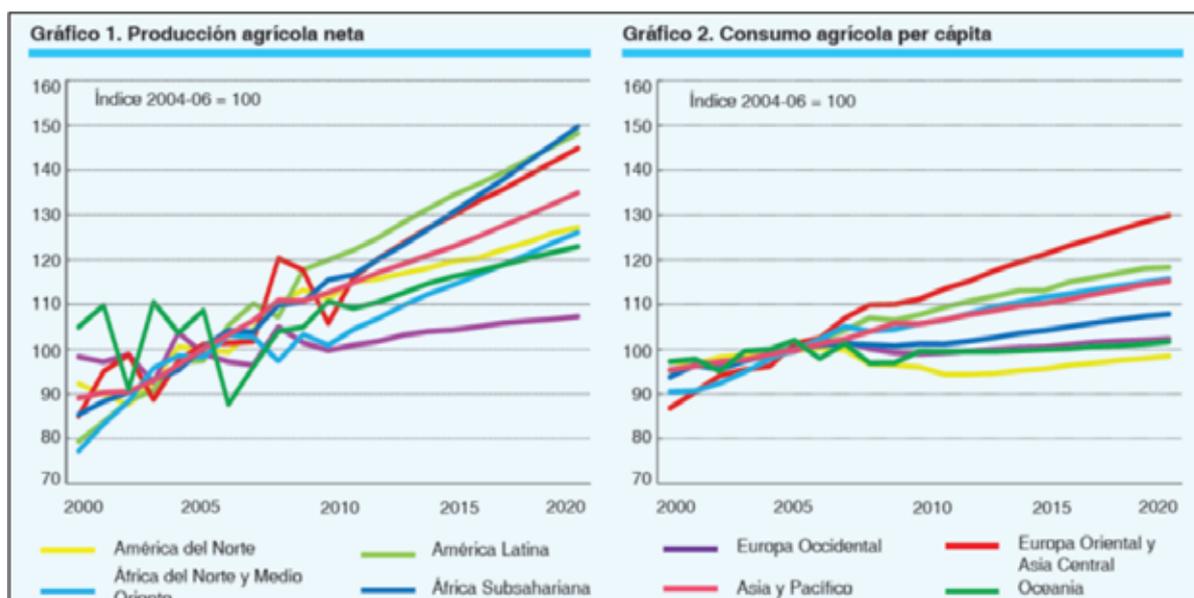
Si hablamos específicamente de vacuno de carne, las exportaciones en vivo entre países como Brasil y El Líbano o Turquía se han visto modificadas por cambios en las condiciones arancelarias, lo que ha supuesto un incremento importante de los precios en Europa y específicamente en España desde el año 2011. Desde los puertos españoles de Cartagena y Valencia han salido decenas de miles de cabezas hacia los nuevos mercados de países árabes. Estas exportaciones han sido más importantes en España que en el resto de

Europa, fundamentalmente por tener un precio más competitivo. Las exportaciones a estos países están siendo principalmente de terneros en vivo listos para el sacrificio.

- Diversidad y mejora de los sistemas de producción.

Los métodos de producción existentes son cambiantes para adaptarse a la actualidad de los mercados. En los últimos años, estas formas de producir se han visto influidas por las producciones agrícolas mundiales y por los consumos per cápita. Como vemos en el Gráfico 5, las producciones agrícolas mundiales han ido creciendo de forma desigual dependiendo del grado de desarrollo de la zona correspondiente. Así, las previsiones hasta el año 2020 auguran un incremento en América Latina, África Subsahariana, Europa Oriental y Asia Central, superior al de Europa Occidental, Oceanía y América del Norte.

Gráfico 5. Producción Agrícola y Consumo Agrícola a Nivel Mundial



Fuente: Perspectivas de la agricultura 2011 OCDE-FAO.

En cuanto al vacuno de carne específicamente, y como se ha comentado anteriormente, en el periodo que abarca los años 1992 hasta 2013 se ha incrementado el censo en un 13% y la producción total en un 48%, lo que demuestra la intensificación.

El efecto combinado de productos con precios más altos y mayores costes, tiende a favorecer la producción en los países en desarrollo, en los que prevalecen los modos de elaboración con bajos insumos.

- Volatilidad del precio de las materias primas.

Los precios de las materias primas utilizadas para alimentación animal están supeditados a importantes cambios, no sólo debido a la influencia de las cosechas de cada campaña sino también a la especulación financiera. Así, después de los precios históricamente altos registrados en los cereales en los años 2007 y 2008, éstos no se han llegado a recuperar del todo en los años siguientes.

Según el último informe de Perspectivas Alimentarias publicado por la FAO en Octubre de 2014, los mercados mundiales de la mayoría de los productos alimenticios se caracterizan por la abundancia de suministros y la menor incertidumbre con respecto a los últimos años, coyuntura que se evidencia en el índice de precios de los alimentos, que descendió a su nivel más bajo en cuatro años. Aunque las excepciones principales se refieren a los productos de origen animal.

La producción mundial de cereales ha disminuido ligeramente respecto al elevado nivel de 2013. Según las últimas previsiones relativas a la producción y utilización, al cierre de las campañas agrícolas que terminarán en 2015, las existencias mundiales de cereales aumentarán a 627.5 millones de toneladas, un 8.3 % por encima del volumen ya considerable de comienzo de la temporada y su nivel más alto desde hace 15 años. Estas perspectivas generales positivas harán que la relación entre existencias y utilización de los cereales aumente a 25.2 % en 2014/15, frente al 23.5 % de 2013/14, y sea la más elevada desde hace 15 años.

En los Gráficos 6 y 7, vemos la relación entre producción, utilización y existencias, así como el panorama del mercado mundial de cereales, en las últimas tres campañas.

Gráfico 6. Producción, utilización y existencias de cereales.



Fuente: Perspectivas Alimentarias. FAO informe Octubre 2014.

Con este horizonte se hace imprescindible ser competitivos cuantitativa y cualitativamente en el cebo de terneros, al depender, en gran medida, la viabilidad del sector del mercado mundial de materias primas para la alimentación animal. Un mercado, como hemos visto, poco previsible y, a veces, sujeto a especulaciones.

Gráfico 7. Panorama del mercado mundial de cereales.

Existencias (eje de la derecha)				
<b>PANORAMA DEL MERCADO MUNDIAL DE CEREALES <sup>1</sup></b>				
	2012/13	2013/14 <i>estim.</i>	2014/15 <i>prónost.</i>	Variación de: 2014/15 a 2013/14
	<i>millones de toneladas</i>			<i>%</i>
<b>BALANZA MUNDIAL</b>				
<b>Producción</b>	2 305.4	2 526.1	2 522.9	-0.1
<b>Comercio<sup>2</sup></b>	308.8	354.8	337.0	-5.0
<b>Utilización total</b>	2 330.4	2 417.8	2 461.3	1.8
Consumo humano	1 078.0	1 094.8	1 106.3	1.1
Piensos	801.4	851.0	872.3	2.5
Otros usos	451.1	472.0	482.6	2.2
<b>Existencias finales</b>	504.9	579.5	627.5	8.3
<b>INDICADORES DE LA OFERTA Y LA DEMANDA</b>				
<b>Consumo humano per cápita:</b>				
Mundo (kg/año)	152.5	153.1	153.0	-0.1
PBIDA <sup>3</sup> (kg/año)	150.1	150.6	150.4	-0.1
<i>Relaciones existencias mundiales/utilización (%)</i>	20.9	23.5	25.2	
<i>Relación existencias de grandes exportadores/ desaparición (%)</i>	16.9	17.7	18.6	
<b>ÍNDICE DE LA FAO PARA LOS PRECIOS DE LOS CEREALES (2002-2004=100)</b>				
	2012	2013	2014 <i>Ene-Sept</i>	Variación de: Ene-Sept 2014 a Ene-Sept 2013 <i>%</i>
	236	219	195	-14.2

<sup>1</sup> En equivalente de arroz elaborado.

<sup>2</sup> Para el trigo y los cereales secundarios los datos sobre el comercio de cereales se refieren a las exportaciones basadas en una campaña comercial de julio a junio, para el arroz, a las basadas en una campaña comercial de enero a diciembre.

<sup>3</sup> Países de bajos ingresos y con déficit de alimentos.

Fuente: Perspectivas Alimentarias. FAO informe Octubre de 2014.

- Crisis alimentarias y crisis sanitarias.

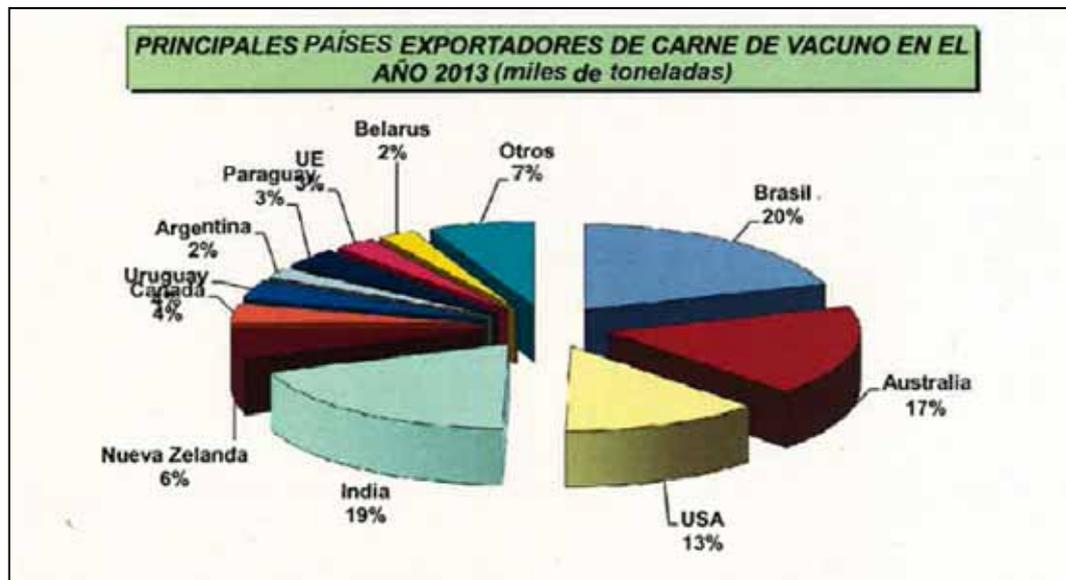
La realidad del sector vacuno de carne ha estado condicionada por la aparición a nivel mundial de enfermedades como la Fiebre Aftosa en primer lugar y más tarde por la EEB (Encefalopatía Espongiforme Bovina).

La Fiebre Aftosa es una enfermedad vírica que ha ocasionado la división en el mundo de dos grandes zonas, un área aftósica o área del Atlántico y un área no aftósica o área del Pacífico. Estas dos grandes zonas han condicionado el comercio internacional puesto que la exportación desde la zona aftósica debe ser de carnes termoprocesadas y sin hueso.

Por otro lado, la aparición de la EEB ha tenido consecuencias muy importantes en el sector. El primer caso apareció en el Reino Unido en el año 1986. Los casos se fueron incrementando hasta alcanzar 37280 en el año 1992, año en el que aparecieron indicios de una posible transmisión de la enfermedad a la especie humana. La alarma fue generalizada cuando la enfermedad apareció en Portugal, Irlanda y Francia en 1995. A finales del año 2000, la detección de casos de la enfermedad en España y Dinamarca paralizó prácticamente el consumo de carne. Los precios se desplomaron existiendo excedentes de producción. La Unión Europea tuvo que tomar medidas de tipo sanitario para garantizar la seguridad alimentaria, medidas que supusieron un incremento en los costes de producción, pero que posibilitaron que el consumo de carne se fuese recuperando hasta llegar en nuestros días a unos niveles parecidos a los de antes de esta crisis.

Todos estos puntos comentados influyen en el comercio mundial. Los principales países exportadores de carne en el mundo son Brasil, Australia y Estados Unidos de América, tal y como vemos en el Gráfico 8.

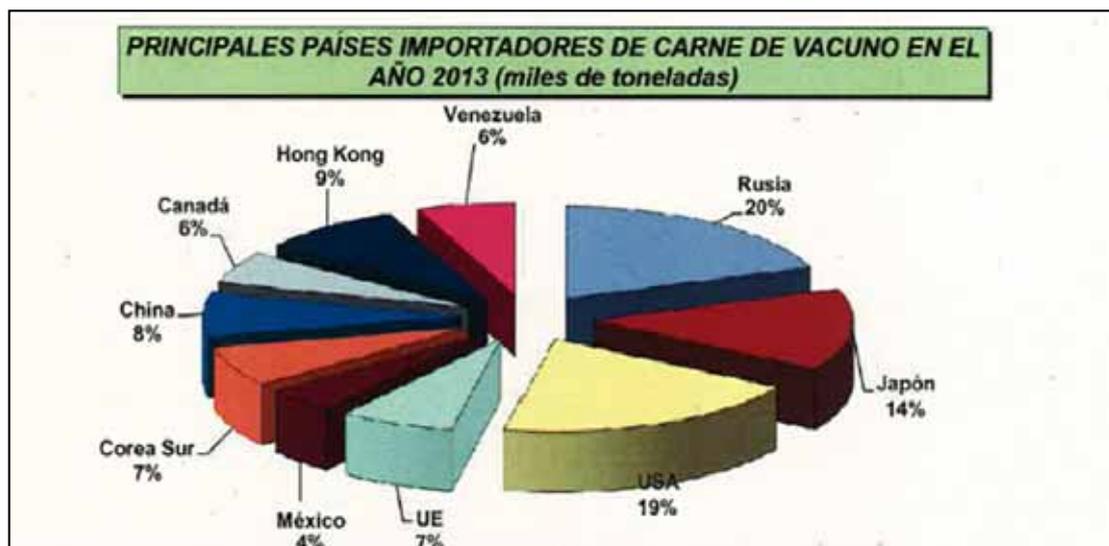
Gráfico 8. Principales países mundiales exportadores de carne.



Fuente: Beef and Veal Market Situation, European Comisión, Junio de 2014.

Los importadores de carne de vacuno principales son China, Estados Unidos y Japón tal y como vemos en el Gráfico 9. Destacar el gran crecimiento de las importaciones en China en tan sólo un año (2014/2013).

Gráfico 9. Principales países mundiales importadores de carne.



Fuente: Beef and Veal Market Situation, European Comisión, Junio de 2014.

1.1.3. Evolución mundial de los costes de producción y precio.

La evolución de los precios de los cereales, como se ha comentado anteriormente, ha ido al alza recuperándose en parte en los últimos años. En el Gráfico 10 podemos ver cómo el precio de los mismos se ha incrementado en más de un 250% en los últimos 12 años. El precio de la carne también se ha visto incrementado, aunque en menor medida, alrededor de un 158%, lo que obliga a ser más eficientes en la producción.

Gráfico 10. Índices de precios de los alimentos en el mundo en los últimos años



Fuente: FAO 2014.

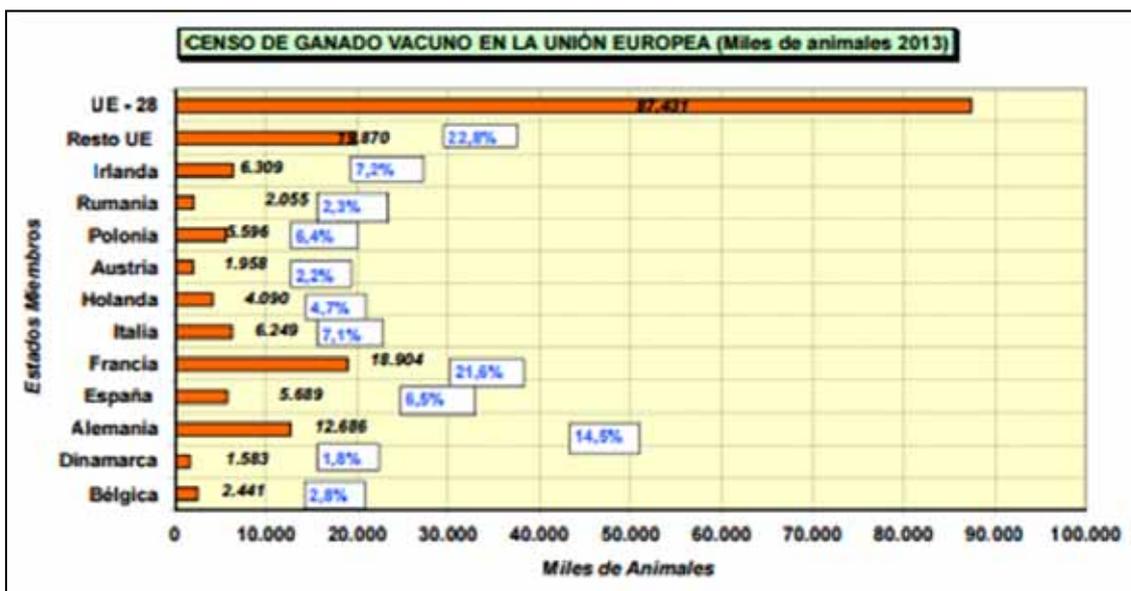
## 1.2. Estado del sector vacuno de carne en la Unión Europea (UE).

### 1.2.1. Censo de ganado vacuno y producciones de carne de vacuno.

El censo vacuno en Europa es de más de 122 millones de cabezas, según los datos disponibles relativos al año 2013 y publicados en 2015 por Faostat. Esto supone un 7% del censo mundial.

El país con más censo es Francia, seguido de Alemania y Reino Unido, tal y como puede observarse en el Gráfico 11. El censo español de vacuno supone un 6.5% del total europeo y ocupa el cuarto lugar.

Gráfico 11. Censo de Ganado vacuno en la Unión Europea.



Fuente: MAGRAMA.

La producción total de carne en 2013 fue de 10424000 Tm según los datos registrados en la FAO. Esto supone alrededor de un 16.5% de la producción mundial de carne de vacuno. Como se indica en la Tabla 3, Francia es el principal país productor, con el 19.4% del total. Le siguen Alemania (15.2%), Italia (11.8%) y Reino Unido (11.7%). España ocupa el quinto lugar en producción de carne con un 8% del total. Destaca Italia, con un 12% frente a su

censo que supone el 7% del total. Ello es debido a la intensificación del sector, y al cebo de animales de aptitud cárnica procedentes del mercado francés en gran parte y que son llevados a altos pesos de sacrificio.

Tabla 3. Producción de carne en la Unión Europea. 2013.

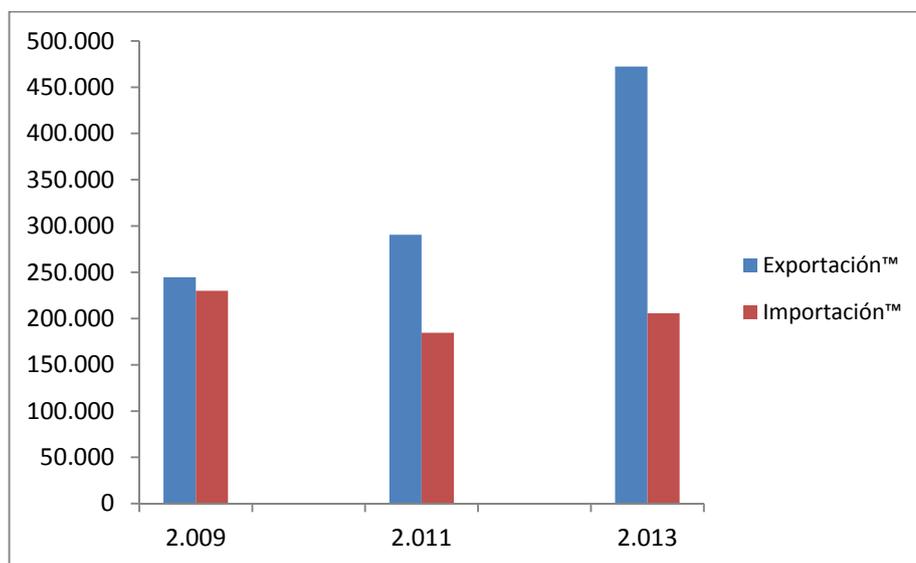
Países	Tm	%
Bélgica	250	3.40%
Dinamarca	125	1.70%
Alemania	1106	15.20%
España	582	8.00%
Francia	1408	19.40%
Irlanda	518	7.10%
Italia	855	11.80%
Holanda	374	5.10%
Austria	227	3.10%
Polonia	339	4.70%
Portugal	84	1.20%
Suecia	136	1.90%
Reino Unido	848	11.70%
Resto UE	416	5.70%
Total	7268	100%

Fuente: SITRÁN 2014. (Sistema Integral de Trazabilidad Animal)

### 1.2.2. Evolución del mercado de vacuno en la Unión Europea.

En los últimos 5 años, las exportaciones de carne de vacuno y de animales vivos en la UE se han incrementado un 108%. Por otro lado, las importaciones de carne y animales vivos han disminuido en un 29% (Eurostat, 2014). Según los datos publicados por Eurostat en 2014, se ha invertido la tendencia y actualmente la UE es una zona netamente exportadora de carne y animales vivos. Si vemos el Gráfico 12, en el año 2011 definitivamente se invierte la tendencia y la zona se convierte en exportadora neta.

Gráfico 12. Balance exportación/importación carne y animales vivos Unión Europea en los años 2009 a 2013.



Fuente: MAGRAMA

### 1.3. Realidad del sector vacuno de carne en España.

#### 1.3.1. Censos y producción de carne de vacuno en España.

Según los datos publicados en SITRAN (Sistema Integral de Trazabilidad Animal), el censo de ganado vacuno en España ha pasado de 6.289.598 cabezas en el año 2006 a 5.848.000 cabezas en el año 2014. Esto ha supuesto una disminución del 7%. Por comunidades autónomas, Castilla y León es la que posee mayor censo, un 21%, con una disminución del 6%. En censo vacuno le siguen Galicia, Extremadura y Cataluña, con un 16%, un 12% y un 10% respectivamente. Estas cifras, principalmente, se deben en Galicia al censo de vacuno de leche, en Extremadura al de vacas nodrizas y en Cataluña al vacuno de cebo.

Andalucía es la quinta provincia en censo de vacuno, con un 9%. Sin embargo, es la segunda en cuanto al censo de vacas nodrizas, con un 11.8% respecto al total, según los datos publicados en SITRAN. El censo ha disminuido un 8% desde 2006 hasta 2014.

En la Tabla 4 podemos ver la evolución del censo de vacuno por Comunidades Autónomas.

Tabla 4. Evolución del censo total de Ganado Vacuno en España por tipo de animal y Comunidad Autónoma.

EVOLUCIÓN DEL CENSO TOTAL DE GANADO VACUNO POR CC. AA.									
CC. AA.	Miles de animales								
	jul-06	ene-07	ene-08	ene-09	ene-10	ene-11	ene-12	ene-13	ene-14
Andalucía	635	603	634	605	574	554	542	517	511
Aragón	243	229	214	235	281	287	294	296	297
Asturias	405	388	401	401	386	380	375	372	372
Cantabria	276	260	262	267	263	263	262	262	260
C. La Mancha	344	336	327	351	381	368	379	383	367
C. Y León	1.305	1.239	1.301	1.225	1.245	1.228	1.235	1.222	1.214
Cataluña*	696	809	665	642	491	545	589	590	590
Extremadura	775	769	825	780	732	729	589	730	753
Galicia	978	958	963	838	715	843	937	934	943
Navarra	110	106	108	109	108	108	111	110	109
País Vasco	153	149	153	178	150	152	148	145	137
Resto	369	364	350	322	315	277	299	294	295
<b>ESPAÑA</b>	<b>6.289</b>	<b>6.210</b>	<b>6.203</b>	<b>5.953</b>	<b>5.641</b>	<b>5.834</b>	<b>5.760</b>	<b>5.834</b>	<b>5.848</b>

Fuente: SITRAN. Elaborado por S.G. Productos Ganaderos.

En cuanto a producción cárnica (Tabla 5), Cataluña es la principal comunidad, seguida de Castilla y León y Galicia. Como podemos ver, Andalucía ocupa el octavo lugar, con un 4%, pese a ser la segunda comunidad en número de vacas, como ya hemos comentado. Todo ello debido a que su producción de terneros es cebada, en buena parte, fuera de la comunidad.

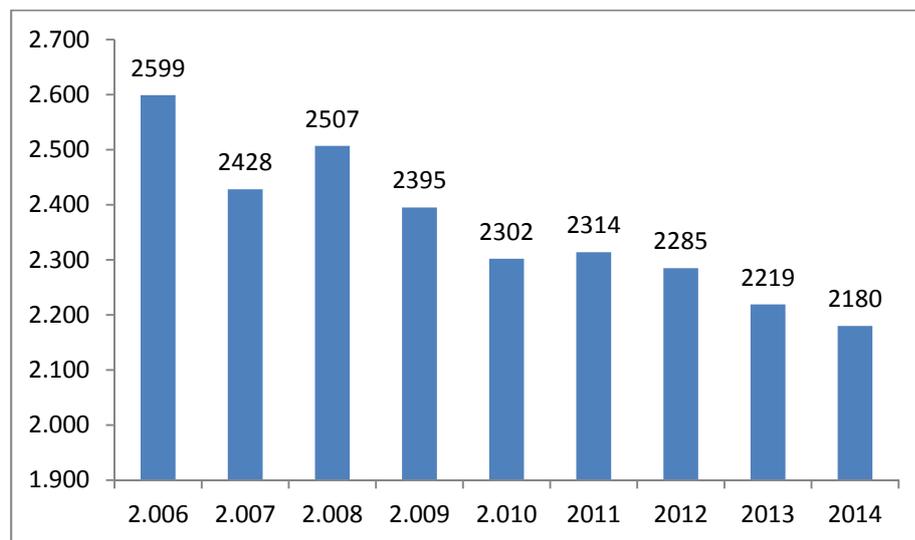
Tabla 5. Producción cárnica de vacuno en España por comunidades.

Distribución de la producción total de carne de vacuno por CCAA, año 2013		
CC. AA.	Mil.Toneladas	%
Galicia	88,6	15,2
Principado de Asturias	19,6	3,4
Cantabria	9,2	1,6
País Vasco	13,1	2,3
Comunidad F. Navarra	7,4	1,3
La Rioja	3,9	0,7
Aragón	31,5	5,4
Cataluña	118,5	20,4
Islas Baleares	2,4	0,4
Castilla y León	107,8	18,5
Madrid	23,5	4,0
Castilla - La Mancha	47,5	8,2
Comunidad Valenciana	40,7	7,0
Región de Murcia	18,8	3,2
Extremadura	22,9	3,9
Andalucía	24,4	4,2
Canarias	2,1	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>581,8</b>	<b>100,0</b>

Fuente: SITRAN. Elaborado por S.G. Productos Ganaderos.

La cantidad de sacrificios de ganado vacuno en España ha ido disminuyendo en los últimos años, sacrificándose en 2014 un 16% menos de animales que en 2006 (Gráfico 13).

Gráfico 13. Sacrificios de ganado vacuno en España (Miles de animales).



Fuente: MAGRAMA, 2015.

### 1.3.2. El mercado de la carne de vacuno en España.

España, en el año 1995, era un país netamente importador de carne de vacuno. Según los datos publicados, y tal y como podemos leer en la Tabla 6, esta tendencia se ha invertido, y ya en el año 2011 las exportaciones superaron a las importaciones en 13593 Tm. Esto, junto a la disminución en los sacrificios observada anteriormente en el Gráfico 13, nos da una idea de la disminución del consumo de este tipo de carne.

Tabla 6. Evolución del comercio intra y extracomunitario de España en el sector de la carne de vacuno.

Evolución del comercio intracomunitario de España en el sector de la carne de vacuno (toneladas)			Evolución del comercio extracomunitario de España en el sector de la carne de vacuno (toneladas)		
Años	Import.	Export.	Años	Import.	Export.
1995	143.624	101.458	1995	19.811	12.130
1996	140.983	106.278	1996	21.455	12.985
1997	168.627	138.168	1997	14.274	22.359
1998	173.525	153.551	1998	14.774	15.656
1999	191.651	109.606	1999	18.545	30.390
2000	159.045	171.524	2000	20.311	24.321
2001	111.187	113.919	2001	14.994	51.285
2002	169.050	125.267	2002	22.714	36.871
2003	154.933	169.453	2003	24.436	38.329
2004	151.860	161.756	2004	25.366	28.337
2005	153.413	178.044	2005	27.187	17.241
2006	84.818	121.090	2006	36.337	8.564
2007	105.650	116.623	2007	27.458	2.914
2008	78.053	141.077	2008	19.816	3.662
2009	97.357	102.472	2009	20.281	2.364
2010	107.286	106.746	2010	16.558	9.360
2011	95.668	114.211	2011	15.310	10.819
2012	98.735	120.792	2012	13.824	12.730
2013	91.229	117.304	2013	14.071	8.869

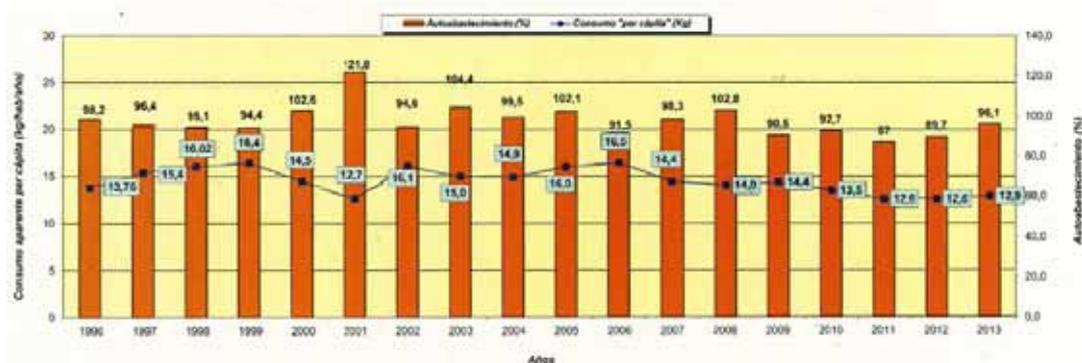
Fuente: AEAT. Elaborado por SG Productos Ganaderos.

Las exportaciones totales, se han incrementado un 6.9%, mientras que las importaciones han disminuido un 34%.

### 1.3.3. Evolución del consumo de carne de vacuno en España.

Tras analizar la importante reducción de los sacrificios anteriormente comentada, así como la transformación de España en un país netamente exportador, está claro que el consumo neto aparente ha disminuido de forma importante. Observando el Gráfico 14, comprobamos una disminución del 22% desde 2006.

Gráfico 14. Consumo aparente de carne de vacuno en España en los últimos años.



Fuente: MAGRAMA. Subdirección General de Productos Ganaderos.

Además, el último dato publicado por el MAGRAMA sobre el consumo de carne de vacuno en España, de enero a septiembre de 2014, es un 6.64% inferior al del año 2013 en el mismo periodo.

#### 1.3.4. Sistemas de producción de cebo de terneros en España.

Por lo general, el cebo de terneros en España está localizado en la zona norte, sobre todo en Cataluña y Aragón, mientras las vacas nodrizas están en Andalucía, Castilla y León y Extremadura, principalmente. Normalmente el cebo está separado de las explotaciones de vacas nodrizas. Los modelos más habituales de cebo son:

- Cebo de terneros pasteros con pienso y paja *ad libitum*. Estos terneros, procedentes de España, Francia e Irlanda principalmente, entran al cebadero con un peso entre 200 y 300 kg y permanecen en cebo intensivo hasta su sacrificio.

- Cebo de terneros mamonos. Se compran con unos 15 días de vida, y se crían con leche durante al menos 40 días. Estos animales normalmente son de las razas Frisona y Fleckvieh y tienen procedencias variadas: española, rumana, polaca y francesa. Se destetan con unos 80 kg de peso vivo y pasan al sistema convencional de cebo con pienso y paja.

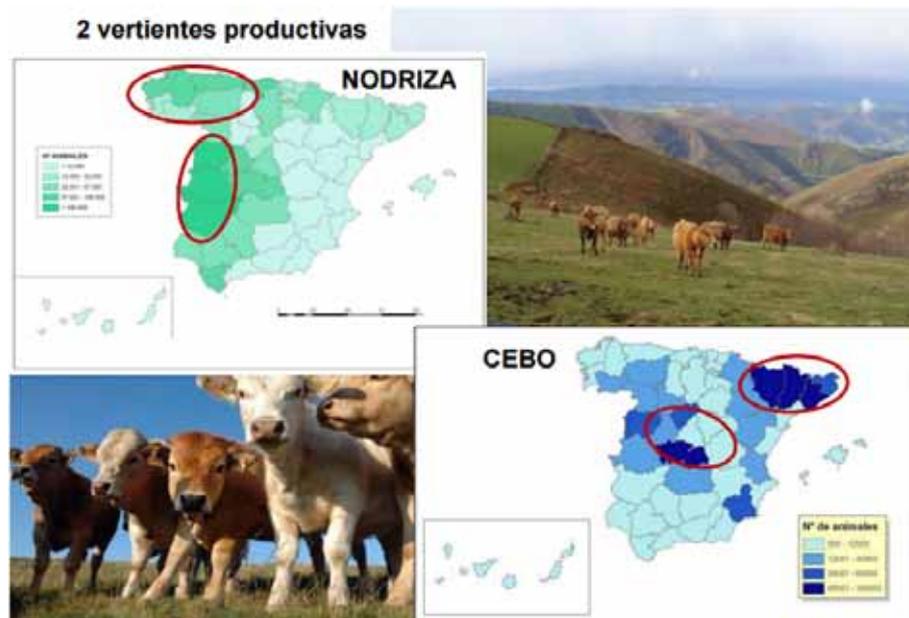
-Cebo de animales acogidos a una marca de calidad. Las marcas de calidad ofrecen un producto diferenciado. Los costes de producción suelen ser superiores a los convencionales, lo que eleva el precio final de la carne. Dentro de las marcas de calidad están las indicaciones geográficas protegidas (IGPs) y las Marcas de Garantía (MG). Dentro de las IGPs están: Ternera Asturiana, Ternera Gallega, Euskal Okela, Carne de la Sierra del Guadarrama, Ternera de Extremadura, Ternera de Navarra, Carne de Ávila, Carne de Cantabria, la Vedella dels Pirineus Catalans y la carne de Morucha de Salamanca. Por otro lado las Marcas de Garantía son: Ternera de Aliste, Ternera Charra, Carne de Retinto, Xata Roxa y Ternoja.

### 1.3.5. La dehesa y la producción de carne de vacuno.

Las comarcas de los Pedroches y el Guadiato en la provincia de Córdoba, así como las de Almadén y Valle de Alcuía en Ciudad Real, y la Serena y Siberia en Badajoz, no son zonas con tradición de cebo de terneros. A pesar de su importancia en España, en cuanto a censo de vacas nodrizas y de leche con más de 100000 cabezas, los terneros han sido cebados siempre en otras zonas como Cataluña o Murcia. De esta forma, no existe ni tradición de cebo ni instalaciones para ello. En la Figura 1 vemos la distribución en España del censo de vacas y de cebo de terneros.

En la dehesa, los pastos son más abundantes en otoño y primavera, siendo casi inexistentes en verano y en ciertas semanas de invierno. Por otro lado, la utilización más extendida de este ecosistema está encaminada a la producción del cerdo ibérico, y al engorde del mismo en la época de montanera. Estos dos factores hacen que el cebo de terneros se lleve a cabo principalmente en régimen intensivo, en explotaciones normalmente diferentes a las de las vacas, y en otras zonas de la geografía española.

Figura 1. Distribución territorial de las vacas nodrizas en España



Fuente: MAGRAMA 2015. Subdirección General de Productos Ganaderos.

#### 1.4. La producción de carne de vacuno en COVAP (Cooperativa Valle de los Pedroches).

##### 1.4.1. COVAP. Filosofía de empresa y calidad.

COVAP es una cooperativa de primer grado con más de 50 años de antigüedad. Nació en 1959 en el Valle de los Pedroches en la provincia de Córdoba (España), por la iniciativa de un grupo de ganaderos que querían comprar conjuntamente cereales para su ganado. Actualmente, factura más de 380 millones de € y engloba diversas actividades: vacuno, ovino, caprino y porcino ibérico. La filosofía en todas las actividades es transformar y comercializar los productos ganaderos, llegando hasta el consumidor final, controlando el proceso desde la explotación, de forma que éste obtenga la mejor calidad y garantías. El objetivo es conseguir un valor añadido en las producciones de los socios, fijando la población rural y dando la respuesta más exigente a los consumidores. Existe trazabilidad y pago diferenciado por calidad en todas las actividades de la cooperativa.

Esmero, esfuerzo y veracidad son los valores de COVAP.

En su compromiso con el consumidor, COVAP ha renovado todas las certificaciones de todas las plantas, entre las que destacan:

- Lácteos: IFS calificación Higher level, ISO 9001:2008, Letra Q, etc.
- Alimentación animal: Alimentación Animal Certificada, ISO 9001:2008.
- Grupo Cárnico: IFS calificación Higher Level y BRC calificación B, pliegos condiciones de aseguramiento de la calidad de todo el proceso, desde producción primaria a producto final.

### 1.4.2. COVAP y la producción de carne de vacuno.

Tradicionalmente los ganaderos de vacas nodrizas de Los Pedroches (Córdoba) y Alcudía (Ciudad Real), vendían habitualmente sus terneros a otras zonas para ser cebados, a través de corredores de ganado.

En el año 1998, un grupo de ganaderos socios de COVAP se reunieron para comercializar sus animales en conjunto y poco después para cebarlos de forma comunitaria. Así, construyeron un cebadero en el término de Alcaracejos (Córdoba) con 3500 plazas. En él se cebaban los terneros desde los 220 Kg de peso vivo hasta alcanzar el peso al sacrificio exigido por el mercado. En principio los animales se sacrificaban en indistintos mataderos de España. El sistema de cebo era intensivo a base de piensos y paja *ad libitum*.

En el año 2004, y tras la acumulación de nuevas solicitudes de ganaderos para incorporarse al cebo comunitario en COVAP, muchas de ellas de la provincia de Ciudad Real, se decide construir un cebadero de terneros en la localidad de Almadenejos (Ciudad Real). Este cebadero, con 4800 plazas de cebo, se constituye con un concepto nuevo de alimentación, con mezclas húmedas completas, cuya base forrajera es el silo de maíz. La expectativa era suministrar una alimentación mejor para el ternero, donde el pH ruminal fuese más estable y que diera como resultado una carne con una calidad diferenciada respecto al cebo tradicional, a base de pienso y paja.

En el año 2001, se inauguró un matadero en Pozoblanco (Córdoba), propiedad de la cooperativa. De esta forma, el sacrificio y comercialización se hacían también en COVAP.

Las razas que se cebaban eran cruces de base Retinta en las madres, y los sementales de las razas Charolesa o Limusina. También había algunas explotaciones de raza autóctona Retinta en pureza.

De esta forma, en el año 2008 en COVAP, se producía carne de animales de razas diferentes y alimentados con dos procedimientos: pienso y paja *ad libitum* en Alcaracejos(Córdoba) y mezclas húmedas completas en Almadenejos(Ciudad Real).

Existía la inquietud de qué razas serían las más convenientes por sus costes de producción y calidad, así como de cuál de los dos sistemas sería el más interesante desde el punto de vista no sólo económico- productivo sino también de calidad de la carne.

#### 1.4.3. El porqué del trabajo, razones previas a los objetivos.

En el año 2009, tras 10 años cebando terneros en COVAP, contando con dos cebaderos con modos de alimentación y socios con múltiples razas, existía la necesidad de tener más información. Por un lado no se tenía certeza de qué sistema de producción de los dos coexistentes era más rentable, ni de si había diferencias en la calidad de la canal o de la carne. Por otro lado, tampoco había datos de las diferencias claras entre las diferentes razas, para poder asesorar a los socios de lo que sería más interesante para ellos. En cuanto al momento del sacrificio, no existía un sistema de predicción de la calidad de los animales antes de la llegada al mismo.

De esta forma, nació un proyecto de investigación que agrupa todas estas inquietudes, con el objetivo de tener información para decidir el sistema de alimentación para los terneros, y tener conocimiento de las diferencias productivas y de calidad de las razas existentes. También cobra gran importancia el poner a punto un sistema para poder predecir en vivo las

características de calidad del animal. En este proyecto han trabajado conjuntamente con COVAP la empresa Génova Veterinaria, las Universidades de Córdoba, Zaragoza y Sevilla y CICAP (Centro de Investigación Agroalimentaria).

Así, en el presente trabajo se pretenden comparar cuantitativa y cualitativamente dos sistemas productivos, así como varios genotipos de vacuno (Retinta, Charolesa y Limusina) producidos en la dehesa.

El objetivo final es ser más competitivos en el mercado y crear una ganadería sostenible que permita el mantenimiento de la población rural en las zonas de estudio.

## Capítulo 2. Objetivos.



El presente trabajo abarca el crecimiento y costes de producción del cebo de tres razas (Retinta, Charolesa, Limusina), mediciones ultrasonográficas *in vivo* para predicción de la calidad de la canal y carne, y el análisis de las características de la canal, calidad instrumental y sensorial de la carne.

### **2.1. Objetivo general:**

El objetivo principal es mejorar la rentabilidad del cebo de terneros, en base a dos sistemas de alimentación (tradicional y mezcla húmeda) y tres razas de amplia utilización en la zona (Retinta, Charolesa y Limusina).

### **2.2. Objetivos particulares:**

Cuantificar el crecimiento de los terneros en la fase de recría y engorde en cebadero de tres razas y dos sistemas productivos.

Cuantificar el consumo de pienso y mezclas en la fase de recría y engorde en cebadero.

Valorar la utilidad de la ultrasonografía *in vivo* en la predicción de características de calidad de la canal y de la carne.

Valorar las principales características de la canal de las diferentes razas en cada uno de los sistemas de alimentación utilizados.

Valorar los principales parámetros instrumentales y sensoriales de calidad de la carne.



## Capítulo 3. Revisión Bibliográfica.



### **3.1. Crecimiento.**

Es uno de los principales atributos de los seres vivos, y cuenta con una gran importancia desde el punto de vista económico en la producción animal. Es un fenómeno complejo en el que están implicados procesos de diferenciación, hiperplasia (aumento del nº de células) e hipertrofia (aumento del tamaño de las células), y en el que interaccionan genotipo, sistema hormonal, medioambiente y nutrientes, todo ello además influenciado por la edad y el sexo.

El crecimiento de un animal corresponde al aumento de peso y talla, así como a los cambios de forma y composición corporal que le acompañan. Representa el conjunto de modificaciones de peso, forma, composición anatómica y química de los animales, desde la concepción hasta la edad adulta.

Crecimiento y desarrollo son los dos términos que van de la mano. Según Hammond (1960), crecimiento es el aumento de peso experimentado por los animales desde el nacimiento hasta su estabilización en la edad adulta, y desarrollo es la modificación que experimentan la proporción, conformación, composición química corporal y funciones fisiológicas del animal a medida que avanza la edad. Aunque ambos fenómenos suelen producirse simultáneamente, es posible que un individuo se desarrolle (aumente de longitud y alzada) sin experimentar alteraciones en su peso (crecimiento) o al contrario.

#### **3.1.1. Regulación del crecimiento.**

Sobre el crecimiento inciden numerosos factores de tipo hormonal, genético y ambiental, que interaccionan entre sí y lo regulan.

### a. Control hormonal

El sistema endocrino se puede entender como el mecanismo de coordinación entre la genética y factores ambientales que modula la replicación celular. El control endocrino del crecimiento engloba las interacciones entre diversas hormonas y factores de crecimiento, actuando a nivel local y sistémico.

Las hormonas de efecto relevante en el crecimiento son: hormona del crecimiento (GH), hormonas tiroideas, glucocorticoides, esteroides sexuales, insulina y una amplia gama de péptidos (factores de crecimiento). De todas ellas, la GH (hormona segregada en la pituitaria) y los factores de crecimiento ligados a la insulina (IGFs) son las más destacadas. Estas sustancias son esenciales para el normal crecimiento postnatal de los mamíferos.

La GH, principal hormona implicada en el crecimiento, actúa especialmente en la mejora de la deposición proteica y en el retraso en la deposición de grasa. Su estructura difiere entre especies, y su secreción es de naturaleza pulsátil. La descarga de GH tiene un pico cada 3-4 horas. La liberación pulsátil es debida al efecto antagónico de la GRH o somatocrina (hormona liberadora de GH) y la somatostatina (hormona inhibidora).

Además de poseer un notable efecto en la estimulación del crecimiento (acción anabólica), tiene acciones lipolíticas y diabetogénicas (acciones catabólicas).

La función más importante de la GH es su influencia en la síntesis de proteínas y ADN, para el pelo, lana, huevos y leche. Igualmente estimula la síntesis de proteínas de forma indirecta al favorecer la liberación de IGF-I (somatomedina) en el hígado e influye en la distribución energética de acuerdo al consumo de alimento, inhibiendo la lipogénesis o estimulando la lipólisis.

A lo largo del crecimiento postnatal, el papel de la GH como reguladora del crecimiento viene dado tanto por su concentración como por la abundancia de receptores en el hígado. Los niveles de GH son muy altos en la fase fetal y en los recién nacidos, periodo en el que existe escasa cantidad de receptores.

El nivel de GH desciende conforme el animal alcanza la madurez, a la vez que aumentan la cantidad de receptores y la afinidad de éstos por la GH.

El estado nutricional juega un papel importante en la concentración plasmática de GH. En periodos de déficit nutricional, aumenta el nivel de GH y actúa como lipolítica (los lípidos se utilizan como fuente energética), mientras que en periodos de buena alimentación decrece su concentración. Estudiando la influencia del nivel nutritivo sobre la concentración de GH, Breier *et al.* (1986) comprobaron que en animales alimentados a un alto nivel (3% de materia seca de peso vivo/día) el pulso de liberación de GH es de baja amplitud y corta duración. A medida que se reduce el nivel nutritivo (1.8% y 1%) se aprecia un aumento en la concentración de GH y en la amplitud de los pulsos.

El receptor de esta hormona en el hígado está regulado por la insulina; hormona que regula la GH a través de la producción de somatomedina. En animales mal nutridos, altas tasas de hormona producen un efecto lipolítico, llevando a un incremento del uso de la grasa como fuente de energía. Sin embargo, durante periodos de escasez de energía, los niveles de insulina son bajos y se reduce la deposición de nutrientes en los tejidos para su uso inmediato en la supervivencia. El bajo nivel de insulina reduce los receptores de la hormona en el hígado y retarda el crecimiento. También se ha encontrado un notable efecto estacional en la producción de GH. El aumento de la duración de la luz diaria produce un efecto estimulante sobre la GH.

Las hormonas tiroideas tienen un efecto anabólico o catabólico dependiendo de su nivel. El hipotiroidismo reduce la síntesis de músculo y el hipertiroidismo aumenta el catabolismo. En niveles normales, las hormonas tiroideas juegan un papel importante en la regulación del crecimiento y del apetito. También, las hormonas tiroideas tienen una influencia en la síntesis de hormona del crecimiento y posiblemente en los niveles de somatomedina.

La Insulina es una hormona anabólica. Actúa de manera permisiva por influencia en los niveles de otras hormonas. Su efecto tiene gran importancia (por sus propiedades lipogénicas) sobre la composición corporal. En jóvenes, la insuficiencia de insulina reduce el crecimiento. Una hiperinsulinemia acarrea un sobre-crecimiento.

Las hormonas esteroideas ejercen su efecto a través de receptores particulares (receptores nucleares de hormonas). En situaciones de estrés, los esteroides anabolizantes y los glucocorticoides ejercen su acción sobre los reservorios musculares para movilizar proteínas, en particular en los periodos de ayuno prolongado, gestación o lactación. En estos casos, los glucocorticoides inhiben la síntesis de proteínas y favorecen el catabolismo de aminoácidos. También, el anabolismo proteico depende del equilibrio entre el aporte de nutrientes y los niveles de glucocorticoides en sangre, equilibrio que difiere entre sexos.

Los glucocorticoides son agentes catabólicos que inhiben el crecimiento en animales inmaduros pero no en adultos. Un nivel bajo de glucocorticoides inhibe la síntesis de ADN en el músculo esquelético.

Los andrógenos aceleran el crecimiento del músculo. La presencia de hormona del crecimiento es esencial para su acción. Los andrógenos tienen una potente acción anabólica. Tanto la masa muscular como la tasa de síntesis proteica son mayores en machos que en hembras. La acción sobre machos castrados es apreciable, pero el efecto por administración exógena en hembras no está claro.

En gran parte de los animales, el efecto de los estrógenos sobre el crecimiento es inhibitorio. Sin embargo, hay diferencias entre rumiantes y no rumiantes. Los estrógenos pueden aumentar el nivel basal y la secreción de hormona del crecimiento, pero también causan una disminución de los niveles de somatomedina.

La somatomedina y otros péptidos del crecimiento (IGF1 y IGF2) tienen un importante papel en el crecimiento. Son posiblemente el último eslabón de la cadena endocrina que regula el crecimiento celular. Estimulan la hiperplasia e hipertrofia en un amplio número de tejidos. Se producen principalmente en el hígado bajo la influencia de la hormona del crecimiento, pero también se producen en otros tejidos (riñones, etc.) estimulados por otras hormonas. Su papel es de gran importancia en el crecimiento de los cartílagos epifisarios y de los huesos. Son los principales responsables de la estimulación del crecimiento en longitud de los huesos.

Dado que la ingesta de alimento tiene una influencia importante en el crecimiento, es de interés conocer el papel que juegan las hormonas en el apetito y saciedad. La colecistokinina y el glucagón son las dos hormonas más importantes en la saciedad: la primera, de origen cerebral e intestinal, puede estar involucrada en el control del consumo de alimento y en la regulación del balance energético, en tanto que la segunda, de origen pancreático, actúa como un factor de saciedad.

En condiciones normales de aporte nutritivo, edad y medio-ambiente, el hipotálamo es posiblemente quien controla el mecanismo del balance de hormonas que inciden en el crecimiento. La liberación de la hormona del crecimiento está regulada por dos hormonas del hipotálamo: GRF o somatocrinina y la SRIF o somatostatina (factor inhibidor).

La leptina es una hormona proteica sintetizada por el tejido adiposo. El conjunto de acciones de la leptina son: disminución del apetito, aumento del gasto energético, actividad física, actividad ovárica y anabolismo muscular (Geary *et al.*, 2003). Cuando aumenta la producción de leptina (debido generalmente al aumento del tamaño de las células adiposas o al aumento de la cantidad de lípidos corporales) se produce una disminución de la cantidad de nutrientes disponibles por el tejido adiposo y cambios hormonales que disminuyen la lipogénesis o aumentan la lipólisis.

Aunque no son propiamente hormonas, los beta-adrenérgicos tienen, en determinadas condiciones, efectos sobre el crecimiento. En dosis pequeñas producen un aumento de la masa muscular y una disminución en la deposición de grasa.

#### b. Fotoperiodo

Ejerce un control sobre el crecimiento, más notable en las especies estacionales. En los ovinos se aprecia el efecto de la estacionalidad sobre el consumo de alimento y crecimiento: periodos con días largos favorecen el crecimiento. En especies no estacionales hay menos estudios; sin embargo

parece que el efecto del fotoperiodo es mayor en animales peripuberales que en pre y post-puberales.

### c. Control genético

Los factores genéticos también tienen un importante efecto sobre el crecimiento. Actúan sobre los niveles y balances hormonales, vías metabólicas, ingesta, eficiencia alimenticia, etc., lo que conduce a destacadas diferencias raciales e individuales en el crecimiento. En general, la acción de los genes no se concentra en un determinado carácter relacionado con el crecimiento.

### d. Sistema inmune

El sistema inmune es importante tanto por su papel en el control de enfermedades que afecten al crecimiento, como por la posibilidad de utilizarlo en la manipulación de las funciones endocrinas. La hiper o hipo-función del sistema inmune afecta al animal en diferentes aspectos. En los dos casos el crecimiento se ve afectado, generalmente disminuyendo. La hipo-función del sistema inmune puede conllevar a más sensibilidad a las enfermedades. El efecto de las enfermedades sobre el crecimiento puede ser directo (altera la absorción, el metabolismo, etc.) o indirecto (el animal no puede comer suficientemente). También existe una inter-relación entre el sistema inmune y el endocrino, principalmente con la hormona del crecimiento. El papel fisiológico de la hormona del crecimiento con la inmuno-regulación es:

- Interviene en la síntesis de linfocitos
- Una fracción de una hormona del timo estimula la liberación de GH, y es posible que este estímulo dependa también del tamaño del timo.
- Las endotoxinas son un potente estímulo de liberación de GH.

### 3.1.2. Crecimiento ponderal y modelización matemática.

#### a. Medida del crecimiento

El peso vivo es la medida que suele usarse para determinar el crecimiento. El registro del peso vivo, en relación a otras técnicas, presenta como ventajas su facilidad y bajo costo. Sin embargo, requiere que se cumplan unas condiciones mínimas para que tenga validez: hay que minimizar el error humano, la báscula ha de estar calibrada y hay que eliminar fluctuaciones debidas al diferente grado de llenado del aparato digestivo en rumiantes. El contenido intestinal representa sobre el 10% del peso total del animal.

Si el crecimiento lo entendemos como evolución del peso vivo en el tiempo, lo podríamos expresar en Kg/día. Esta medida del crecimiento es la más común, aunque tiene el inconveniente de que si el intervalo de tiempo considerado es largo, no obtenemos una idea clara de lo que acontece en un momento determinado. Para obviar este inconveniente se recurre a expresarlo en valor relativo, en relación al peso vivo del animal:  $(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial}$  (g/día/Kg. peso vivo).

En el crecimiento podemos diferenciar las siguientes etapas:

-Crecimiento libre del oocito. Este periodo va desde la fecundación hasta la implantación del blastocito en el útero. Su duración difiere entre especies.

-Crecimiento embrionario. Corresponde al periodo de diferenciación de los principales sistemas y órganos.

-Crecimiento fetal. Está marcado por la finalización de las modificaciones de forma, la consecución de la diferenciación de los principales órganos y la aparición de la piel. Es un periodo de multiplicación y aumento celular extremadamente intenso. El crecimiento del feto es de tipo exponencial, ralentizándose al final de la gestación.

-Crecimiento postnatal. Es el que tiene lugar después del nacimiento. El peso vivo evoluciona siguiendo una curva de tipo sigmoideo, similar en todas las especies, en la que se pueden distinguir:

- fase inicial, de crecimiento acelerado o autoaceleración
- punto de inflexión
- fase final, de crecimiento retardado, o autoinhibición.

Inicialmente predominan los fenómenos de hiperplasia e hipertrofia, con lo que la masa corporal aumenta a un ritmo elevado. El aumento de la complejidad estructural del organismo hace más difícil el aporte de nutrientes y se establece un equilibrio entre las reacciones anabólicas y catabólicas, lo que lleva a un crecimiento lineal. Este equilibrio suele producirse en la pubertad. Después predominan las fuerzas de deceleración con lo que se produce un descenso paulatino de la tasa de crecimiento, tendiendo a cero en la fase adulta.

### b. Modelización matemática

Consiste en proponer una representación, en el sistema formal de las matemáticas, de un fenómeno del mundo real. Los objetivos asignados a los modelos son múltiples.

La modelización de los fenómenos biológicos, entre los que se encuentra el crecimiento, ha tenido un gran progreso en los últimos años como consecuencia, entre otros, del desarrollo de los sistemas informáticos.

El crecimiento se suele modelizar a través de funciones matemáticas que reflejen los fenómenos biológicos que acontecen en la vida de los animales. Todas las ecuaciones de crecimiento muestran la relación entre el peso y la edad, al ser los mejores datos a medir, y tienen en común parámetros como el índice de crecimiento, peso, punto de inflexión y el peso adulto.

Los objetivos de un ajuste eficaz de la curva de crecimiento son:

- Ofrecer el máximo de información con el mínimo de datos
- Predecir índices de crecimiento de interés.

Para representar la curva de crecimiento se han propuesto diferentes ecuaciones matemáticas (Brown *et al.*, 1976), pudiéndose señalar, para cada

una de ellas, ventajas e inconvenientes sobre la base de su fiabilidad o sensibilidad, nº y tipo de registros necesarios, dificultad computacional, etc.

En la actualidad, las funciones más empleadas para describir el crecimiento de mamíferos domésticos son las denominadas "biológicas", al presentar información que puede ser interpretada biológicamente. Utilizan, de forma indirecta o directa, dos parámetros importantes: la posición del individuo o del grupo dentro del rango de pesos posibles a una determinada edad (generalmente la madurez), y el índice de crecimiento relativo a la madurez, que nos indica el tiempo necesario para alcanzarla. Adicionalmente, se suele recoger un tercer parámetro, el punto de inflexión, que describe el cambio en la curva de la fase de auto-aceleración a la de auto-inhibición. En este grupo se incluyen las curvas de Richards (1959), Brody (1945), Von Bertalanffy (1938), Gompertz (1825) y algunas logísticas. La utilización debe ser más por la bondad del ajuste entre los datos experimentales y los esperados, que por los parámetros biológicos "per se".

La función de Brody (1945) se basa en el concepto de edad fisiológica. Define bien el crecimiento y tiene buen ajuste cuando se emplea en periodos post-destete (6 meses en bovinos). Sin embargo, se adapta menos a las fluctuaciones de los pesos y suele subestimar el peso al nacimiento aunque para otros autores lo sobrestima y subestima el peso al destete.

La función de Gompertz (1825) parte de la asunción de que la tasa relativa de crecimiento decrece linealmente con el peso del animal en una escala logarítmica. Esta función, cuando no hay limitaciones, proporciona una descripción útil del crecimiento a través de una ecuación relativamente fácil.

La función de Von Bertalanffy (1938) presenta el mejor ajuste global de las curvas biológicas, siendo superada sólo por las polinómicas. Presenta una ligera sobrestimación de los pesos iniciales y una ligera subestimación de los pesos finales.

Richards (1959) describió una ecuación de gran complejidad, que se considera el caso más general de las ecuaciones biológicas, La bondad de ajuste es buena para toda la curva o para los primeros 12 meses.

En general se trata de utilizar una función que tenga pocos parámetros. Las propiedades deseadas de una función de crecimiento son que el peso vivo tienda a un peso final o asintótico, que la tasa máxima de crecimiento tenga lugar a un peso intermedio (a un peso superior al de nacimiento e inferior al adulto), y que la tasa de crecimiento relativo decrezca de manera similar a como aumenta el peso vivo hasta la madurez. En general, la función de Gompertz (1825) cumple estas condiciones y ha sido utilizada para describir el crecimiento de muchos tipos de animales

Diversos estudios se han dedicado a evaluar la idoneidad de estas funciones para describir la curva de crecimiento de animales de diferentes especies, y en concreto en la especie bovina, tanto en razas cárnicas como lecheras (Bakker y Koops, 1978; Brown *et al.*, 1976; Perotto *et al.*, 1992).

En la raza Retinta, Molina *et al.* (1992) realizaron el ajuste del peso vivo de terneros, desde el nacimiento hasta el destete, a diferentes funciones: lineal, polinomial hasta el 4º grado y exponenciales clásicas.

### 3.1.3. Factores que influyen en el crecimiento.

#### a. Sistema de manejo/alimentación.

El sistema de manejo/alimentación incide significativamente en la tasa de crecimiento de los animales. Son numerosos los trabajos de investigación en los que se analiza dicho efecto.

Cooke *et al.* (2004) compararon la influencia de la alimentación en el crecimiento de tres grupos de animales de raza Charolesa de origen irlandés. Cada uno de los tres grupos de 20 animales recibió una alimentación diferente en cuanto a la administración de concentrados 96 días antes del sacrificio. La GMD de cada grupo fue de 1.13 Kg/día (grupo control, bajo nivel de concentrado), 1.30 Kg/día (ración intermedia) y 1.41 Kg/día (alto nivel de concentrado).

Schoonmaker *et al.* (2002), en novillos Angus x Fleckvieh introducidos en cebadero a 111, 200 y 307 días de edad, obtuvieron ganancias medias diarias de 1.62, 1.68 y 1.88 Kg/día, respectivamente.

Nuernberg *et al.* (2005) comprobaron una menor tasa de crecimiento en novillos de raza Fleckvieh y Frisona criados y finalizados en un sistema basado en pastos y ensilado que los sometidos a un sistema intensivo (870-900 g/día los finalizados en pastos vs. 1.15-1.40 Kg/día los de intensivo).

#### b. Raza

El efecto de la raza sobre la tasa de crecimiento queda avalado por numerosos trabajos.

Piedrafita *et al.* (2003) estudiaron el crecimiento de unos 70 novillos machos de siete razas españolas (Asturiana de la Montaña, Asturiana de los Valles, Avileña-Negra Ibérica, Bruna de los Pirineos, Morucha, Pirenaica y Retinta) y tres francesas (Aubrac, Gasconne y Salers) en sus sistemas de producción típicos. En España, los terneros hasta los 5-8 meses eran criados con sus madres en extensivo, a partir de esa edad con alimentación de pienso *ad libitum* y paja. En las razas francesas los terneros se empiezan a suplementar entre los 7 y los 9 meses con silo de maíz y concentrados. La tasa de crecimiento media osciló entre 1.0 Kg/día de la raza Asturiana de la Montaña y 1.63 Kg/día de la Pirenaica, con diferencias significativas entre razas. El peso de sacrificio osciló entre 444 Kg y 551 Kg para las razas españolas y entre 610 Kg y 750 Kg en las francesas.

En concreto en la raza Retinta, Albertí *et al.* (1995) en novillos en cebadero desde 277 Kg hasta 457 Kg encontraron una ganancia media diaria (GMD) de 1.5 Kg, mientras que en animales pesados (550 Kg) iniciados al cebo con mayor peso (330 Kg) la ganancia fue de 1.7 Kg/día. Esta mayor GMD podría ser debida a un crecimiento compensatorio, según indica el autor. En esta experiencia el sistema de alimentación fue pienso concentrado *ad libitum* y paja.

En la misma raza, Benito *et al.* (1979) registraron una ganancia de 1.3 Kg /día, en terneros cebados en establo y con un peso de sacrificio de 434 Kg, y Aljama (1982) registró una cifra de 1.24 Kg/día en terneros de raza Retinta cebados entre 152 Kg y 397 Kg, posiblemente por ser una dieta menos concentrada.

### c. Biotipo

Du Plessis y Hoffman (2004) estudiaron la tasa de crecimiento en cuatro biotipos bovinos: cruces de Fleckvieh (biotipo grande, > 500 Kg peso adulto), cruces de Bonsmara (biotipo medio-grande, 450-500 Kg peso adulto), Afrikaner (biotipo mediano-pequeño, 400-450 Kg peso adulto) y Nguni (biotipo pequeño, < 400 Kg peso adulto). Después del destete, los animales crecieron en praderas naturales y fueron sacrificados a 18, 24 y 30 meses de edad. El peso vivo de los grupos a los 18 meses de edad fue  $367.1 \pm 11.6$  Kg,  $387.1 \pm 8.8$  Kg,  $321.8 \pm 8.6$  Kg y  $289.8 \pm 14.5$  Kg, respectivamente; pesos que alcanzaron  $419.5 \pm 14.4$  Kg,  $395.3 \pm 17.1$  Kg,  $330.9 \pm 12.5$  Kg y  $347.9 \pm 10.0$  Kg a los 24 meses de edad. El peso medio alcanzado a los 30 meses de edad fue de  $575.0 \pm 14.4$  Kg,  $549.7 \pm 14.9$  Kg,  $460.4 \pm 12.3$  Kg y  $440.7 \pm 8.0$  Kg, respectivamente.

Pfuhl *et al.* (2007) encontraron diferencias en el crecimiento de terneros sacrificados a los 18 meses de edad, siendo la ganancia media diaria de 1.19 Kg/día para los animales de biotipo lechero (Frisona Alemana) y de 1.38 Kg/día para los de biotipo cárnico (Charolesa).

### d. Edad al sacrificio

García de Siles *et al.* (1982) estudiaron el efecto de la edad al sacrificio en la tasa de crecimiento de 340 machos y 377 hembras, destetados todos con 305 días de edad y criados con una dieta alta en energía. Fueron sacrificados con 420 a 470 Kg las hembras y machos, respectivamente. Clasificaron a los animales según la edad al sacrificio desde 375-400 días a más de 500 días,

encontrando diferencias significativas. Para los machos más jóvenes, la media de peso a los 305 días fue de 347.8 Kg, y se sacrificaron a la edad de 376-400 días. Esto supone un 28% más de peso que la media de los de más edad, que pesaron 272.2 Kg con 501 días. Los más jóvenes aventajaron un 63% en el crecimiento, que fue de 1.46 Kg/día frente a 0.89 Kg/día. En las hembras, la ventaja fue del 64%.

### **3.2. Características de la canal.**

La canal bovina se define como el cuerpo entero del animal sacrificado, desangrado, desollado, eviscerado, separada la cabeza a nivel de la articulación occípito-atloidea y sin extremidades, que se cortarán a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana. La canal podrá conservar o no los riñones y la grasa de riñonada y de la cavidad pelviana; carecerá de vísceras torácicas y abdominales, así como de órganos sexuales y sus músculos, de ubre y de grasa mamaria (Reglamento (CEE) del Consejo nº 1208/81). Las características de calidad de las canales se establecen a partir del peso de la canal en caliente, la conformación y el grado de engrasamiento. Dichos parámetros proporcionan mucha información sobre el músculo, la grasa y el hueso en la canal, sobre la cantidad y composición de las piezas, la cantidad de tendones y la constitución de la musculatura y el tejido graso.

#### **3.2.1. Sistemas de clasificación y medidas objetivas de la canal.**

Existen diversos sistemas para clasificar canales de vacuno, según las diferentes culturas y la forma de entender el concepto de calidad. Así, en Uruguay se utiliza de manera oficial el criterio de clasificación y tipificación de apreciación subjetiva descrito por el INAC (Instituto Nacional de Carnes, INAC, 2004) o en Canadá se utiliza el sistema que valora el grado de engrasamiento del *Longissimus dorsi*, según la escala propuesta por la Canadian Beef Grading Agency (Beef Carcass Grading Reference, 1997).

En Europa existe un modelo intracomunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado. El RD 1892/99 de 10 de Diciembre ha servido para estandarizar el sistema mediante su aplicación en cada país.

En España, la clasificación de las canales queda plasmada en el Real Decreto 228/2008 de 15 de febrero por el que se completa la aplicación del modelo comunitario y se regula el registro de los precios. Se establece así el empleo obligatorio de las subclases para determinar la conformación en las canales de más de 300 Kg. El uso de las subclases para determinar el grado de engrasamiento es voluntario.

La conformación es referida al desarrollo de los perfiles de la canal y en particular de las partes esenciales de la misma (cadera, lomo, paletilla). En la Figura 2 vemos gráficamente cómo es cada subtipo. La conformación S (superior) se refiere a todos los perfiles extremadamente convexos con un desarrollo muscular excepcional con dobles músculos (tipo culón). La E (excelente) engloba canales en las que todos los perfiles son convexos a superconvexos con un desarrollo muscular excepcional. La U (muy buena), presenta perfiles convexos en conjunto y fuerte desarrollo muscular. La R (buena) muestra perfiles rectilíneos en conjunto, con buen desarrollo muscular. En la O (menos buena), los perfiles son rectilíneos a cóncavos, y el desarrollo muscular medio. En las canales clasificadas como P (mediocre) todos los perfiles son cóncavos a muy cóncavos con escaso desarrollo muscular.

Figura 2. Conformación cárnica. Clasificación SEUROP.



Fuente: "La clasificación de las canales de vacuno pesado". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008.

En la Figura 3 vemos la cobertura grasa de las canales de forma que se numeran desde 1 (cobertura de grasa inexistente o muy débil), hasta 5 (toda la canal cubierta de grasa con acúmulos importantes en el interior de la cavidad torácica).

Figura 3. Grado de engrasamiento. Clasificación SEUROP



Fuente: "La clasificación de las canales de vacuno pesado". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008.

Igualmente existen mediciones objetivas para valorar la conformación de una canal, entre las que se encuentran las descritas por De Boer *et al.* (1974) como: longitud interna de la canal, profundidad interna del pecho, longitud de la pierna, espesor máximo de la pierna y perímetro máximo de la pierna. El índice de compacidad relaciona el peso de la canal con la longitud de la misma (Alberti, 2001).

El objetivo de estas medidas es establecer relaciones entre ellas y valorar la conformación de forma objetiva, para que puedan ser referencias válidas en las formas de pago a los productores (Franco *et al.*, 2002).

### 3.2.2. Factores que inciden en la conformación de la canal

Los más destacados son el peso, la raza, la edad y el sexo.

### a. Peso.

En general, con el aumento del peso vivo mejora la conformación de la canal a la par que incrementa el engrasamiento de la misma. La valoración subjetiva de la canal tiende a mejorar con el peso (Kempster *et al.*, 1982).

### b. Raza.

Numerosos trabajos muestran las diferencias en conformación de canales de animales de diferentes razas bovinas (Albertí *et al.*, 1997, 2005, 2008). En un trabajo desarrollado por Font *et al.* (1995) con terneros de raza Bruna y Charolesa x Bruna, observan que el cruzamiento tiene un 86% de las canales clasificadas como U frente al 68% que presentan los machos de raza Bruna. Albertí *et al.* (1997) en un estudio con terneros de 7 razas españolas, encuentran también diferentes notas de conformación, correspondiendo la clasificación U a las canales de razas Asturiana y Pirenaica y R a las canales de razas Avileña-Negra Ibérica, Morucha, Parda de Montaña y Retinta.

### c. Edad.

Factor a considerar en la medida que está relacionado con el peso y nivel de engrasamiento de la canal. En general, a medida que avanza la edad de los animales mejora la conformación de las canales. Sin embargo, diversos autores (García de Siles *et al.*, 1982) señalan que cuando se considera el peso y/o grado de engrasamiento como covariables, la edad no influye en la conformación. Esto coincide con los estudios de Kelava *et al.* (2013), en los que se comparó la conformación y engrasamiento de canales de animales sacrificados a los 14 y 19 meses de edad, no encontrando diferencias significativas debidas a la edad de los terneros.

## d. Sexo.

A semejanza de la edad, tiene importancia sobre la conformación ya que el grado de madurez difiere entre machos y hembras. En general, los machos presentan mejor conformación que las hembras. Zea *et al.* (2007) estudiaron entre otras cosas el efecto del sexo en la clasificación de animales en matadero de tres tipos genéticos, Frisona, Rubia Gallega y sus cruces, comprobaron que la conformación de la canal fue superior en los machos en los tres biotipos raciales, así como la puntuación del engrasamiento fue superior en las hembras. El rendimiento a la canal también fue mayor en los machos que en las hembras.

## e. Composición Tisular.

Para cada una de las especies de abasto existe una propuesta de normalización de la disección de la canal (de Boer *et al.*, 1974; Colomer-Rocher *et al.*, 1987, 1988; Walstra y Merkus, 1995). La disección de la canal entera ha sido empleado, entre otros muchos autores por Delfa *et al.* (1998) en cabras adultas, y Miguel *et al.* (2007) en corderos.

Este método, si bien es el más exacto, tiene importantes inconvenientes: se ha de sacrificar a los animales, es caro, laborioso y exige unas condiciones muy estrictas de realización (Berg and Butterfield, 1968). Por ello, se han desarrollado otros procedimientos o modificaciones de los mismos, en aras a eliminar o reducir alguno de los inconvenientes que presentan los métodos anteriormente citados.

En general, los autores se decantan por la disección de una parte de la canal, lo que reduce el costo y el tiempo de análisis. El trozo o pieza utilizados difiere entre especies y autores. Colomer-Rocher *et al.* (1987) señalan que la disección de la media canal no reduce significativamente la precisión de las estimaciones.

La disección de la espalda en ovinos ha sido recomendada por la facilidad en la separación de la canal y la precisión de los resultados (El Karim *et al.*, 1988).

Otros autores, en porcino, utilizan diversos trozos costales. Así, Aunan y Winters (1952) encontraron una estrecha relación entre el contenido en grasa y músculo de la 5<sup>a</sup>-6<sup>a</sup> costillas y los de la canal. Kennick y England (1960) emplean el trozo tricostal de 9<sup>a</sup>-11<sup>a</sup>.

Igualmente, en bovinos el interés de los estudios se centra en la disección de un trozo costal, que consta de 1 a 3 chuletas. Geay y Béranger (1969) proponen la 11<sup>a</sup> costilla. La elección la basan en que posee hueso, músculo, grasa subcutánea e intermuscular similares a las de la canal, y su obtención es fácil y no resta mucho valor comercial. Este estudio lo realizaron en diversas razas con diferente grado de madurez, unas con carácter culón y otras no, encontrando coeficientes de correlación de 0.89 a 0.95 entre la composición de la canal y la de la 11<sup>a</sup> costilla. El mismo trozo monocostal lo utilizaron Robelin y Geay (1975), en machos de 9 a 17 meses de edad de cuatro razas, Frisona, Charolesa, Limusina, y Salers, registrando coeficientes de correlación superiores a 0.9.

Verbeke y Van de Voorde (1978) y Fiems *et al.* (2005) emplearon la disección de la 8<sup>a</sup> costilla para cuantificar la composición corporal de bovinos.

Olivan *et al.* (2001) utilizan una sola chuleta en la predicción de la composición de la canal de novillos de raza Asturiana de los Valles y en base al cuarteo de las canales en España proponen la 6<sup>a</sup> o la 10<sup>a</sup>. El porcentaje de músculo se predice mejor con la 10<sup>a</sup> chuleta, mientras que la grasa de la 6<sup>a</sup> chuleta es mejor predictor del contenido graso de la canal. Los coeficientes de correlación entre el contenido en hueso de la canal y de los trozos monocostales son bajos (0.51-0.63) aunque significativos. En general, los resultados muestran similitud en la exactitud de la predicción de la composición de la canal entre ambas costillas, aunque el uso de la 10<sup>a</sup> sobre-estima el contenido de grasa de la canal. En definitiva y considerando el sistema de cuarteo, recomiendan el uso de la 6<sup>a</sup> chuleta.

Hankins y Howe (1946) fueron los primeros en utilizar el trozo tricostal 9<sup>a</sup>-11<sup>a</sup>, obteniendo coeficientes de correlación de 0.91, 0.83 y 0.53 para el contenido en grasa, proteína y cenizas, respectivamente. Alhassan *et al.* (1975) emplearon la composición química del trozo tricostal 9<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> en la predicción de la composición del cuerpo vacío. En este estudio, los coeficientes de correlación fueron bajos, no siendo aceptables las predicciones del contenido corporal en agua y cenizas a través del agua y cenizas de las chuletas. Sin embargo Nour y Thonney (1994), utilizando el mismo trozo tricostal, sí obtuvieron elevados coeficientes de correlación entre su composición química y la de la canal. Mitchell *et al.* (1997) también emplearon dicho trozo tricostal para la valoración de la composición química de la canal de novillos de raza Angus y Hereford x Angus.

Silva *et al.* (2002) estudiaron la capacidad de predicción del trozo tricostal 9<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> en la composición tisular y química de novillos Nelore. Mientras que la composición tisular (grasa, músculo y hueso) de la canal fue satisfactoriamente estimada a través de la composición de dicho trozo, la estimación de la composición química es menos exacta: estima bien el contenido en proteínas y sobre-estima el contenido en grasa y agua.

A fin de validar el trozo tricostal 9<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> en la predicción de la composición de la canal de novillos Cebú, Paulino *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre animales sacrificados a diferentes edades. A semejanza de lo expresado por Silva *et al.* (2002), la composición tisular de la canal fue bien estimada, mientras que no lo fue la composición química.

Numerosos trabajos se han llevado a cabo para cuantificar la composición de la canal de bovinos en diversos sistemas de alimentación, con diferentes razas, etc. Entre ellos se encuentran:

Albertí *et al.* (1995) en novillos de raza Retinta finalizados en intensivo y sacrificados con 450 Kg obtuvieron un 60.0% de carne, 14.5% de grasa, 20.1% de hueso y 5.45% de recortes. En animales sacrificados con 550 Kg, las cifras fueron 62.5, 10.9, 19.8 y 6.7%, respectivamente.

Mandell *et al.* (1998) utilizaron novillos cruzados por Limusina (n = 135; 258 ± 26 Kg) para valorar el efecto del sistema de alimentación (forraje vs.

concentrado) en las características de la canal. El porcentaje de músculo fue de 54.8 a 63.5%, el de hueso de 17.9 a 21.7%, el de grasa total de 14.6 a 27.2%, el de grasa subcutánea de 42.9 a 47.4% de la grasa total y la grasa intermuscular de 35.4 a 42.9% de la grasa total. El sistema a base de concentrados aumentó significativamente la cantidad de grasa y disminuyó la de carne.

Campo *et al.* (1999) estudiaron la composición de la canal en varias razas españolas (Asturiana de los valles, Pirenaica, Rubia Gallega, Parda Alpina, Avileña-Negra Ibérica, Morucha y Retinta) sacrificados con 450-500 Kg. El contenido muscular se situó en 69-80%, el de grasa en 4.2-11.4%, el de hueso en 15.8-20.2% y el de grasa intramuscular en 0.97-3.5%. Para la raza Retinta los valores medios fueron 69.9, 11.4, 18.8 y 2.98%, respectivamente.

Campo *et al.* (2000) en cuatro tipos de bovinos (doble musculatura, crecimiento rápido, doble propósito y rústico) encontraron valores medios de 80.05%, 74.39%, 70.39% y 69.88% para músculo, 4.16%, 7.90%, 9.39% y 10.97% de grasa y 15.79%, 17.71%, 20.22% y 19.15% de hueso.

Simoës y Mira (2002), en bovinos de raza Alentejana, Mirandesa, Marinhoa, Arouquesa, Barrosão, Maronesa y Mertolenga sacrificados a tres pesos, obtienen un porcentaje medio de músculo de 66.2-68.3%, 15.1-17.0% de hueso y 10.5-11.5% de grasa.

Keane (2003) estudió las características de la canal de novillos machos de raza Frisona y cruzada con Azul Belga, sacrificados con 480 Kg de peso vivo, obteniendo valores medios de 13.6 a 21.5% de grasa, 57.9 a 67.2% de músculo y 19.2 a 21.7% de hueso, con diferencias significativas entre genotipos.

Keane y Allen (2004) estudian la composición de la canal a través del despiece de la "pistola" en novillos de raza Frisona, Piamontesa×Frisona y Romagnola×Frisona. El porcentaje de hueso fue 19.3, 16.9 y 17.6%, el de músculo 64.2, 71.6 y 68.7%, y el de grasa 16.5, 11.5 y 13.7%, respectivamente.

Serra *et al.* (2004), mediante disección de la 6ª costilla, determinaron la composición tisular de la canal de novillos de raza Bruna de los Pirineos criados en su sistema de producción tradicional, y sacrificados con 541 Kg a la

edad de 381 días. El músculo representó el 68.2%, la grasa disecable el 12.7%, la grasa subcutánea el 3.0%, la grasa intermuscular el 9.7% y el hueso el 16.3%.

Paulino *et al.* (2005) determinaron la composición tisular de la canal de bovinos Cebú, finalizados a pienso, obteniendo valores medios de 59.43%, 23.94% y 16.64% para músculo, hueso y grasa de la canal, respectivamente. Mediante la disección del trozo tricostal 9-11<sup>a</sup>, los valores registrados fueron 57.65%, 27.36% y 15.93%. No hubo diferencias significativas entre ambas formas de determinar la composición tisular de la canal.

Sánchez *et al.* (2005) sacrificaron 28 machos Nelore y Rubia GallegaxNelore con un peso vivo medio de 374 y 497 Kg, respectivamente, para determinar las principales características de sus canales. La composición media fue de 80.1 y 82.7% de carne, 15.8 y 14.5% de hueso y 4.1 y 2.8% de grasa, con unos valores medios de 5.1 y 5.7 para la relación músculo/hueso.

Jurie *et al.* (2007) en terneros Frisones y Salers sacrificados con 666 y 626 Kg, obtuvieron un porcentaje de 30.6% y 23.2% de grasa, 53.4% y 62.2% de músculo y 16.0% y 14.6% de hueso, respectivamente, basado en la disección de la 6<sup>a</sup> costilla. Encontraron diferencias significativas entre razas para músculo y hueso.

Aldai *et al.* (2007) estudiaron la composición de la canal en bovinos de raza Asturiana de los Valles (homocigotos, heterocigotos o ausentes del gen mh) y Asturiana de la Montaña. El porcentaje de músculo en la chuleta fue 84.36, 77.29, 75.56 y 75.31%, el de grasa intermuscular 4.89, 8.71, 10.12 y 9.84%, el de grasa subcutánea 1.10, 2.24, 2.36 y 3.18%, el de grasa total 6.00, 10.95, 12.48 y 13.01%, el de hueso 9.64, 11.76, 11.96 y 11.68%, y el de grasa intramuscular 0.81, 1.77, 1.85 y 2.39%, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas en todas las variables analizadas.

Vieira *et al.* (2007) estudiaron la composición de la canal de bueyes de raza Asturiana de los Valles, Limusina y Parda Alpina en base a la disección de la 6<sup>a</sup> chuleta, obteniendo los siguientes resultados: hueso 13.4%, 11.9% y 13.5%; músculo 62.7%, 61.3% y 57.1%; grasa subcutánea 5.65%, 8.13% y 8.39%; grasa intermuscular 16.7%, 17.2% y 18.9%; otros tejidos 1.54%, 1.53%

y 2.02%, con diferencias significativas para el contenido en músculo y grasa. El músculo *Longissimus thoracis* a nivel de la 6ª costilla presentó un área de 64.7 cm<sup>2</sup>, 79.7 cm<sup>2</sup> y 69.5 cm<sup>2</sup>, mientras que la relación área músculo / peso de la canal ofreció valores medios de 13.38 cm<sup>2</sup>/Kg, 13.90 cm<sup>2</sup>/Kg y 12.87 cm<sup>2</sup>/Kg.

Zea *et al.* (2007) estudiaron las características de la canal de machos (400 Kg peso vivo) y hembras (375 Kg peso vivo) de las razas Rubia Gallega, Frisona y cruce de ambas, sometidos a tres sistemas de alimentación (pienso a voluntad, ensilado de maíz, y pienso + ensilado de pradera). La composición de la canal difirió significativamente entre genotipos, mostrando los rubios gallegos el mayor contenido en músculo (75-76%) y el menor en hueso (18-19%) y grasa (5-6%), en relación a los animales de raza Holstein. Entre sistemas, la cantidad de carne en la canal no se vio afectada por la alimentación, pero los alimentados con pienso tuvieron más grasa que los de ensilado de maíz y menos hueso que los que recibieron ensilado de pradera. Este efecto en el hueso no se observó en las hembras. Además, en las hembras, no se observó un diferente engrasamiento entre las diferentes razas. Las hembras, respecto a los machos, tienen un porcentaje menor de hueso y de músculo y mayor de grasa.

Keane y Drenan (2009) en novillos de raza Frisona, Angus x Frisona y Blanco Azul Belga x Frisona, a través de la disección del músculo *Longissimus*, determinan la composición tisular de la canal. Los valores medios fueron 61.7, 61.9 y 68.1% para el músculo, 16.4, 17.3 y 10.8% para la grasa, y 22.0, 20.9 y 21.3% de hueso, respectivamente.

Keane y Moloney (2009) cuantificaron la composición de la canal a través de la disección de la chuleta, en 60.5 y 66.6% de músculo, 18.1 y 12.1% de grasa y 21.4 y 21.35 de hueso en novillos Angus x Frisona y Blanco Azul Belga x Frisona, respectivamente.

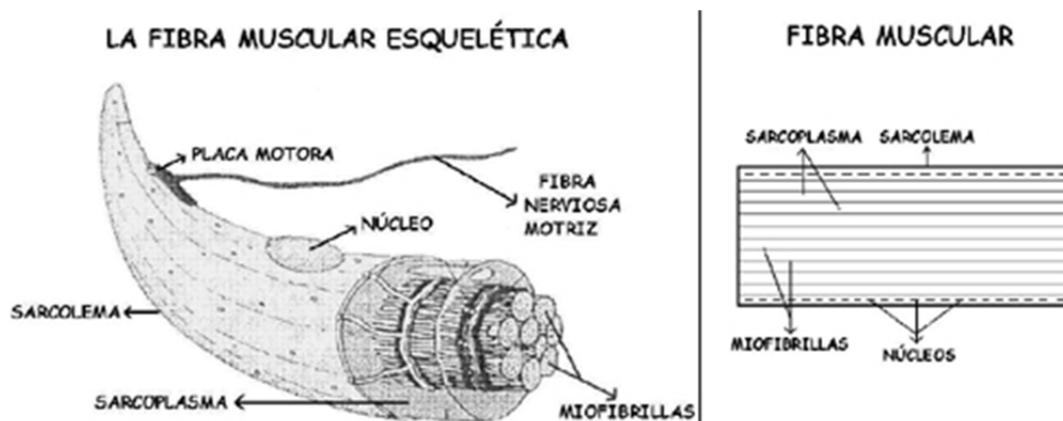
### 3.3. Estructura y composición del músculo.

#### 3.3.1. Estructura del músculo estriado.

El músculo estriado lo encontramos en el músculo esquelético y cardíaco. Está formado por haces de fibras musculares. Cada fibra muscular está rodeada por un tejido conectivo llamado endomisio. Cada 20-40 fibras musculares se agrupan formando los haces primarios, éstos a su vez se agrupan en haces secundarios y terciarios. Estos haces están rodeados de tejido conjuntivo llamado epimisio. Cada músculo está rodeado a su vez por el perimisio (Forrest *et al.*, 1979).

Una célula muscular estriada esquelética puede medir desde pocos mm a cm, dependiendo del tamaño del músculo. Como toda célula, tiene membrana, citoplasma y núcleo. La membrana de una fibra muscular recibe el nombre de sarcolema. El citoplasma recibe el nombre de sarcoplasma, y en su interior existen multitud de elementos cilíndricos que se encuentran a lo largo de la fibra muscular y reciben el nombre de miofibras o miofibrillas que están compuestas fundamentalmente por dos proteínas: actina y miosina (Lomas, 2006). En el interior del sarcoplasma y cerca del sarcolema encontramos gran cantidad de núcleos de ubicación periférica.

Figura 4. Fibra Muscular Esquelética



Fuente: Lomas (2006).

Además del tejido muscular y conjuntivo, el músculo se compone de tejido adiposo, formado por un estroma que contiene a los adipocitos. En ellos se acumula grasa neutra, fosfolípidos y constituyentes insaponificables como el colesterol (Campo, 1999).

La grasa animal se compone de diferentes tipos de lípidos: triglicéridos, los más abundantes, fosfolípidos, esteroides y ésteres de esteroles. En la carne, los lípidos no sólo se encuentran en el tejido adiposo (subcutáneo e intermuscular), sino que también los encontramos en el tejido muscular (Love y Pearson, 1971).

Según Pearson y Young (1989) las fibras musculares se pueden clasificar por su rapidez de contracción y capacidad oxidativa y glucolítica (metabolismo energético) en:

Fibras lentas y oxidativas (I,  $\beta$ R, SO): forman parte de los músculos posturales responsables del mantenimiento de la postura corporal e implicados en movimientos repetitivos y lentos con menor gasto energético. Su color es oscuro, su tamaño pequeño y utilizan como fuente de energía la glucosa y la grasa de forma aeróbica.

Fibras rápidas oxidativas y glicolíticas (IIA,  $\alpha$ R, FOG): forman parte de los músculos de contracción rápida y glicolíticos responsables de los movimientos rápidos y que se relajan rápidamente al cesar el estímulo. Su tamaño es grande, su color claro y necesitan menos oxígeno que las anteriores para la producción de energía.

Fibras rápidas glicolíticas (IIB,  $\alpha$ W, FG): forman parte de músculos similares a los anteriores en cuanto a la velocidad de contracción, aunque con una velocidad de acortamiento más lenta. Su tamaño es grande y su color blanco.

En la Tabla 7 vemos de forma más detallada las características principales de los distintos tipos de fibras musculares.

Tabla 7. Características de los tipos de fibras musculares.

	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Color	Rojo	Rojo	Blanco
Velocidad de contracción	Lenta	Lenta	Rápida
Resistencia a la fatiga	Fuerte	Fuerte	Débil
Metabolismo energético	Oxidativo	Oxidativo-glicolítico	Glicolítico
Vascularización	Importante	Importante	Débil
Contenido en mioglobina	Alto	Alto	Débil
Disco Z	Grueso	Intermedio	Fino
Sección	Pequeña	Pequeña	Grande
Contenido lipídico	Elevado	Elevado	Débil
Contenido en glucógeno	Débil	Elevado	Elevado

Fuente: Asmore y Doerr, 1971.

Según la proporción de fibras que presente, el músculo puede dividirse en tres grupos. En el bovino, el tipo I puede estar representado por el *Masseter* y el *Supraespinosus*, el tipo II A por el *Longissimus dorsi* o el *Psoas major* y el tipo IIB por el *Tensor fasciae latae* o el *Gluteus medius* (Talmant *et al.*, 1986).

La carne de vacuno es la que presenta la mayor proporción de fibras de tipo I, lo que indica que sus músculos son más ricos en fibras oxidativas de contracción lenta que los de otras especies, aunque las fibras mayoritarias en la especie bovina son las de tipo II, que se reparten entre IIA y IIB, con un ligero predominio de las glucolíticas (Ashmore y Doerr, 1971; Peters *et al.*, 1972).

Otros factores que determinan la composición en fibras de un mismo músculo, además de la especie, son la raza y factores ambientales como la dieta y la actividad física (Maltín *et al.*, 1998; Petersen *et al.*, 1998; Oksbejerg *et al.*, 2000; Vestergaard *et al.*, 2000; Oliván *et al.*, 2004).

### 3.3.2. Las proteínas musculares.

Hay cinco tipos de proteínas musculares principalmente.

- a. Las proteínas miofibrilares representan entre un 55 y un 60% de las proteínas musculares totales. Se agrupan a su vez en contráctiles y proteínas reguladoras. Las contráctiles son la actina y la miosina. La actina es el principal componente de la banda I, mientras que la miosina se sitúa fundamentalmente en la banda A. Las reguladoras están asociadas a la actina o a la miosina formando con ellas los filamentos gruesos o finos, respectivamente. Las reguladoras asociadas a la actina son las proteínas C, I, F, M miomesina, M creatinquinasa y esquelamina. Las reguladoras asociadas a la miosina son las troponinas C, I, T, tropomiosina y paratropomiosina.
  
- b. Las proteínas del citoesqueleto tienen como función el soporte de la arquitectura miofibrilar. Entre ellas están las del disco Z, que están formadas por los filamentos longitudinales que a su vez los forman dos proteínas de peso molecular elevado, tinina y nebulina y los filamentos transversales. Estos últimos unen las miofibrillas entre sí o al sarcolema.
  
- c. Las proteínas sarcoplásmicas representan el 30-35% del total de las proteínas musculares. Intervienen a nivel del metabolismo de los músculos. Son fundamentalmente enzimas glicolíticas, en un 73%, y mioglobina.
  
- d. Las proteínas del estroma forman parte del tejido conjuntivo. Representan el 10-15% del total de proteínas musculares. Son insolubles cualquiera que sea la fuerza iónica del medio en el que se encuentren. El colágeno es la principal de este grupo, siendo una proteína fibrosa de estructura molecular compleja (Bailey, 1972). Las

fibras de colágeno están formadas por fibrillas de las cuales la molécula de tropocolágeno es la unidad básica. La hélice que forman tres de estas cadenas polipeptídicas alfa de tropocolágeno es la que da las características de rigidez y poca extensibilidad a la molécula de colágeno. En la Tabla 8 podemos ver los cinco tipos mayoritarios de colágeno.

- e. El epimisio contiene esencialmente colágeno tipo I, el perimisio de tipo I y III y el endomisio de tipo III, IV y V (Light y Champion, 1984).

Tabla 8. Tipos mayoritarios de colágeno.

Tipo	Fórmula molecular	Composición	Distribución tisular
I	$(\alpha 1)_2 \alpha 2$ cadenas de tipo I	Poca hidroxilisina, baja glicosilación, fibrillas anchas	Tendones, piel, huesos, ligamentos, córnea, órganos internos (90% del colágeno del organismo)
II	$(\alpha 1)_3$ cadenas de tipo II	Mucha hidroxilisina, alta glicosilación, fibrillas delgadas	Cartílago, humor vítreo del ojo, discos intervertebrales
III	$(\alpha 1)_3$ cadenas de tipo III	Mucha hidroxilisina, mucha hidroxiprolina, baja glicosilación.	Vasos sanguíneos, piel, órganos internos
IV	$(\alpha 1)_3$ cadenas de tipo IV	Mucha hidroxilisina, alta glicosilación	Lámina basal
V	$(\alpha 1)_2 \alpha 2$ cadenas de tipo V	Mucha hidroxilisina, alta glicosilación	Numerosos tejidos, pero en baja cantidad

Fuente: Rawn, 1989.

### 3.3.3. Otros componentes del músculo.

A pesar de que el contenido en glúcidos de los tejidos animales sólo representa el 1% del peso húmedo, juegan un papel fundamental en el metabolismo siendo muchas las moléculas que funcionan como componentes estructurales. Por ejemplo, la cantidad de glucógeno presente en el sacrificio y la velocidad de extensión de la glicolisis *post mortem*, afectan al color del músculo, a su textura, capacidad de retención de agua, capacidad emulsificante y a su vida útil (Prandl *et al.*, 1994). Además los proteoglicanos y los glucosaminoglucanos, que son glúcidos unidos a otras moléculas y que están asociados a la matriz extracelular del tejido conectivo, contribuyen indudablemente a la dureza de la carne (Merckel, 1994).

### 3.3.4. La contracción muscular.

La miofibrilla es una estructura contráctil que atraviesa las células del tejido muscular, y les da la propiedad de contracción y de elasticidad, la cual permite realizar los movimientos característicos del músculo.

Cada fibra muscular contiene varios cientos o millares de miofibrillas. Cada miofibrilla contiene miofilamentos con unos 1500 filamentos de miosina y 3000 filamentos de actina. Estas son moléculas de proteína polimerizadas, a las cuales les corresponde el papel de la contracción. La unidad anatómica y funcional del músculo es el sarcómero, compuesto principalmente por actina y miosina).

Las miofibrillas están suspendidas dentro de la fibra muscular en una matriz denominada sarcoplasma (Lizbeth, 2014).

La contracción del músculo consiste, básicamente, en el deslizamiento de los miofilamentos de actina sobre los miofilamentos de miosina.

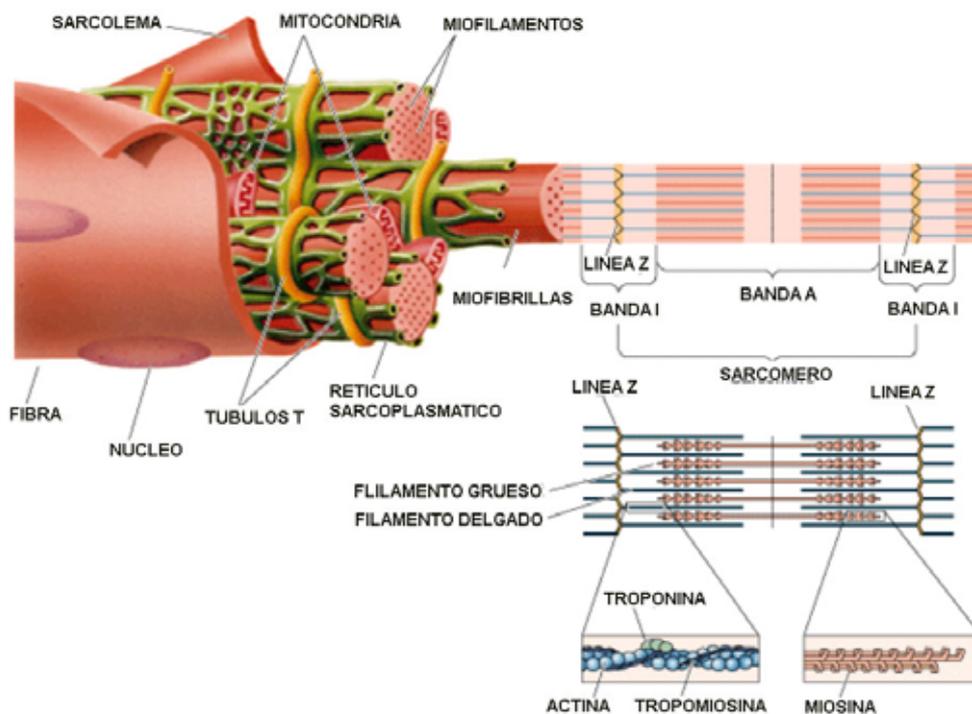
La fuerza de la contracción la proporciona el ATP (adenosin-trifosfato). El músculo fabrica ATP a partir de 2 sustancias: la creatina y la glucosa. La creatina está almacenada en el músculo en forma de fosfato de creatina

(fosfocreatina) y no requiere oxígeno para su utilización. Al combinarse con ADP (adenosinfosfato) se transforma en ATP. La glucosa sanguínea es aprovechada por el músculo en presencia de oxígeno. Este sistema lo utilizan las fibras de contracción lenta.

En condiciones anaeróbicas la glucosa, para ser utilizada, se transforma en ácido láctico. Este mecanismo lo usan las fibras de contracción rápida. (Toledo, 2008).

Figura 5. Organización de la fibra muscular.

### ORGANIZACIÓN DE LA FIBRA MUSCULAR



Fuente: magisnef.wordpress.com., 2007

### 3.4. Transformación del músculo en carne. Maduración de la carne.

Tras el sacrificio de los animales tiene lugar la transformación del músculo en carne. El músculo es un tejido vivo cuya actividad contráctil es regulada por el sistema nervioso. La contracción por el deslizamiento de filamentos ya no se

produce cuando el músculo deja de recibir oxígeno y carece de fuente energética (Swatland, 1991).

El proceso de conversión del músculo en carne se divide en tres fases, que van a afectar sus propiedades, sobre todo la textura.

En la primera, aún está funcionando el sistema nervioso y dura de 20 a 30 minutos.

La segunda fase es el *rigor mortis*. En esta fase el músculo está contraído por el descenso en la disponibilidad de ATP. Pierde su elasticidad.

En la tercera fase el músculo ya está maduro. El músculo se extiende hasta alcanzar la misma extensión que en el pre-rigor pero ya no es reversible.

En el proceso de maduración *post mortem*, juegan un papel básico la degradación de las proteínas miofibrilares por acción enzimática. Los estudios se centran en dos grupos de proteasas endógenas: las catepsinas y las calpaínas (Shackelford *et al.*, 1991; Koohmaraine, 1992). También existe un complejo multicatalítico (Rivett, 1989) que no parece ser el responsable directo de la tenderización de la carne (Koohmaraie, 1996) aunque participa en ella.

Las calpaínas son cisteín proteasas dependientes de  $Ca_2^+$ . Este sistema consta de tres componentes:  $\mu$ -calpaína o calpaína I, m-calpaína o calpaína II y calpastina. Dado que la  $\mu$ -calpaína se activa rápidamente después del sacrificio, antes de la caída del pH, muchos autores la implican directamente con la maduración (Koohmaraie *et al.*, 1987).

Las catepsinas son proteinasas que forman parte del retículo sarcoplasmático lisosomal (Goll *et al.*, 1983), contribuyendo a la degradación miofibrilar durante la instauración del *rigor mortis*, liberándose de los lisosomas por el fallo de las bombas de iones de las membranas y ejerciendo así su acción.

Aunque hay autores que hablan de la acción sinérgica de ambos sistemas (Valin y Ouali, 1992; Roncalés *et al.*, 1995), el sistema de las calpaínas parece el mejor candidato para explicar la mayor parte del ablandamiento *post mortem* y las catepsinas tendrían un papel más limitado

(Jonson *et al.*, 1990; Koohmaraie, 1994; Roncalés *et al.*, 1995; Hopkins y Thompson, 2001)

La  $\mu$ -calpaína es considerada la máxima responsable en los procesos enzimáticos de tenderización, ya que en la maduración *post mortem* se ha visto un descenso en la concentración de  $\mu$ -calpaína mientras que el nivel de la *m*-calpaína permanece constante (Koohmaraie *et al.*, 1987). La  $\mu$ -calpaína ejerce su acción sobre las líneas Z y degrada proteínas del citoesqueleto como la desmina (O'Shea *et al.*, 1979; Lazarides, 1980). Sin embargo, otros estudios suponen una acción temprana en la maduración por parte de la  $\mu$ -calpaína, y una activación parcial de la *m* calpaína que contribuiría a la tenderización en periodos más largos de la maduración (Dransfield, 1993).

El sistema calpaínico no se puede considerar el único responsable de la tenderización, puesto que no reproduce totalmente a nivel experimental todos los cambios bioquímicos que experimenta el músculo a lo largo de la maduración (Ouali, 1992).

Las calpaínas son responsables de los cambios producidos en las primeras 48 horas tras el sacrificio y las catepsinas de los producidos a lo largo de la maduración (Kim *et al.*, 1995).

La magnitud de la proteólisis postmortem depende de: temperatura de almacenamiento, susceptibilidad de las proteínas miofibrilares a la hidrólisis, tipo de músculo, contenido de las proteasas y su actividad. Es por ello que los músculos glicolíticos de contracción rápida maduran más rápidamente que los rojos oxidativos de contracción lenta (Ouali, 1990).

La dureza de la carne disminuye conforme avanza la maduración, aunque al principio se incrementa hasta que se completa el *rigor mortis*. La velocidad de ablandamiento varía con la especie. La carne de vacuno es de las más lentas en madurar, y es un proceso exponencial, de manera que la mayor parte de la mejora ocurre al principio y va disminuyendo con el tiempo. Las enzimas proteolíticas son responsables en gran medida de este proceso (Dransfield, 1994; Koohmarie, 1996).

La maduración de la carne produce un ligero incremento del pH y de la capacidad de retención del agua, debido a que la degradación de las proteínas

dan lugar a péptidos, aminoácidos y a la liberación de iones sodio y calcio por parte del retículo sarcoplasmático. Además durante el almacenamiento de la carne ocurren otras modificaciones como la oxidación de los lípidos intramusculares y de la mioglobina, que afectan al color, flavor y a su capacidad de conservación (Molinero *et al.*, 2005).

A parte de los mecanismos enzimáticos de tenderización antes descritos, están los mecanismos físico-químicos. El pH y velocidad de caída afectan a la terneza de la carne y a otras propiedades como el color o la capacidad de retención de agua. La tasa glucolítica del músculo y osmolaridad, también afectarán a dichas características (Winger y Pope, 1980-81).

La tenderización se produce en dos fases. Una más rápida por el debilitamiento de las miofibrillas y una segunda más lenta debida al debilitamiento de la estructura conectiva, endomisio y perimisio (Takahashi, 1996). Los cambios *post mortem* en la estructura miofibrilar, son por debilitamiento de la línea Z y de los enlaces actina miosina. La línea Z conecta sarcómeros entre sí y posee una estructura bastante fuerte para transmitir la tensión desarrollada en la interacción entre los filamentos finos y gruesos. Durante la maduración, las líneas Z se debilitan y las miofibrillas tienden a romperse en fragmentos de 1-4 sarcómeros (Takahashi *et al.*, 1967). Este proceso es Calcio dependiente, siendo mínima la fragmentación a pH=6.5, pero aumentando a pH neutro o inferior a 6.1 (Takahashi, 1996). Este debilitamiento puede estar inducido por la liberación de fosfolípidos y ácidos grasos en respuesta a las variaciones en la concentración de  $Ca^{2+}$ , pH y temperatura. Puesto que el  $Ca^{2+}$  se une a los fosfolípidos y ácidos grasos, quizás debilite las uniones de las líneas-Z por unirse a componentes de las mismas provocando su debilitamiento. La restauración de la longitud de los sarcómeros indica que los enlaces entre actina-miosina en rigor se han debilitado.

La segunda etapa en la tenderización es más lenta y es debida al debilitamiento de la estructura conectiva. La conectina une el filamento grueso a la línea Z en el sarcómero, siendo la responsable de la tensión pasiva, situando los filamentos gruesos dentro de cada sarcómero. La conectina pierde su elasticidad en los procesos *post mortem* y se convierte en plástica, esto está relacionado directamente con la tenderización de la carne. La rotura de los

filamentos de conectina ocurre durante la maduración en la banda I. Esta degradación varía con la especie. En bovino desaparece a los diez días y en los pollos en un día, dependiendo de la concentración de  $Ca^{2+}$ . La nebulina también desaparece durante la maduración de la carne (Tatsumi y Takahashi, 1992), está localizada entre la línea Z y el final de los filamentos finos. La fragmentación de la nebulina puede desestabilizar la organización de dichos filamentos y contribuir a la tenderización. Por último, la desmina forma filamentos rodeando cada línea Z y extendiéndose entre líneas Z de miofibrillas adyacentes. La desmina también desaparece a lo largo de la maduración (Young *et al.*, 1980-81), en vacuno entre un 70-80% a los 14 días.

### **3.5. Factores que afectan la calidad de la carne.**

La Norma ISO 5420 (1994) define calidad como “conjunto de características de un producto o servicio creado según las necesidades del consumidor”.

Los atributos que definen la calidad son numerosos y en algunos casos complejos, además existen interacciones entre ellos, lo que dificulta su clasificación (García Faure, 1998).

La calidad de la carne fue definida en 1973 como la suma de todas las propiedades sensoriales, nutritivas, higiénicas, toxicológicas y tecnológicas de la carne (Hofmann, 1973), tomando el término suma como “conjunto”.

Para Buxadé (1997) las características fundamentales que definen la calidad de la carne son:

- Calidad higiénica o ausencia absoluta de riesgos para el consumidor.
- Calidad nutricional.
- Calidad tecnológica o aptitud para seguir un proceso industria.
- Calidad de servicio, como facilidad de uso, preparación, conservación, coste.

La calidad organoléptica engloba la jugosidad, sabor, olor, color y textura. La ternura es probablemente el atributo organoléptico más importante

para los consumidores y también probablemente es el más variable (Zamora *et al.*, 1996).

La calidad de la carne varía, entre otros con los siguientes factores pre-sacrificio: raza, alimentación, edad, peso vivo y factores ambientales.

### 3.5.1. Raza.

Tiene un efecto claro sobre la calidad (Sañudo *et al.*, 1997, 1998 a, b, 1999; Albertí *et al.*, 1998). Espejo *et al.* (1998) señalaron que la carne de los animales procedentes de cruce industrial con razas cárnicas es más tierna que la de los animales de tipo rústico criados en pureza. La carne de animales obtenidos mediante cruce con Brahman (*Bos Indicus*) es más dura que la de los animales de la especie *Bos Taurus* (Wheeler *et al.*, 1990). Según Shackelford *et al.* (1991) esto es debido a un incremento en la actividad de la calpastina.

La raza además afecta a las características de peso, conformación, estado de engrasamiento y composición física de la canal (Cabrero, 1991).

Jeremiah y Martín (1982) encontraron un efecto de la raza sobre el contenido y solubilidad del tejido conjuntivo.

En los trabajos de Campo *et al.* (1999c) en terneros añojos españoles, pueden encontrarse diferencias entre razas en las características texturales, tanto con la célula de Warner-Bratzler como en los ensayos de compresión sobre carne cruda. Este efecto de la base genética fue también apuntado por Destefanis *et al.* (1996), que encontraron que la raza Blanca Azul Belga y la raza Piamontesa presentaban diferencias en la fuerza de cizalla, en las pérdidas por cocinado y en el análisis sensorial, obteniendo la raza Blanca Azul Belga obtuvo mayores notas de terniza y jugosidad.

### 3.5.2. Alimentación.

La dieta puede actuar sobre las características del colágeno intramuscular (Damergi *et al.*, 1998), pero existe una gran confusión al respecto e, incluso, resultados contradictorios. Por un lado, pueden compararse dietas de diferente composición y en este sentido, Maltin *et al.* (1998) encontraron que los animales alimentados con ensilado presentaban un mayor contenido en colágeno que los alimentados a base de concentrado, aunque la solubilidad no se veía afectada por la dieta. Pero, por otra parte, también pueden compararse dietas que sólo difieren en su nivel energético y, en este sentido, los trabajos de Crouse *et al.* (1985) entrarían en conflicto con las conclusiones de Bosselman *et al.* (1995), ya que los primeros no encontraron diferencias ni en el contenido en colágeno total, ni en la cantidad de colágeno insoluble en función de la energía de la ración, observando tan sólo una tendencia a que los animales alimentados con una dieta baja en energía presentasen menores contenidos de colágeno soluble, mientras que según los segundos, el contenido en piridinolinas es menor en los animales alimentados con una ración baja en energía, lo que equivaldría a señalar que el colágeno de estos animales estaría menos entrecruzado y, por lo tanto, sería más soluble que el de los animales alimentados con una dieta rica en energía.

Estas incoherencias quedan muchas veces explicadas si se atiende al hecho de que la mayoría de los experimentos en los que se incluye la dieta son ensayos multifactoriales, en los que se suelen contemplar también otros efectos, como la raza, el sexo, o el peso y, como señalan Crouse *et al.* (1985), en estas condiciones es probable que la dieta sea menos importante que otros de los factores estudiados.

### 3.5.3. Edad.

La edad cronológica está ligada significativamente y negativamente a la terneza (Rosset *et al.* 1984; Shorthose y Harris, 1990). Las causas son varias: por un lado, al aumentar la edad de los animales aumenta el diámetro de la

fibra muscular, es decir, el “grano” se vuelve más basto (Wegner *et al.*, 1997). Igualmente, aumenta la fuerza del tejido conjuntivo (Shorhose y Harris, 1990) y, por último, los animales jóvenes tienen más fibras rojas que los adultos (Nicastro y Maiorano, 1994) y las fibras rojas se relacionan positivamente con la terneza mientras que las blancas lo hacen inversamente.

Por otro lado, hay estudios que señalan una correlación positiva entre edad y terneza, posiblemente por un mayor desarrollo de su equipo enzimático.

Estos diferentes resultados hacen que no haya una relación clara.

Además, la edad influye en la deposición de grasa en la canal, aumentando tanto la cantidad de ésta como su amarilleamiento con la misma (Boccard *et al.*, 1964; Boccard *et al.*, 1976).

García de Siles *et al.* (1982) no encontraron diferencias en características organolépticas como terneza, jugosidad o flavor en carne procedente de machos y hembras sacrificados con diferentes edades (376 a 400 días versus más de 501 días).

### 3.5.4. Peso Vivo.

Las relaciones entre peso y calidad de la carne no son claras (Renand, 1988). Para algunos investigadores (Boccard y Bordes, 1986) no existen diferencias en terneza entre animales de 200 ó 350 Kg, pero Macie *et al.* (2000), trabajando con razas españolas, encontraron que los animales ligeros (300 Kg) presentaban una carne sensorialmente más dura que los animales de mayor peso (550 Kg). Según Bondesan *et al.* (1998) los valores de fuerza de cizalla son altos en las canales ligeras (menos de 460 Kg), descienden en la categoría media (canales de 451-516 Kg) y luego vuelven a aumentar (canales de más de 517 Kg).

Culer *et al.* (1978) describieron que no existe correlación entre el peso vivo y la cantidad o solubilidad del colágeno pero si encontraron una relación positiva entre conformación y porcentaje de solubilidad ( $r=0,66$ ,  $p< 0,05$ )

### 3.5.5. Factores Ambientales.

Dentro de los factores ambientales que influyen en la calidad de la carne tenemos el tipo de alojamiento y el estrés previo al sacrificio.

La cantidad de colágeno es mayor en la carne de los animales criados en un alojamiento amplio (6.5m<sup>2</sup> vs 1.8m<sup>2</sup>), pero la solubilidad no se ve afectada. El alojamiento influye también sobre la cantidad de grasa de la canal (mayor cuanto menor es el espacio disponible) y sobre el porcentaje de fibras rápidas de metabolismo intermedio (mayor en alojamientos amplios) y rápidas de metabolismo glucolítico (mayor en alojamientos reducidos) (Jurie *et al.*, 1998).

Durante el transporte y manipulación habituales en el matadero, los bovinos sufren un estrés que puede provocar una movilización de sus reservas energéticas, lo que se traduciría en una caída de la tasa de glucógeno y en la aparición de un pH final elevado. Las consecuencias tecnológicas de un pH elevado son importantes, se reduce la vida de la carne y se altera el color, así como el flavor en casos extremos (Grajales, 1999).

## **3.6. Evaluación de la calidad de la carne.**

### 3.6.1. Análisis instrumental.

Está determinado por una serie características medibles mediante diversos instrumentos y procedimientos. Algunos de estos parámetros pueden variar según el músculo que se utilice. Por ello se propone que, tanto para el ganado vacuno como ovino, la media canal de elección donde se realicen todos los análisis sea la media canal izquierda y, dentro de ella, el músculo *Longissimus thoracis et lumborum*, que se extraerá preferiblemente a las 24 horas tras el sacrificio (Sañudo *et al.*, 2000). Para minimizar esta variabilidad, Sañudo *et al.* (2005) proponen una metodología para estandarizar el lugar donde se extraen las muestras.

a. pH.

Es una característica química cuya evolución *post mortem* influye en los procesos de maduración de la carne. Además es uno de los principales indicadores de calidad, ya que está relacionado con los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne, e influye directamente en las características físico-químicas de ésta (Tarrant y Sherinton, 1980; Orcutt *et al.*, 1984; Osoro *et al.*, 1995; Barriada, 1995; Beltrán *et al.*, 1997).

El pH en el músculo vivo tiene un valor entre 7.08 y 7.3. En el caso de los bóvidos, el pH inicial del músculo *Longissimus thoracis* es de 7.08, y generalmente alcanza valores de 5.4-5.8 a las 48 horas *post mortem* (Pearson y Young, 1989). Valores fuera de ese rango indican una posible merma de las cualidades de la carne en lo que a la calidad se refiere. Por otra parte, existe una cierta tendencia a tener valores más bajos a mayor edad de los animales, en la especie ovina (Sañudo y Sierra, 1982).

Al sacrificar el animal se produce un cese de aporte de oxígeno y nutrientes a los músculos. El músculo continúa su actividad usando sus reservas de energía en forma de glucógeno para sintetizar ATP a través de la glucólisis anaerobia. Conforme se van reduciendo los niveles de ATP se genera fosfato inorgánico que estimula la degradación de glucógeno a ácido láctico. Así se van incrementando los niveles de ácido láctico en el músculo lo que hace que el pH vaya disminuyendo hasta que se agoten las reservas de glucógeno o se inactivan las enzimas que rigen el metabolismo muscular (Beriaín y Lizaso, 1998). El ácido en el músculo se va acumulando, y el retículo sarcoplásmico ya no tiene posibilidad de controlar los niveles de  $Ca^{+2}$  por el deterioro de sus sistemas regeneradores de energía en anaerobiosis (Olsson *et al.*, 1994). En este momento se mantienen los enlaces entre los filamentos finos y gruesos, puesto que el ATP juega un papel importante en la relajación (Ouali, 1991), y el músculo empieza a manifestarse rígido (Bendall, 1979).

El pH último es inversamente proporcional a la tasa de glucógeno en el músculo en el momento del sacrificio (Monin, 1991).

El *rigor mortis* comienza tras el sacrificio del animal y en condiciones normales el tiempo necesario para alcanzarlo en vacuno oscila entre 15 y 30 horas, aunque a efectos prácticos se considera que la carne ha alcanzado el rigor mortis a las 24 horas *post mortem* (Roncalés, 2001).

La caída del pH también depende del tipo de fibras musculares predominantes en un músculo dado. Así, los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas), al tener mayor contenido de glucógeno que los músculos con predominio de fibras de contracción lenta (rojas), alcanzan valores finales de pH menores (5.5-5.6 vs. 5.6-5.8) (Ordoñez *et al.*, 1998; Roncalés, 2001).

En los bovinos, un estrés previo al sacrificio puede causar un pH final elevado en la carne por un agotamiento de las reservas de glucógeno que limitaría la producción de lactato post mortem. Este tipo de carnes son conocidas como DFD (dry, firm and dark), y parecen deberse a una interacción entre la hipersecreción de catecolaminas y una oxigenación insuficiente a nivel celular (Monin, 1991).

Los medidores de pH constan de un electrodo combinado y de un instrumento de medida. El electrodo generalmente está constituido por cuatro elementos básicos: un sistema de referencia, una membrana de vidrio, un diafragma y un electrodo indicador. Las medidas de pH en la canal se suelen realizar por duplicado a las 24 horas *post mortem* en el músculo *Longissimus dorsi* de la media canal izquierda, entre la cuarta y quinta vértebra lumbar.

Cuando las medidas se realicen sobre otros músculos u homogeneizados de carne, también se tomarán por duplicado (Cañeque y Sañudo, 2005).

#### b. Textura.

La textura es una propiedad que engloba el atributo de ternura o su inverso, la dureza (Chrystall, 1999). Es un indicador más de la calidad de la carne. Incluso se ha llegado a demostrar que los consumidores consideran la

terneza como el componente más importante de la calidad (Koochmaraie et al., 2005).

En 1963, la textura fue definida por Szczesniak como “la manifestación sensorial de la estructura del alimento y la forma de reaccionar de éste frente a la aplicación de fuerzas”.

Según Lawrie (1991), la sensación de terneza al paladar durante la masticación se debe a la facilidad o dificultad de la penetración de los dientes y de la fragmentación del alimento en cuestión, así como a la cantidad de residuo generado al término de la masticación.

En los animales, el sexo puede ser un factor diferenciador de las propiedades texturales de la carne ya que, sin diferencias de edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos, y los machos castrados son más tiernos que los enteros (Field, 1971; Misock *et al.*, 1976; Touraille y Girard, 1985). No obstante, algunos autores contradicen estos resultados y, en estudios realizados en animales jóvenes, no encontraron diferencias significativas entre machos y hembras en ovino (Sañudo *et al.*, 1986; López, 1987).

El método mecanísitico más ampliamente utilizado para determinar la textura es el de Warner-Bratzler, seguido de la pruebas de compresión y ensayos de tensión (Lepetit y Culioli, 1994).

El método de Warner-Bratzler (método de corte o cizalla) mide la fuerza necesaria para cortar un cilindro de carne de una pulgada de diámetro con una cuchilla de borde romo y un corte triangular en el centro (Figura 6). Cuanto mayor es la fuerza utilizada, más dura es la carne (Szczesniak y Torgeson, 1965).

Hay muchos factores que deben ser considerados para obtener una medida exacta. Los más importantes son: temperatura de cocinado, uniformidad de la muestra, dirección de las fibras musculares, cantidad y distribución del tejido conjuntivo, materia grasa, temperatura de la muestra y la velocidad de la célula Warner-Bratzler (Warner-Bratzler, 1949).

La configuración más comúnmente utilizada es aquella en la que el corte de la cizalla es perpendicular a las fibras musculares. Bouton y Harris (1972) y

Cross *et al.* (1973) comprobaron que la fuerza máxima obtenida de esta forma está muy relacionada con el componente miofibrilar de la carne. Salé (1971) sostuvo que cuando las miofibrillas están rígidas hay una participación del tejido conectivo. La energía necesaria para alcanzar la ruptura disminuye con la maduración, pero depende del contenido de colágeno (Kopp y Bonnet, 1982).

Figura 6. Instrumento de medida de la textura de la carne.



Universidad de Córdoba (Departamento de Producción Animal)

Los test de compresión, denominados test masticadores, se utilizan para estudiar las propiedades mecánicas de la carne durante la maduración y se basan en aplicar fuerzas, con instrumentos de superficies de compresión en tres configuraciones. La longitudinal, cuya fuerza se aplica perpendicularmente a la dirección de las fibras musculares y la deformación de la muestra se produce paralelamente a dicho eje. La transversal, cuya fuerza se aplica también perpendicularmente a la dirección de las fibras musculares, pero la deformación es perpendicular a dicho eje. Por último, la axial, cuya fuerza se aplica paralelamente a la dirección de las fibras musculares y la deformación es perpendicular a su dirección (Lepetit y Culioli, 1994).

Es posible un análisis selectivo, determinando la tensión máxima alcanzada durante la compresión y el factor de elasticidad. También es posible disociar el comportamiento de la estructura miofibrilar de la del tejido conectivo utilizando una tasa de baja compresión (20%), que reflejaría las modificaciones que ocurren en la estructura miofibrilar (Salé *et al.*, 1984; Lepetit *et al.*, 1986). Las tasas de compresión altas (80%) medirían la resistencia ofrecida por el tejido conectivo (Lepetit y Culioli, 1994).

### c. Color.

El color es el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos (CIE, 1978). Es una de las características más importantes de la carne ya que es el primer criterio que utiliza el consumidor para evaluar su calidad en el momento de la compra.

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, Commission Internationale de l'Éclairage) establece en sus documentos de estandarización (CIE, 1986; CIE, 1987) que la medida del color o colorimetría es la ciencia que se encarga de especificar con magnitudes físicas la banda espectral de la potencia radiante a la que es sensible el Sistema Visual Humano (SVH).

El sistema de representación del color más utilizado es el CIE  $L^* a^* b^*$  (CIE, 1986). Este sistema emplea las coordenadas tricromáticas  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (índice de rojo) y  $b^*$  (índice de amarillo). A partir de relaciones entre ellas se obtienen las coordenadas colorimétricas, la intensidad de color o saturación y el tono. Este modelo de color es tridimensional.

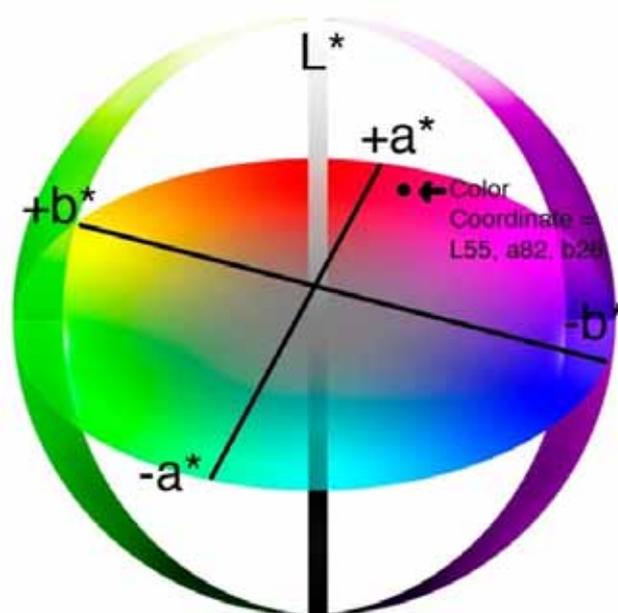
-Coordenada  $L^*$  o índice de luminosidad. Se representa en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco). En el 0 toda la luz es absorbida, negro. En el 100, toda la luz es reflejada, blanco. La coordenada  $L^*$  es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (Murray, 1989). La luminosidad depende de varios factores como el pH, la capacidad de retención de agua, la humedad, la integridad de la estructura muscular y el contenido en grasa. A mayor contenido en grasa mayores valores de  $L^*$  (Pérez Álvarez *et al.*, 1998). El índice de

luminosidad también depende, aunque en menor medida, del grado de oxidación de los hemopigmentos (Palombo y Wijngaards, 1990; Sayas, 1997).

-Coordenada  $a^*$  o índice de rojo. Oscila entre +60 (rojo) a -60 (verde). Está relacionada con el contenido de mioglobina (Pérez-Álvarez *et al.*, 1998).

-Coordenada  $b^*$  o índice de amarillo. Varía entre +60 (amarillo) y -60 (azul). Está relacionada con los distintos estados de la mioglobina (Pérez-Álvarez *et al.*, 1998).

Figura 7. Representación gráfica de las coordenadas de color.



Fuente: Molina et al., 2010

La mioglobina es la principal proteína responsable del color de la carne de vacuno. Otras proteínas como la hemoglobina y el citocromo C también pueden influir (Mancini y Hunt, 2005).

En base a estas coordenadas, el color se puede definir mediante tres atributos:

-Luminosidad o claridad, que es función del estado físico de la superficie de la carne. Se corresponde con  $L^*$ .

-Tonalidad o tono ( $H^\circ$ , hue en inglés), es definida por el estado químico del pigmento (mioglobina, oximioglobina o metamioglobina). Para la CIE sería el atributo de la sensación visual según el cual el estímulo aparece similar a uno de los colores percibidos rojo, amarillo, verde o azul o a ciertas proporciones de dos de ellos. Se calcularía transformando las coordenadas cartesianas  $a^*$  y  $b^*$  en coordenadas polares mediante la siguiente expresión:

$$H^\circ = \arctan (b^*/a^*) \text{ (de 0 a 360 grados).}$$

-Saturación ( $C^*$ , chroma en inglés), viene definida por la cantidad de mioglobina. Da la sensación de colores vivos o apagados. Para la CIE es el colorido del estímulo juzgado en proporción a la luminosidad de otro estímulo que aparece como blanco o transparente. Se calcularía mediante la siguiente expresión:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Los factores que influyen en el color de la carne se pueden clasificar en factores biológicos, bioquímicos, extrínsecos y tecnológicos.

-Factores biológicos: tipo de músculo (Monin, 1989), raza (Boccard y Bordes, 1986; Sañudo *et al.*, 1992), edad (Sierra, 1974) y sexo (Renerre, 1986).

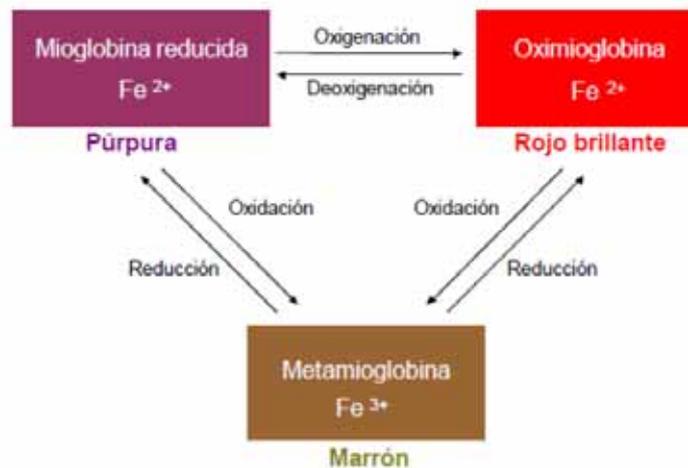
-Factores bioquímicos: tasa de consumo de oxígeno, oxidación de la mioglobina y reducción enzimática de la metamioglobina (Lawrie, 1983; Ledward, 1984).

Durante el periodo de maduración el color de la carne fresca sufre una serie de modificaciones determinadas fundamentalmente por la concentración y proporción de cada una de las formas químicas de la mioglobina: mioglobina reducida, oximioglobina y metamioglobina.

La mioglobina es una proteína globular monomérica que posee un grupo prostético hémico que es el responsable de la unión del oxígeno y, por lo tanto, de conferir a la proteína un color rojo o marrón. Este grupo hémico está constituido, a su vez, por cuatro núcleos pirrólicos, coordinados con un átomo central de hierro. El anillo tetrapirrólico ocupa cuatro de los seis enlaces de unión del hierro, mientras que el quinto está unido a un residuo imidazólico de

la estructura proteica. El sexto enlace restante es susceptible de unirse a un grupo limitado de ligandos, incluyendo el oxígeno (Hood, 1984).

Figura 8. Esquema de los distintos estados de óxido-reducción de la mioglobina de la carne fresca



Fuente: Catalán, 2.011, adaptado de López *et al.* (2001).

La molécula de mioglobina en el interior del músculo se encuentra en su forma reducida, ya que posee un átomo de hierro (grupo hemo) en ese estado y no se encuentra unida al oxígeno. Este estado de la mioglobina se caracteriza por presentar un color púrpura y es característica de la carne envasada al vacío, donde el oxígeno no ha tenido oportunidad de unirse al grupo hemo. También aparece en el interior de las piezas de carne, ya que el oxígeno no puede acceder hasta esta parte.

Cuando la carne entra en contacto con el aire, la mioglobina se combina con el oxígeno para dar lugar a la aparición de oximioglobina, responsable del color rojo brillante deseado por el consumidor. La oximioglobina se suele formar en la capa más superficial del músculo, que es la que se encuentra en contacto con el oxígeno. No obstante, hay que destacar que la oximioglobina responsable de la apariencia externa de la carne es poco estable ya que su exposición prolongada da lugar a la oxidación del átomo de hierro, que pierde

la capacidad de unirse con el oxígeno. Esto tiene como consecuencia la formación de la metamioglobina, que confiere a la carne un color marrón (López *et al.*, 2001; Warriss, 2004).

La proporción de metamioglobina en la superficie de la carne fresca es un factor limitante para la industria cárnica, ya que cuando supera un determinado porcentaje sobre el total de los pigmentos hemínicos (del 30 al 40%) su apariencia provoca un rechazo en el momento de la compra (Greene *et al.*, 1971; Carpenter *et al.*, 2001).

Estas variaciones de los procesos de óxido-reducción de la mioglobina, a lo largo del proceso de maduración de la carne, también se reflejan en los valores de las coordenadas L\*, a\* y b\*.

-Factores extrínsecos: como el sistema de alimentación (Rhodes, 1971; Sañudo *et al.*, 1989; Lapière *et al.*, 1990), y el estrés antes del sacrificio. Los animales alimentados con raciones de elevada concentración energética (ricas en cereales), tienen en parte un mayor engrasamiento de la canal y de la carne, por lo tanto presentan una carne más luminosa. Los animales a los que se les suministran raciones con elevada proporción de forraje presentan canales con menor grasa intramuscular y en consecuencia un color muscular más oscuro (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997).

-Factores físico químicos o tecnológicos: los más destacados son el pH (Faustman *et al.*, 1990), la temperatura (Renerre, 1987), la estimulación eléctrica de las canales (Riley *et al.*, 1980; Moore y Young, 1991; Powel, 1991) o la conservación (Moore, 1990).

#### d. Infiltración grasa de la carne.

Es uno de los principales parámetros para medir su calidad, ya que influye directamente en sus características organolépticas (Piñeira *et al.*, 2012).

La infiltración grasa o marmóreo de la carne es la cantidad de grasa intramuscular presente a modo de franjas blancas entre las fibras musculares (Barton Gade *et al.*, 1998). Actualmente existen estudios que señalan que la

heredabilidad del marmóreo fluctúa entre moderada a alta (Harper y Pethick, 2001) y que su expresión a nivel fenotípico presenta diferencias significativas entre razas. Por ejemplo, se ha observado que las razas lecheras (Holstein, Jersey) muestran puntajes más altos de marmóreo que las razas británicas (Angus, Hereford, Shorthorn), las cuales, a su vez, muestran mayores puntajes que las francesas (Limusina, Charolesa) y otras como la Fleckvieh. Todas ellas muestran mayores niveles que las razas cebuinas, independientemente de la edad y el tipo de alimentación (Harper y Pethick, 2001).

Hay distintos métodos para medir la cantidad de grasa intramuscular. Tanto métodos físicos (disección) como otros que permiten predecir *in vivo* el marmóreo (ecografía). Por otro lado, existen en estudio marcadores genéticos que podrían predecir también esta calidad. La genética ha dedicado un continuo esfuerzo a la obtención, a partir de la información fenotípica de un individuo y de sus parientes, de un predictor del valor genético, que se libere de los factores ambientales y posea propiedades estadísticas óptimas (Buxadé, 1995).

Animales alimentados bajo distintos sistemas de producción ofrecen carnes con diferentes características de calidad en relación, principalmente, al color de la grasa subcutánea, al grado de terminación y a los atributos sensoriales (Priolo *et al.*, 2001).

Numerosos estudios, por otra parte, han demostrado que diferentes condiciones nutricionales pueden cambiar la proporción relativa de los ácidos grasos, el nivel de PUFA y la relación n6/n3 en las carnes bovinas (Banskalieva *et al.*, 2000).

e. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Podemos definir la CRA como la aptitud de la carne para retener el agua de constitución y/o agua añadida (Honiquel y Ham, 1994).

El tejido muscular de los mamíferos recién sacrificados contiene un 75% de agua, porcentaje que depende del tipo de músculo y de la especie

(Lawrence y Fowler, 1997; Lawrie, 1998). Este contenido en agua es inversamente proporcional al contenido adiposo, y a la vez, aumentaría con la velocidad de contracción del músculo (Ouali *et al.*, 1988).

El agua se localiza de tres formas diferentes en el músculo: libre (90-95%), ligada a las proteínas (5-10%) y en el interior de los orgánulos (0.1%) (Honikel y Hamm, 1994; Wismer Pedersen, 1994). Conforme desciende el pH durante la evolución del rigor, el poder de retención de agua por parte del músculo desciende (Campo, 1999). Durante el enfriamiento de las canales, el % de agua disminuye también debido a pérdidas por evaporación y por goteo, como consecuencia de la disección de los tejidos (Catalán, 2001).

Existen diversos factores que condicionan la CRA en el ganado vacuno. Así, este valor disminuye con la edad (Wismer-Pedersen, 1994), y en ganado ovino se produce un fenómeno similar debido a la mayor velocidad de caída del pH *post mortem* (Hamm, 1981; Sañudo y Sierra, 1982). Algunos autores han encontrado diferencias entre razas (Albertí *et al.*, 1995), presentando las razas con mayor ganancia media diaria menor CRA, mayor dureza a tiempos de maduración cortos y menor engrasamiento.

Estas pérdidas de agua son importantes no sólo desde un punto de vista económico (pérdida de peso de la carne fresca) y tecnológico (carnes con baja CRA tendrán mayores pérdidas durante el almacenaje, mientras que aquéllas con alta CRA se caracterizarán por un “hinchamiento”), sino también desde la perspectiva de la calidad de la carne a la hora de su consumo, ya que del agua dependen aspectos tan importantes como la apariencia, jugosidad y dureza durante la masticación (Offer y Knight, 1988).

Existen varias técnicas para calcular la CRA en una muestra de carne.

-Pérdidas por goteo. Consiste en determinar la cantidad de agua que exuda la carne sin aplicar fuerzas externas, por gravedad. Se determinan por la diferencia entre el peso inicial y el peso final. El agua perdida procede exclusivamente del espacio extracelular. La muestra se coloca sobre una malla, evitando el contacto con el agua liberada, la malla está en un recipiente herméticamente cerrado, que se mantiene 24h en una cámara frigorífica a

temperatura constante. El agua liberada se determina midiendo el peso que ha perdido la muestra (Pla, 2000).

-Jugo exprimible. Para medirlo se aplica una fuerza externa que puede ser por compresión, centrifugación o succión. La fuerza aplicada provoca la liberación del fluido desde los espacios intracelular y extracelular. El método más comúnmente usado es el de compresión entre papeles de filtro (Grau y Hamm, 1953), asumido en diversas modificaciones (Sierra, 1973) y revisiones (Hamm, 1986).

-Pérdidas por cocción. Se determinan los fluidos liberados tras calentar la carne, sin aplicar fuerzas externas. Existen diferentes métodos para su medición que difieren principalmente en la temperatura y en el tiempo de cocinado, y en los que se registran pérdidas de hasta un 40% (Offer y King, 1988). El líquido liberado procede de los espacios extracelulares e intracelulares.

-Determinación de pérdidas por descongelación. Es el agua exudada tras el proceso de congelación y descongelación, sin aplicar fuerzas externas.

La procedencia del agua liberada es diferente según el método a seguir, de forma que los resultados obtenidos a partir de los métodos descritos no son comparables entre sí. Además, la cantidad de agua liberada depende también del periodo *post mortem*. En la misma pieza de carne tras 24 horas *post mortem* puede haber un 3% de pérdidas por goteo, un 25-35% de pérdidas por cocción y hasta un 40% de pérdidas por presión (Honikel y Hamm, 1999).

### 3.6.2. Evaluación sensorial de la carne.

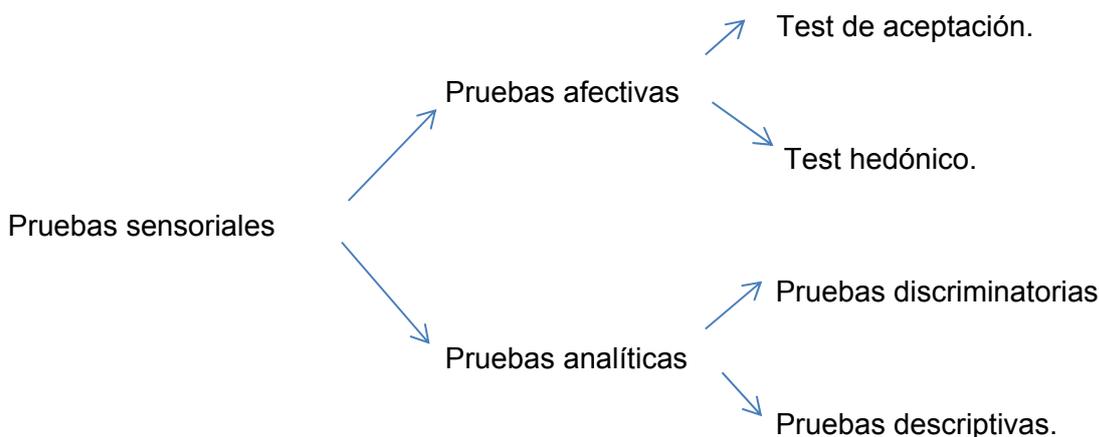
#### a. Generalidades sobre evaluación sensorial

El objetivo final de la evaluación sensorial es cuantificar las sensaciones percibidas por los consumidores al probar un alimento. El hombre como instrumento de medida de unas determinadas variables requiere un conocimiento de los factores que pueden influenciar la respuesta sensorial del

mismo (Guinard, 1994). Existen una serie de factores que pueden ser la causa de la gran variabilidad existente entre individuos. Estos factores pueden ser fisiológicos como la tasa de salivación y su composición, la adaptación y fatiga del músculo, la edad, el sexo, el nivel nutricional, la dieta, el estado de saciedad o determinadas drogas. También pueden ser psicológicos como el poder de sugestión, expectativas erróneas o tendencias en el comportamiento influenciadas, por ejemplo, por motivos religiosos (Campo, 1999).

En general en las pruebas sensoriales se pueden distinguir dos grupos principales: pruebas afectivas y pruebas analíticas. A su vez las pruebas afectivas se dividen en test de aceptación o preferencia y el test hedónico de escalas relativas. Las pruebas analíticas, a su vez, se dividen en pruebas discriminatorias y descriptivas (Figura 9).

Figura 9. Esquema de las pruebas sensoriales.



Las pruebas afectivas tienen como objetivo evaluar el grado de aceptación y preferencia de un producto empleando el criterio subjetivo de los catadores. También se llaman estudio de consumidores. En la mayoría de los casos corresponden a consumidores no entrenados en la descripción de preferencias subjetivas, donde su evaluación se basa en gustos. Para esta evaluación se usan frases sencillas y lógicas que cualquier consumidor pueda identificar (Noble *et al.*, 1997; Owens, 2002) sin formular preguntas determinadas sobre intensidades, sabores, tamaños y olores. Deben ser enfocadas en decisión de compra y aceptación general (Muñoz, 1998).

Los objetivos de un estudio de consumidores pueden ser: la valoración del mercado potencial de un producto (Kubberod *et al.*, 2002), estudiar su calidad (Raes *et al.*, 2004), conocer la aceptación de un producto nuevo en el mercado, identificar factores que afecten a la percepción del consumidor (Bernués *et al.*, 2003) u optimizar las condiciones de venta.

Las pruebas analíticas tienen como objetivo describir y diferenciar los productos. Las pruebas discriminatorias se establecen con la finalidad de distinguir diferencias en grupos de muestras en panelistas con un grado de entrenamiento. Las técnicas más usadas son la duo-trio y la prueba triangular. La técnica duo-trio se presenta como selección entre dos muestras A y B estableciendo semejanza o diferencia de un patrón R conocido. En la prueba triangular el panelista debe distinguir entre tres muestras A, B, R y ver cuáles son iguales y cuáles diferentes (Stone y Sidel, 1993; Siegfried *et al.*, 2006).

Las pruebas discriminatorias son muy usadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con características uniformes, si son comparables con muestras de referencia, etc. (Kramer y Twigg, 1972).

Las pruebas descriptivas se establecen con la finalidad de encontrar descriptores que tengan un máximo de información sobre las características sensoriales del producto, usando panelistas con un mayor entrenamiento, éstos evalúan su percepción con valores cuantitativos proporcionales a una intensidad. Se pueden definir con escalas estructuradas y equidistantes, donde el panelista, a través de estas escalas, valora su percepción asignando un atributo particular con una intensidad determinada. Cada punto de esta escala estaría determinado por un descriptor de la calidad evaluada, relacionando en extremos su aprobación o rechazo, definiendo el porqué de su decisión. El número de descriptores en la escala puede variar de 10 a 20 para cada cualidad. Se pueden usar los mismos descriptores para diferentes características (Nalan, 2002).

Para elaborar las pruebas sensoriales se utilizan documentos que cada panelista debe responder de forma clara y precisa, limitándose a responder la pregunta que se le haga de forma objetiva y sin interpretaciones personales (Sánchez *et al.*, 2009).

Las propiedades sensoriales básicas a evaluar son: Color, olor, flavor, sabor y textura.

-Color.- Es la percepción de la luz reflejada por un objeto. De cara al consumidor, el color interfiere con otras características organolépticas. Por ejemplo, un color rojo oscuro se suele asociar a un sabor más intenso o a una carne más dura. Por todo esto conviene enmascararlo con luz roja, para que no interfiera.

-Olor.- Es la percepción que ocurre en las fosas nasales, mediante la cual una multitud de sensores reaccionan frente a moléculas volátiles liberadas por el producto. Hay multitud de olores descritos asociados, como el olor a sangre, hígado, pescado, rancio, etc.

-Flavor.- Tras haberse puesto el alimento en la boca, existe una percepción de sustancias aromáticas. Esa percepción es el flavor. Es una mezcla entre el olor y el sabor. Presenta varios atributos: hígado, sangre, ácido, metálico, amargo, rancio, picante, grasa, amoníaco, etc.

-Sabor.- Es la propiedad sensorial de los alimentos percibida por el sentido del gusto en la lengua. Clásicamente, los cuatro sabores básicos son: dulce, salado, ácido, amargo. Hay otros como el sabor a hierro, sangre, umami, etc.

-Textura.- Es la propiedad sensorial de los alimentos detectada por los sentidos del tacto y kinestesia. Se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación durante la masticación (Anzaldúa-Morales, 1994).

Hay otros términos asociados al concepto de textura, como características o atributos de la misma (Kramer, 1984; Cepero y Sañudo, 1996) que se clasifican en:

-Dureza.- Propiedad mecánica que indica la fuerza necesaria para comprimir una sustancia entre los molares.

-Cohesividad.- Propiedad mecánica que indica el grado hasta el que se comprime una sustancia entre los dientes o antes de romperse.

-Elasticidad.- Propiedad mecánica indicativa del grado hasta el cuál regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes.

-Masticabilidad.- Propiedad mecánica indicativa del tiempo requerido para masticar la muestra, a una tasa constante de aplicación, para reducirla a una consistencia adecuada para tragarla.

-Fibrosidad.- Propiedad geométrica, que da idea de la facilidad para descomponer la muestra en fibras de una cierta estabilidad.

-Aspereza.- También es de carácter geométrico e indica la sensación de rugosidad superficial apreciable en las mucosas de la boca.

-Jugosidad.- Expresa la facilidad para soltar el agua que contiene la muestra durante la masticación y/o para estimular la secreción de saliva.

-Untuosidad.- Es la capacidad para producir una sensación aceitosa o grasosa en la cavidad bucal.

Jueces del panel. Son el verdadero instrumento de medida en el análisis sensorial. Existen diferentes tipos de jueces según su capacidad de valorar una determinada muestra: Jueces expertos, jueces entrenados o jueces consumidores. El juez experto es una persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para evaluar las características del alimento. Estos jueces están revisando constantemente sus habilidades y existen muy pocos en todo el mundo (Larmond, 1977; Ackerman, 1990). El juez entrenado o panelista es una persona con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, que ha recibido enseñanza teórica y práctica sobre la evaluación sensorial, sabe lo que debe medir exactamente y realiza pruebas sensoriales con cierta periodicidad. Como los jueces expertos, deben abstenerse de hábitos que alteren su capacidad de percepción (Larmond, 1977). Los jueces llamados consumidores, como ya se ha comentado, son personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni han realizado evaluaciones sensoriales periódicas. Son elegidos al azar y sólo se emplean en pruebas afectivas (Costell y Durán, 1981).

La escala es el instrumento que se utiliza para medir las respuestas sensoriales y es una parte fundamental dentro del análisis sensorial (Meilgaard *et al.*, 1999). Existen fundamentalmente cuatro tipos de escalas (Stevens, 1951): nominales, ordinales, de intervalo y proporcionales.

-Escala nominal. Los números son utilizados como etiquetas o códigos. Requieren un tiempo de test limitado, son fáciles de usar, y con un análisis sencillo proporcionan resultados rápidos (Stone y Sidel, 1993).

-Escala ordinal. Usan números o palabras organizadas de “alto” a “bajo” o “más” a “menos”, etc., con respecto a algún atributo de un conjunto de productos.

-Escala de intervalo. Se asume que el intervalo o la distancia entre puntos es igual y tiene un punto cero arbitrario (Guilford, 1954). Las dos escalas de intervalo más familiares en análisis sensorial son la escala hedónica de nueve puntos y la escala proporcional gráfica (Anderson, 1974).

-Escala proporcional. Tienen las mismas propiedades que las escalas de intervalo y, además, presentan una proporción constante entre puntos y un cero absoluto. El sujeto mide una característica y asigna un valor numérico a cada estímulo (Birnbau, 1982; Lawless y Malone, 1986).

El panel de consumidores está compuesto por un mínimo de 80. El número ideal se situaría entre 400 y 600 personas (Catalán, 2011). Uno de los puntos más importantes en la realización de un estudio de consumidores es la selección de los participantes en el test, a partir de la cual se va a extrapolar los resultados de la población. La muestra poblacional debe de equilibrarse de acuerdo a varios factores: sexo, edad, localización geográfica, estudios, ingresos y religión (Campo, 2005a).

El lugar en el que se realicen las catas puede influir en los resultados, por lo tanto la preparación del estudio debe de ser diferente con arreglo a la localización (Meilgaard *et al.*, 1991).

Los métodos que se emplean pueden ser cualitativos y cuantitativos, dependiendo del objetivo que se persiga, así al utilizar métodos cualitativos se persigue captar la respuesta subjetiva del consumidor a un producto nuevo. El método cualitativo se puede realizar en grupo (Bruseberg y McDonald-Philp, 2002) o en entrevista individual.

Los métodos cuantitativos se emplean para conocer la aceptabilidad global del consumidor a un producto y para realizarlos se utilizan test de preferencia y test de aceptabilidad. Los test de preferencia indican qué muestra

prefiere el consumidor, pero no indican si le gusta o no le gusta; las muestras se presentan por parejas, en ranking y por parejas múltiples, bien sean todas o una selección. Los test de aceptabilidad indican una aceptación gradual de la muestra mediante una escala hedónica (Campo, 2005b).

Respecto a la preparación de las muestras, Guerrero (2005) propone una metodología similar y adecuada para la realización de paneles entrenados. El músculo a emplear será el *Longissimus dorsi* a la altura de la novena costilla. Las lonchas de 2 cm de grosor se cortarán perpendicularmente a la dirección longitudinal del músculo. La maduración, al margen de que el estudio especifique tiempos concretos, será de diez días en cámara frigorífica a 4°C envasadas al vacío. El cocinado se realizará en horno de convección a 200°C o placa eléctrica de doble parrilla calefactora hasta alcanzar una temperatura en el centro de la muestra de 70°C. Finalmente se envolverá por completo en papel de aluminio y cada muestra se codificará con un número aleatorio de tres cifras.

En los test de consumidores es conveniente que una persona pueda estar en la sala de catas solucionando las dudas que se presenten, es conveniente empezar con una muestra de aprendizaje con el código "000" y el orden de presentación de las muestras debe de estar equilibrado pero cambiado para cada consumidor (MacFie *et al.*, 1989).

Es recomendable ser muy claro en las instrucciones y realizar modelos de estadios muy sencillos. El consumidor debe de conocer la duración aproximada, el número de muestras no debe de superar las doce y se le debe de ofrecer algún tipo de gratificación.

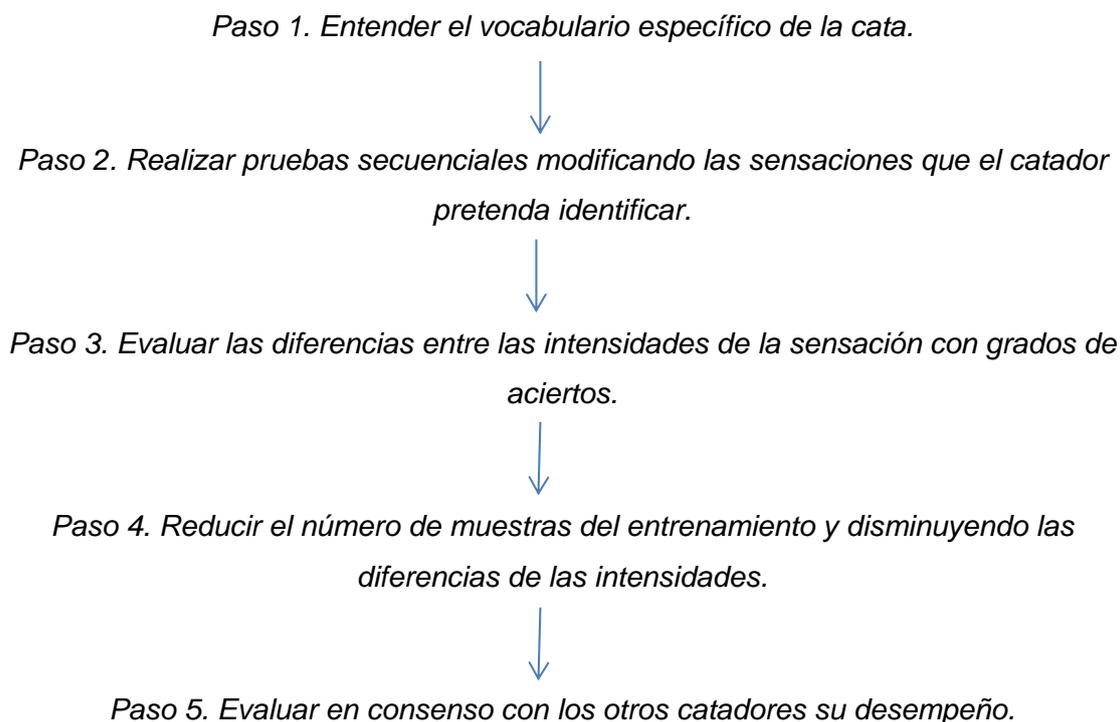
El panel entrenado está compuesto por un equipo de catadores (panelistas entrenados) con las cualidades perceptivas adecuadas, que ha sido sometido a una selección y entrenamiento riguroso y es capaz de emitir juicios objetivos y fiables.

El perfil que deben de presentar los catadores debe ser muy concreto donde los gustos, la expectativa y la objetividad deben de ser los factores más importantes para convertirse en un catador y ser parte de un panel sensorial (Lund *et al.*, 2009). Algunos factores como la experiencia pueden influir en el

rendimiento de la evaluación, mientras que la edad de los catadores no es un factor relevante (Bitnes *et al.*, 2007).

Los panelistas deben realizar entrenamientos durante 30 días de 1 hora diaria sobre los atributos que van a evaluar y debe generarse un vocabulario específico para las sensaciones que vayan adquiriendo en las catas (Kreutzmann *et al.*, 2007). La memoria sensorial que presente el catador y la influencia de los medios afectarán su rendimiento. Con el ánimo de que ciertos condicionantes, como iluminación o sonidos, no influyan en la evaluación, es conveniente eliminarlos o minimizarlos con el empleo de cabinas adecuadas a tal fin (Shapiro y Spence, 2002). Se espera que cada catador pueda disminuir sus errores a medida que avance su entrenamiento (Figura 10) así como el número de réplicas en el momento de la evaluación para tener un valor certero.

Figura 10. Entrenamiento de catadores.



Fuente: Labbe et al, 2004; Mc Ewana et al, 2003.

Debido a que en la carne fresca los atributos no cuentan con intensidades definidas, el entrenamiento de los catadores se debe realizar con simuladores de la sensación a medir, es decir sustancias que asemejen el

producto en la cualidad requerida. En el momento en que el catador pueda evaluar objetivamente el simulador, se reduce el número de réplicas, que en la cata de carne puede producir errores de fatiga.

Es recomendable emplear de 8 a 10 catadores entrenados en el panel que evaluarán un máximo de 10 a 12 muestras por sesión, en función de la experiencia y del número de los atributos a cuantificar. Como mínimo se realizarán cuatro réplicas por tratamiento, aunque siempre, debido a la variabilidad individual animal, es aconsejable realizar el máximo número de réplicas posible. Los catadores deberán limpiarse la boca inicialmente y entre muestras, con trozos de pan sin sal y agua mineral natural (Guerrero, 2005).

Hay conflictos en usar paneles entrenados o no en carnes debido a su complejidad (Bitnes *et al.*, 2009); en parámetros de color y olor, donde su complejidad es menor, se emplean correlaciones entre paneles entrenados y de consumidores aprovechando la memoria sensorial que puedan tener los consumidores y su predilección en el momento de la compra (Sullivan *et al.*, 2003). A medida que se reduce la complejidad del producto se aumenta la eficiencia de la cata, pero por más entrenamiento que se tenga, el factor heterogeneidad de la carne reduce la sensibilidad del catador (Labbe *et al.*, 2004).

El principal problema que se encuentra en el análisis sensorial consiste en la dificultad en la repetibilidad y homogeneidad. La selección de las escalas de medición tiene como finalidad indicar semánticas jerárquicas para cada producto específico, haciendo uso de su memoria sensorial para describir un impulso que causa una sensación (Muñoz y Civille, 1998; Urdapilleta *et al.*, 1999; Davidson y Sun, 1998). Cada panel sensorial debe identificar el producto al cuál desea desarrollar su análisis, identificando los atributos principales y las palabras precisas que describen la sensación.

El procedimiento para establecer los descriptores de los atributos sensoriales se inicia desde la selección del panel; a medida que se conoce el panel cada miembro presenta los descriptores que puedan definir cada sensación o atributo del producto. A su vez, se busca mediante el uso de simuladores de la sensación, discriminar o reducir los descriptores que los jueces plantearon inicialmente. Mediante el uso de herramientas estadísticas

se definen los descriptores que evidencian ser los más relevantes y con claridad cognitiva (Byrne et al., 1999b).

Cada descriptor debe ser específico y claro respecto a la sensación y su intensidad. Para cada atributo (color, olor, sabor, etc.) sus descriptores deben ser relevantes al producto, discriminar claramente las muestras y no ser redundantes (Byrne *et al.*, 1999a; Urdapilleta *et al.*, 1999).

Dado que el objetivo del panel es un perfil descriptivo de un alimento, son necesarias cinco etapas para obtenerlo (Touraille, 1995):

-Obtener la lista de todos los descriptores posibles: aspecto (color, consistencia, tamaño, forma y aspecto de la superficie), olor, textura en los dedos, flavor y textura y residual (cantidad de residuo y flavor resultante).

-Análisis de descriptores y elección de los más adecuados.

-Realizar un entrenamiento progresivo.

-Aprender el uso de escalas.

-Comprobar estadísticamente la validez del cuestionario.

### 3.6.3. Los ultrasonidos como instrumento de medida.

A pesar de la subjetividad del concepto de calidad, la industria de la carne requiere de instrumentos para su valoración y poder concretar, en parámetros medibles, lo que el consumidor aprecia. Una de estas técnicas es la utilización de los ultrasonidos.

El principio de la técnica de ultrasonido es la transmisión (pulso) de ondas sonoras de alta frecuencia que son propagadas a través del tejido biológico, las cuales proveen (eco) información sobre la composición y estructura del tejido. Cross y Whittaker (1992) señalaron que el método objetivo de evaluación de canales con ultrasonidos tiene un uso muy ventajoso en la línea de sacrificio (de preferencia antes del desollado). Una de sus grandes ventajas es que pueden aplicarse en animales vivos además de en canales; por otra parte, las mediciones son relativamente exactas y permiten predecir la

textura final de la carne (Thane *et al.*, 1990). La técnica de ultrasonidos ofrece ciertas ventajas porque puede ser usada en animales vivos, puede predecir las características relacionadas con la calidad sensorial y el rendimiento, no presenta riesgos de salud, puede ofrecer información sobre el grado y clasificación de las canales y evitar así los errores humanos, ofrece gran compatibilidad al ser integrada con la tecnología neuroartificial (Cross *et al.*, 1994), y es un instrumento de relativo bajo costo.

El análisis de ecos ultrasónicos permite explorar los tejidos internos de forma no invasiva ni estresante (Wilson, 1992). Esta técnica se ha empleado para valorar la canal en ganado porcino y en vacuno, entre otras especies. Hay alta correlación entre el valor real y los valores obtenidos (Moser *et al.*, 1997), lo que podría justificar su incorporación como criterio en la selección de reproductores. Las principales características que pueden ser medidas son: área del m. *Longissimus dorsi*, espesor de grasa dorsal, porcentaje de grasa intramuscular, espesor de grasa en la región de la grupa, y profundidad del m. *Gluteus medius*.

Una vez inmovilizado el animal, preferiblemente en una manga de manejo, de forma que esté franco el acceso a la región dorsal, es recomendable rasurar y limpiar las zonas de estudio. Para permitir un buen contacto entre el transductor y la superficie del animal se aplica aceite vegetal a 27°C y, sobre éste, una almohadilla de silicona o acoplador acústico (Standoff Pad), que debe adaptarse al borde lineal del transductor. Para el estudio de grasa de cobertura y área del lomo en la especie bovina debemos localizar el último espacio intercostal a nivel dorsal entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla, y seleccionar la profundidad, calidad y brillo adecuados (Carleos *et al.*, 2007). En la Figura 11, podemos ver una imagen ultrasonográfica (Carleos *et al.*, 2007). El corte del músculo *Longissimus dorsi* debe estar bien delimitado, visible hasta sus extremos lateral y medial, y con la sonda situada sobre el espacio intercostal.

Así, el equipo utilizado se compone principalmente de un transductor (sonda que se pone en contacto con el producto a evaluar) y una computadora que contiene un microprocesador, el cual ejecuta un programa, registra y analiza la información que se obtiene del tejido, y ofrece una imagen del tejido (sonograma) en pantalla. Las frecuencias más comunes para operar con

ultrasonidos son de 1 MHz (que permite obtener mayor profundidad en la imagen) y 5 MHz (que permite tener mayor resolución, aunque no tanta profundidad). Se sabe que la exactitud de la velocidad de medición del tejido biológico es de  $\pm 5\%$ . (Lake, 1989). Varias de las propiedades que pueden ser examinadas con ultrasonidos se especifican en la Tabla 9 (López Palacios *et al.*, 1998).

Figura 11. Imagen ultrasonográfica. Transductor (1), acoplador (2), dermis (3), interfase dermis-grasa subcutánea(4), e interfase grasa-músculo (5).



Fuente: Carleos *et al.*, 2007.

Las técnicas que emplean los ultrasonidos para determinar las mediciones en la evaluación de canales se pueden clasificar en dos tipos: aquellas que presentan una relación numérica del ultrasonido con la muestra y aquellas que forman imágenes relacionadas con las características de la muestra (estructura y composición). Las primeras son la velocidad, atenuación y reflexión de las ondas de ultrasonido, las cuales sólo muestran un valor numérico que es interpretado como el valor que corresponde a las características de un componente o una interfase entre componentes. El otro tipo se encarga de formar imágenes, relacionando algunas de las técnicas numéricas de ultrasonido como el pulso-eco, la técnica A-mode, la técnica B-mode, el tiempo real o la elastografía. (López Palacios *et al.*, 1998).

Las propiedades de la carne que pueden ser evaluadas a través de ultrasonidos se recogen en la Tabla 9.

Tabla 9. Propiedades de la carne que pueden ser estudiadas con ultrasonido.

Método de evaluación	Tipo de propiedad a evaluar
Velocidad de ultrasonido	Composición de la carne (músculo, grasa, hueso y agua) observándose principalmente densidad y rigidez de la muestra.
Atenuación de las ondas de ultrasonido	Estructura microscópica de la carne (marmóreo, disposición de fibras musculares)
Reflexión de las ondas de ultrasonido	Estructura macroscópica de la carne, tamaño y conformación del objeto de estudio.

Fuente: López Palacios *et al.*, 1998.

La técnica de ultrasonidos tiene limitaciones, debido a que su uso depende de la exactitud de las relaciones que existen entre las pequeñas secciones del cuerpo del animal y la composición. Por ejemplo, la inexactitud en las mediciones de grasa se debe a que la grasa no es muy densa (Brethour, 1992). Esto se presenta cuando la grasa de cobertura de los animales es de poco grosor. Otra desventaja es que el personal dedicado al manejo del equipo debe ser capacitado para un adecuado uso y una buena interpretación de los datos obtenidos.

a. Técnicas numéricas.

-Velocidad de ultrasonido.

Hay diferencia en la velocidad a la cuál viaja una onda de sonido a través de la grasa y a través del músculo. Por lo tanto, la velocidad del

ultrasonido depende de la relación grasa/músculo y del contenido de agua de la muestra (Lake RJW, 1989). Mediante la medición del tiempo que la onda toma en atravesar la muestra (distancia conocida), se puede hacer una estimación del porcentaje de grasa y músculo. El músculo tiene una velocidad de las ondas de ultrasonido (m/s) de 1540 a 1640. La grasa de 1450-1460, el agua de 1480 y el hueso de 4100 (Whittaker *et al.*, 1992).

-Atenuación de las ondas de sonido.

La atenuación es el descenso en la fuerza de la onda de ultrasonido cuando pasa a través del tejido; para obtenerla, se coloca la muestra entre un transmisor y un receptor, y se mide la frecuencia transmitida. El valor de la atenuación para el tejido muscular es considerablemente mayor que la de los otros componentes que se tienen presentes en un corte de carne, debido principalmente a la interacción de la actina y miosina a nivel microfibrilar (Lake, 1989). Generalmente, se puede conocer la composición del producto, conociendo la atenuación de cada uno de los componentes ya sea en la canal o en una muestra de carne.

-Reflexión de las ondas de ultrasonido.

La reflexión de las ondas de ultrasonido ocurre en las interfaces o espacio entre dos materiales de diferente impedancia; por ejemplo, entre grasa/músculo. La impedancia es una característica del material relacionada con la densidad y la elasticidad de éste. La reflexión produce una reducción de la amplitud de las ondas del ultrasonido; dependiendo del tipo de interfase, la amplitud de onda se reduce más o menos (Lake, 1991).

b. Técnicas de formación de imágenes.

-Técnicas de ultrasonido pulso-eco.

La técnica del ultrasonido pulso-eco fue desarrollada inicialmente para el diagnóstico médico, pero se ha aplicado en la evaluación de canales desde 1950 (Allen, 1990). Se trata de ondas de ultrasonido de alta frecuencia que son propagadas a través del tejido; en una imagen (ecograma) se proyectan la refracción y la reflexión de cada una de las intersecciones entre sustancias de distinta densidad acústica. Numerosos estudios han determinado que a pesar de la gran complejidad y el alto coste de esta técnica, la exactitud no se mejoraba con respecto de otras tecnologías más simples y menos costosas. (López *et al.*, 1998b).

-Técnica A-mode.

La técnica A-mode muestra la amplitud de onda y la representa en una simple dimensión. Esta técnica se utiliza cuando las ondas generadoras de imágenes que regresan al transductor son interceptadas y convertidas en ondas o pulsos eléctricos, entonces al pasar por un amplificador, el pulso incrementa su amplitud y se obtiene el llamado pulso A mode. Los pulsos A mode son producidos visualmente en una pantalla en forma de osciloscopio, donde la amplitud del pulso está representada por la altura de las ondas en la pantalla. La fuerza o magnitud de una onda A-mode está en función de la localización de la muestra y la reflexión en las diferentes interfaces del tejido analizado (López *et al.*, 1998b).

Una gran desventaja que presenta esta técnica es que la amplitud de la onda A-mode no sólo depende de la longitud de reflexión sino también de la cantidad de atenuación; por lo que a fin de representar la amplitud de las ondas de ultrasonido a través del tejido en estudio, es necesario eliminar el efecto de atenuación en el tamaño de la onda (López *et al.*, 1998c).

### -Técnica B-mode.

Es una técnica que trabaja con la luminosidad de la imagen. En el B-mode la amplitud de las ondas de ultrasonido forma puntos de diferente luminosidad o brillantez en una pantalla. La evaluación de los datos proporcionados por los píxeles puede predecir la composición del tejido. Según McLaren *et al.* (1991), existen correlaciones elevadas entre la medida ultrasónica de la grasa de cobertura, identificada mediante B-mode, y las medidas reales en la canal.

### -Tiempo real.

Emplea señales ultrasónicas digitalizadas que permiten obtener la imagen del tejido. La mayor parte de los estudios realizados con esta técnica se enfocan a observar el tejido en vivo. Fegurson (1989) indicó que las ventajas de uso del tiempo real del ultrasonido se dan con canales sin piel. Hamlin *et al.* (1995) emplearon la técnica de tiempo real del ultrasonido para medir el espesor de grasa y el área del largo dorsal. Los resultados indicaron que las ecuaciones de predicción se deberían desarrollar por separado en función de la raza o tipos biológicos (Hamlin *et al.*, 1995). Por otra parte, se observó que los predictores ultrasónicos explicaban alrededor de 10% menos de la variación en el porcentaje vendible que las mediciones directas de la canal (Hamlin *et al.*, 1995b).

### -Elastografía.

Es un método de ultrasonido usado para observar las propiedades elásticas de los tejidos (Ophir *et al.*, 1991). El método está basado en una compresión externa del tejido (1%), con la subsecuente computación del perfil de desplazamiento (strain) a lo largo del cuerpo del transductor. Este tipo de medición puede ser correlacionado con la terneza, pues dependiendo de la

composición de la muestra (por ejemplo, más o menos colágeno), la elasticidad cambia (Rubio-Lozano *et al.*, 1995). Este método tiene las siguientes ventajas: es automatizado, rápido y no penetra ni destruye tejido. Sin embargo es caro y difícil de manejar (López Palacios *et al.*, 1998c).

### 3.7. Tipos genéticos. Descripción

La domesticación de los animales no fue posible hasta que ocurrieron los cambios climáticos acaecidos al final de la última Época Glacial, hace unos 10000-12000 años. Las ovejas debieron domesticarse hacia el año 7000 a.C., pero la domesticación de los bóvidos fue posterior al establecimiento de la agricultura, hacia el año 5000 a.C. En Mesopotamia y Egipto se criaban bóvidos jibosos domésticos (*Bos Indicus*) 40 siglos a.C. y existe constancia de que hacia el años 2500 a.C. se conocían ya diversas razas de bóvidos domésticos que se cebaban por alimentación forzada (Panea, 2001).

La domesticación modifica muchas características físicas de los animales. Así, el tamaño de los animales domésticos es normalmente más pequeño que el de sus antecesores salvajes, se altera el color, la parte facial de la calavera tiende a acortarse con relación a la parte craneal, y los huesos de las extremidades suelen ser más cortos y gruesos (Lawrie, 1963).

Los dos principales grupos de bóvidos domesticados son *Bos Taurus* (europeo) y *Bos Indicus* (India y África) Los bóvidos actuales pueden encuadrarse en la siguiente clasificación taxonómica (Jordana, 1975):

Clase: Mamíferos.

Orden: Artiodáctilos.

Familia: Bovidae.

Subfamilia: Bovinae.

Genero: *Bos*.

Subgénero: *Bos*.

Especie *Bos taurus*...ganado europeo. Especie *Bos indicus*...cebú.

### 3.7.1. Raza Retinta.

#### a. Origen e historia.

La raza arranca del Tronco Rojo Convexo, propio del sur Ibérico. Ha estado siempre más directamente unida a la producción de carne que el resto de las autóctonas, ya que su dedicación al trabajo era más bien secundaria, al cubrir otras razas de la zona esas necesidades (Panea, 2001b). La Retinta aparece distribuida principalmente por Extremadura y Andalucía Oriental. En 1968, el Ministerio de Agricultura estableció el Libro Genealógico y en febrero de 1970 se crea la Asociación de Criadores. Según datos de la EAAP (European Federation of Animal Science), en 1993 estaban censados 5560 machos reproductores y 137.300 madres. Hoy en día, hay unas 200.000 madres de las cuales más de un 10% están inscritas en libro genealógico (Asociación Nacional de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de Raza Retinta, 2015).

La Retinta, constituye una de las principales razas bovinas autóctonas de España. Se distribuyó por la mitad sur de la península Ibérica, donde originó las formas locales colorada extremeña, retinta andaluza y rubia gaditana, de cuya fusión procede una versión moderna y mejorada de la raza. Como bovino de doble aptitud carne-trabajo, se mantuvo durante siglos. Casi todos los geógrafos y naturalistas grecolatinos e incluso algún pasaje bíblico hacen alusión a las numerosas vacadas de la Bética o de Tartesos, presumiblemente compuestas por antepasados de la actual Retinta (Asociación Nacional de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de Raza Retinta, 2014).

#### b. Características morfológicas (Sánchez Belda, 1981).

Responde a un perfil convexo, de proporciones y longitudes agrandadas, destinado a la producción de carne.

Figura 12. Semental de Raza Retinta. [www.retinta.es](http://www.retinta.es)



Figura 13. Vaca y ternero de Raza Retinta. [www.invac.org](http://www.invac.org).



-La cabeza es de frente ancha, con encornaduras de nacimiento algo posterior a la línea de prolongación de la nuca, en forma de gancho alto. Los cuernos son de color blanco o blanco amarillento, con las puntas más oscuras. El cuello es fuerte, musculoso en los machos y fino en las hembras. Papada reducida.

-El tronco es armónico, profundo y largo, con cruz ancha y bien unida al cuello. La línea dorso-lumbar es horizontal, ancha y plana. Grupa horizontal. Cola de nacimiento horizontal, ligeramente en arco, terminada en mechón de color blanco. Pecho profundo, vientre amplio.

-Las extremidades son robustas y bien proporcionadas; nalgas con tendencia a la ampulosidad, rectas o convexas. Pezuñas redondeadas y duras.

-La piel es fina y poco abundante y el pelo es corto, liso y brillante. Mucosas sonrosadas. La capa es fundamentalmente roja (retinta) desde las tonalidades más oscuras hasta las más claras. Presentan ojo de perdiz y borla de la cola blanca.

-Sistema mamario de ubre regular, bien proporcionada y bien implantada, con pezones de tamaño medio, simétricos y de piel suave.

### c. Sistema de explotación.

La raza está ligada a la dehesa (Sánchez-Belda, 1981). La base nutritiva es la vegetación que ésta provee, sustituida en la fase de agotamiento por el aprovechamiento de subproductos agrícolas, completada con paja o heno cuando el campo niega otra posibilidad. También se distribuye concentrado. Normalmente comparten territorio con otras especies, sobre todo porcino ibérico. Las fincas suelen ser grandes y las instalaciones son mínimas, por lo que los animales sólo permanecen estabulados unos dos meses al año. La monta se realiza normalmente en libertad con semental propio, aunque de forma dirigida y controlada. Las crías maman hasta los 5-7 meses, conjugando el consumo de leche con el pastoreo e incluso con los concentrados a tolva. (Panea, 2001).

## d. Producciones.

Los crecimientos diarios son de 147 Kg, con un índice de conversión de 5 y un rendimiento canal del 55.5% (Albertí *et al.*, 1999). Los machos adultos pesan 700-900 Kg y tienen una alzada de 144 cm, mientras que las hembras miden 139 cm de alzada y pesan alrededor de 600 Kg. En la Tabla 10 podemos ver las medidas zoométricas de la raza, publicadas en la página web de la Asociación Nacional de Criadores de Raza Retinta (2015).

Tabla 10. Medidas zoométricas (cm) en la raza Retinta.

Medidas	Machos	Hembras
Alzada a la cruz	145	139
Longitud escapulo-isquial	185	178
Perímetro torácico recto	225	200
Altura de pecho	80	75
Longitud de la grupa	58	54
Anchura de la grupa	55	50

Fuente: [www.retinta.es](http://www.retinta.es)

El ternero pastero, recién destetado, alcanza pesos vivos de 180-230 Kg. Se ofrecen al mercado añojos, en dos subtipos: el añojo intensivo, procedente de terneros pasteros, cebados hasta alcanzar 400-500 Kg de peso vivo y sacrificados con 18-20 meses y el añojo semi-extensivo, sacrificado hacia los 15-16 meses, que ha aprovechado los pastos tras el destete y es terminado durante un periodo de unos 100 días. La carne de estos animales está amparada bajo el sello “Carne de Retinto” (Panea, 2001).

e. Selección genética. ([www.retinta.es](http://www.retinta.es)., 2015).

El esquema de selección fue aprobado el 5 de Noviembre de 2010. El proceso selectivo que se propone tiende a sostener las poblaciones existentes en pureza, pero sin olvidar el encuadre de la raza Retinta dentro de las razas maternas y el uso frecuente que se hace de ella en cruzamientos interraciales.

Objetivos del esquema:

-La realización de un esquema de valoración de machos en tres fases que incluye pruebas en explotaciones y en centros de selección y reproducción, tanto a nivel individual como por la descendencia. Tal esquema tenderá a favorecer la difusión, en la masa ganadera de la raza, de la mejora genética lograda en los sementales.

-Aplicar a los resultados obtenidos en los controles, las técnicas estadísticas apropiadas que analicen los efectos de los distintos factores que influyen en las producciones, los corrijan para poder comparar los sementales en el proceso de valoración y combinen los distintos caracteres a tener en cuenta, utilizando machos de referencia en la valoración de sementales por la descendencia.

-Verificar la ausencia de alteraciones cromosómicas en los futuros sementales.

-La mejora del crecimiento durante el periodo anterior al destete y de la eficiencia alimenticia.

-Mantener la rusticidad y sus características de raza maternal.

-Mejorar la tasa reproductiva.

-Mejorar la calidad de la canal y de la carne.

### 3.7.2. Raza Limusina (Federación Española de Limusín, 2013)

#### a. Origen e historia.

La raza toma el topónimo de su cuna, la Región de Limoges en el Macizo Central de Francia, Departamento Haute-Vienne. No tiene sinónimos, pero sí distintas grafías (Limousine, Limosina, Limousin) aunque la adoptada por la terminología oficial es la que figura como título y la generalmente utilizada por los ganaderos. Se trata de una raza plenamente integrada en nuestra cabaña bovina, y precisamente por ello es clasificada como española.

Su entronque filogénico corresponde al *Bos taurus aquitanicus* del que constituye rama muy principal. En época antigua con aptitud carne-trabajo, para luego ajustarse sólo a la primera donde tiene conseguido un puesto preeminente, tanto en Francia como bajo su proyección universal. En España, con independencia de algunos toros esporádicamente importados (por ejemplo en 1958 la Diputación de Alicante para la mejora de la raza Murciana), comienza su andadura en 1962 a cargo de los lotes expuestos en la Feria del Campo adquiridos por el MAPA. Continúa con sucesivas importaciones también de carácter oficial prontamente secundadas por la iniciativa privada, comprobado los excelentes resultados como raza paternal para la potenciación de los rendimientos cárnicos de las autóctonas de cría extensificada, incluso sobre las de especialidad lechera. El mismo auge patrocina las Asociaciones de Criadores, hoy agrupadas en Federación, a quien corresponde la gestión del libro genealógico. La gran difusión de esta raza a 64 países, motiva las relaciones entre ellos establecidas por el Consejo Internacional del Limusin (CIL) y más directamente por la Federación Europea (EUROLIM) donde participa la española con las que intercambia información o coordina proyectos de investigación, para armonizar sistemas de valoración y facilitar cambios entre sí bajo baremos genéricos comunes.

Se encuentra ampliamente distribuida por el territorio español con distintos núcleos de cría en pureza, si bien en este plano expansivo cuenta mucho la inseminación artificial. La importancia cuantitativa está avalada por la

cualitativa. El libro genealógico ampara la inscripción de 29.301 reproductoras (2014) y su principal atractivo es como apartadora de líneas paternas para la mejora de la producción cárnica de otras razas.

b. Características morfológicas

La raza Limusina entra dentro de aquellas con alta especialidad cárnica y en el plano puramente etnológico responde a las características siguientes: ortoide, subhipermétrica, mesolínea, mucha masa y poco hueso. Color rojo uniforme. El conjunto corporal es armónico, proporcionado, ampuloso y musculado. Para los ganaderos españoles son cualidades de gran aprecio, así como la facilidad de parto igualmente manifiesta en los cruzamientos como raza paternal, el temperamento vivo y buena disposición para la marcha.

Figura 14. Semental de Raza Limusina. [www.feagas.com](http://www.feagas.com)



-Color: Capa colorada, más clara en el bajo vientre, sobre la cara posterior de las nalgas y en las regiones del periné, anal, pezones y en la borla de la cola. Ausencia de toda mancha. Escrotro rosáceo.

-Mucosas sonrosadas. Cuernos de tonalidad rosada blanquecina en su base sin pigmentación, y oscurecidos hacia las puntas. Se desecharán los de color totalmente negro o pizarroso. Pezuñas de color claro, desde el blanco rosáceo al castaño.

-Conformación general. Compacta, simétrica y de contornos bien dibujados, presentando las líneas superior e inferior del cuerpo rectas y paralelas. Cuerpo a manera de paralelepípedo.

Figura 15. Vaca de Raza Limusina. [www.infocarne.com](http://www.infocarne.com)



-Órganos sexuales. Testículos normalmente desarrollados; ubre globosa de forma regular, bien proporcionada e implantada; pezones de tamaño medio, simétricamente colocados; venas amplias y bien ramificadas, destacadas al exterior.

-Desarrollo corporal. El formato debe tender a un tipo medio y proporcionado, sin despreciar las variantes positivas.

- Cabeza. Corta, más en los machos. Frente y hocico anchos. Aureolas más claras alrededor de los ojos y del hocico. Cuernos finos, arqueados hacia delante y ligeramente levantados en su extremidad.
- Cuello. Fuerte y relativamente corto.
- Cruz. Poco destacada, redondeada, llena y cubierta hacia los lados.
- Espalda. Larga y ancha, bien musculada y bien dirigida hacia los lados.
- Pecho. Ancho y musculado.
- Tórax. Profundo, largo y arqueado.
- Ventre. Con flancos alargados, profundos, ancho y bien proporcionado.
- Dorso. Línea dorso-lumbar horizontal, ancha y plana la superficie.
- Lomo. Anchos y notoriamente musculados.
- Grupa. Ancha sobre todo a nivel de los isquiones, nunca demasiado inclinada.
- Cola. Bien insertada.
- Muslos. Muy musculados y convexos, más en los machos.
- Nalgas. Convexas en las hembras; muy musculadas, largas con tendencia a la ampulosidad y fuerte mente convexas en los machos.
- Extremidades. Robustas y bien proporcionadas.
- Antebrazo bien musculado. Pierna muy ancha, con músculos prominentes.
- Aplomos. Correctos, proporcionando marcha ligera y suelta.
- Pezuñas. Redondeadas, duras y de tamaño en relación armónica con el peso.
- Medidas zoométricas. A los catorce meses para los machos y dieciocho meses para las hembras son tomadas a efectos selectivos. El peso vivo adulto es de 800 Kg para los primeros y 550 Kg para las segundas.

c. Sistema de explotación.

La amplitud del área geográfica en España es determinante de gran variedad de modelos y fórmulas de crianza que guardan como común denominador la

modalidad semiextensiva, con amplios periodos de pastoreo en los herbazales naturales, rastros cerealistas, majadales de las dehesas y pastos de montaña. Paralelas a las potencialidades alimentarias son las estructuras de explotación. Abundan las de naturaleza minifundista bien autónomas o ya asociadas con razas de cría extensiva, no obstante, hay empresas que superan las cien vacas de vientre. El manejo no ofrece particulares raciales dignas de mención en el plano alimentario, sin olvidar la fuerte complementación externa. En cuanto al proceso reproductivo domina la monta natural, pero las pequeñas explotaciones practican la inseminación artificial. El primer parto acontece antes de los tres años de edad. A partir de entonces y durante la vida productiva, que puede prolongarse más allá de los quince años, la vaca repite partos en intervalos siempre menores de 400 días. El parto es eutócico en altísimo porcentaje (95% sin ayuda). Este dato unido a los elevados índices de fertilidad (95 terneros nacidos por 100 vacas) y la insignificante mortalidad perinatal, facilita 93-94 terneros destetados por cada 100 vacas. Al éxito contribuye la elevada producción lechera de las madres mantenida hasta el destete alrededor de los seis meses de edad. La actividad reproductiva de la raza Limusina se desenvuelve bajo los siguientes parámetros: 32 meses de edad al primer parto, 383 días de intervalo entre partos, 95.4 terneros nacidos por cada 100 vacas, 91.9 terneros destetados por cada 100 vacas, 9-10 años de edad media y 0.5 partos gemelares por cada 100 (Sánchez Belda, 1981).

#### Producciones.

La Limusina ha quedado definida como raza de alta especialidad cárnica así como sus atractivos rendimientos que aparecen condensados en cuanto al montante de peso de ternero destetado por kilogramo de vaca productora. Asimismo, tiene destacada cualidad comercial, por la facilidad para rendir amplia gama de tipos que supone plena adaptación a distintos mercados. Los autores franceses informan que los carniceros pagan el kilo de peso vivo limusín del 10 al 15 por 100 más que los otros tipos genéticos. Los parámetros y valores medios contrastados, son recogidos en la Tabla 11, referidos a

explotación en extensivo. Cualquier modalidad de explotación intensificada incrementa significativamente estos rendimientos.

Tabla 11. Evolución peso vivo (Kg)/edad. Raza Limusina.

Tipo	Machos	Hembras
Terneros:		
Al nacimiento	37.9	35.6
A 90 días	131.0	120.7
A 120 días	223.8	198.4
A 365 días	378.2	299.0
Novillos		
18 meses		372.6
24 meses		430.9
30 meses		510.9
Adultos		
	1000-1300	650-850

Fuente: S. Y.N.IEX./limousin

#### Selección genética.

La selección y mejora de la raza en España ha estado basada tradicionalmente en el control genealógico y la valoración morfológica. Una vez alcanzado un censo suficiente, la Federación Española de Criadores propuso al MAPA el esquema de selección de la raza bovina Limusina, siendo reconocido y aprobado por dicho Ministerio. Existe una Reglamentación Específica del Libro Genealógico de la Raza Bovina Limusina aprobada mediante la Orden AAA/1945/2013, de 11 de octubre.

Los objetivos básicos del esquema de selección son la detección de las hembras más dotadas en cuanto a fertilidad y aptitud maternal y la selección de los animales con los mejores índices de conversión, pesos y rendimientos, siendo también propósito del esquema la obtención de sementales mejorantes.

El organismo oficial responsable de la supervisión del esquema es el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, llevándose a cabo la selección tanto en las explotaciones colaboradoras como en los centros de testaje. En las fincas se valora la descendencia de sementales escogidos e inscritos en el Registro Definitivo Superior, mediante el control del peso a diferentes edades y el desarrollo esquelético y muscular de sus hijos. Los datos obtenidos son sometidos al análisis estadístico mediante el sistema BLUP.

El control de las vacas en las fincas se ciñe al estudio de su fertilidad y vocación maternal mediante el estudio de la aptitud y el intervalo entre partos, así como el peso de los terneros al nacimiento y edad tipo de 120 días. También se evalúa el desarrollo del esqueleto y la musculatura de las crías. Las madres inscritas en el Registro Definitivo Superior cuyos índices resulten ser superiores a la media obtienen el título de Reproductora Recomendada. Finalmente, a los terneros controlados en las fases anteriores se les suministra pienso de crecimiento «ad libitum», siendo pesados de nuevo a la edad tipo de 210 días y sometidos a los 8 meses de edad a calificación morfológica. Los terneros con mejores cualidades para todos los índices son trasladados a los centros de testaje, adquiriendo el título de Novillo Promesa.

Los centros de testaje se encuentran en Aia (Guipúzcoa), Badajoz y Colmenar Viejo (Madrid). Los novillos promesa entran en dichas estaciones con 9 meses de edad, permaneciendo en ellas hasta los 15 meses durante este período se evalúan diversos aspectos como:

- El crecimiento del animal, mediante la realización de distintas pesadas y el estudio de la ganancia media diaria y los índices zoométricos.
- El alimento ingerido y el índice de conversión.
- La actividad sexual, la calidad y cantidad de esperma.
- La calificación morfológica.

Los novillos cuyos resultados son superiores a la media los animales testados adquieren el título de reproductor joven, siendo clasificados en función de sus características mejorantes como de tipo Cría, si destacan su carácter racial y desarrollo esquelético, Cárnico, si predomina el desarrollo muscular, y Mixto, si coexisten ambas aptitudes.

En una fase más avanzada del esquema de selección se evaluará tanto en las explotaciones y centros de testaje como en los mataderos y cebaderos las características de la descendencia de las Reproductoras Recomendadas y los Reproductores Jóvenes.

### 3.7.3. Raza Charolesa. (Asociación de criadores de ganado vacuno Charolés de España, 2013)

Origen e historia.

La cuna de la raza Charolesa es Francia. Contaba, en la región de Charolaie del Departamento del Seône et Loire, con un núcleo de ganado bovino caracterizado por su buen tamaño corporal y dedicado a la producción de trabajo, pero que desde siempre era famoso por sus cualidades cárnicas. Reducida o perdida su aplicación como motor animal, fue canalizada hacia la carne, apoyando este objetivo con el cruzamiento con la raza inglesa Shorthorn (Durham, para la literatura francesa) raza reconocida en esta aptitud. La selección posterior, del ganado autóctono y de los mestizos con sangre inglesa, condujo a la formación de la raza Charolesa, también llamada Nivernesa al principio, ya que el proceso que relatamos tuvo lugar paralelamente en la vecina región de Nievre.

La expansión no se hizo esperar, por lo que muy pronto ocupó la región central de Francia, para después generalizarse por todo el país. Se exportó precozmente, pero fue a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando tomó carta de naturaleza como mercancía habitual del comercio exterior francés, hasta el punto de que hoy se encuentra repartida en más de 50 países.

Con independencia de alguna entrada esporádica, nada significativa y que pasó desapercibida, hay que fechar la iniciación de la creación del núcleo español en 1962, por determinación del antiguo Ministerio de Agricultura, con cargo a un programa que tuvo plena vigencia y notable actividad durante la siguiente década, reforzado posteriormente y hasta nuestros días, por iniciativa particular.

Es el Herd-Book francés quien considera y califica a España como el punto más importante de implantación de la raza fuera de Francia.

### Características morfológicas

La raza Charolesa agrupa animales ortoides, hipermétricos, y longilíneos. De gran formato corporal (hembras 700-900 Kg y machos 1000 Kg), su conformación es compacta y simétrica, presentando las líneas superior e inferior del cuerpo rectas y paralelas. Los cuernos son de sección circular, alargados y de color blanco. Su capa es característica, blanco uniforme con posibles variantes hacia el crema e incluso hasta el trigueño, con mucosas rosadas.

Figura 16. Toro de raza Charolesa. [www.feagas.com](http://www.feagas.com).



El pelo puede ser corto en verano, se espesa y se alarga durante las épocas de frío. La mayoría de los terneros nacen con botones córneos aunque muchos criadores los extirpan cuando los terneros son jóvenes.

Una de sus características más destacables consiste en la musculatura sumamente desarrollada que se encuentra en las extremidades y sobre el lomo.

El ganado de raza Charolesa es de gran tamaño: los toros adultos pesan 900 a 1250 Kg y las vacas de 560 a 950 Kg.

Figura 17. Vaca y ternero de raza Charolesa. [www.feagas.com](http://www.feagas.com)



Diversas pruebas de comportamiento señalan los siguientes rendimientos. Los animales en cebo tienen un aumento de peso diario de 1.58 Kg y un índice de conversión de 7.26. En cuanto a la eficiencia reproductora la raza Charolesa ha mostrado una tasa de preñez de 81%, tasa de supervivencia de 96%, así como una tasa de destete de 78%.

Sistema de explotación (Feagas, 2013)

La raza Charolesa se caracteriza por su robustez, aprovechamiento forrajero, muy buen índice de transformación y por ser una raza paternal ideal en el aspecto genético.

Considerado como ganado selecto, su manejo se basa en la monta natural e inseminación artificial sólo con sementales sobresalientes. El sistema de

explotación es mixto, pastoreo de naturaleza variada, dependiendo del hábitat en el que se encuentren, y raciones complementarias en épocas restrictivas.

Su dotación morfo-fisio-constitucional la sitúa como arquetipo ideal de los bovinos de aptitud cárnica, permitiéndole obtener unos rendimientos cárnicos elevados, tanto en cantidad como en calidad. Es una raza con un buen comportamiento en cebadero, logrando excelentes índices de conversión y ganancias medias diarias.

Sus productos en el mercado abarcan un amplio abanico de pesos y edades, destacando el macho de 15 a 16 meses que, una vez destetado, se finaliza con alimentación intensiva.

El vacuno mayor, en un plano secundario, proporciona unas carnes rojas de gran calidad.

Producciones.

Las vacas son apreciadas por sus cualidades de cría:

Fertilidad y prolificidad (alta tasa de partos de gemelos).

Buena producción de leche para la alimentación de los terneros (de las mejores entre las razas de carne).

Muy alta velocidad de crecimiento.

Animal rústico, con una buena capacidad de adaptación a diferentes condiciones de cría, notablemente una elevada ganancia de peso con forrajes bastos.

La selección tiene como objetivo mejorar la capacidad de parto, sobre todo la facilidad de parto para el uso de toros charoleses sobre razas lecheras (en particular, la raza Normanda en Francia).

Los toros charoleses son muy demandados para la exportación y sus precios son muy elevados pues se considera que transmiten a sus descendientes sus cualidades cárnicas ([generalidadesdeganaderiabovina.blogspot.com](http://generalidadesdeganaderiabovina.blogspot.com)).

Selección genética (Programa de selección genética de la raza bovina Charolesa, 2015. asociaciondecharoles.com).

De conformidad con lo establecido en el artículo 40 del Real Decreto 2129/2008, de 26 de diciembre, por el que se establece el Programa Nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas. Mediante la resolución de 28 de febrero de 2012, se da publicidad a la Resolución de 27 de febrero de 2012, de la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, que aprueba el programa de la raza bovina Charolesa.

Las acciones de mejora que hasta la fecha han tenido un mayor impacto han estado basadas en la importación de animales o de dosis seminales de toros probados de origen francés. Estas acciones han sido desarrolladas casi exclusivamente por ganaderías incluidas en el Libro Genealógico. Estas acciones han determinado que la población de Charolesa incluida en el Libro Genealógico español actual tenga muy buenos rendimientos productivos.

El objetivo del programa de selección es el incremento de la rentabilidad económica de la explotación de la raza a través de la mejora de los caracteres asociados a dicha rentabilidad, velocidad de crecimiento, conformación carnicera, aptitudes maternas y fertilidad. Estos caracteres se engloban en caracteres reproductivos (ligados a las aptitudes maternas) o en caracteres de crecimiento y cebo.

Existen dos centros de reproducción donde se extrae y almacena el material seminal, que se utilizará por inseminación artificial en el Programa de Mejora de la raza. CENSYRA de Badajoz y CENSYRA de León. El banco de germoplasma está compuesto por semen y embriones.

Los Centros de Testaje en donde se realizan las Pruebas de Valoración Individual de futuros sementales están ubicados en Badajoz, Colmenar Viejo y el centro de Castro-Enriquez de Salamanca.

El proceso de valoración y selección de reproductores se lleva a cabo en tres fases: elección de jóvenes toros que van a ser probados, selección individual en estación de control, pruebas de descendencia y valoración del mérito genético.



## Capítulo 4. Material y Métodos.



El presente trabajo se ha realizado bajo el paraguas de un proyecto de investigación, llamado Terneco.

#### **4.1. Animales, instalaciones y manejo**

##### **4.1.1. Características de los lotes de terneros.**

Se ha trabajado con doce lotes de aproximadamente 25 machos cada uno (Figura 12). En total, 290 terneros en dos anualidades: 2009/2010 (primera anualidad) y 2010/2011 (segunda anualidad).

Los terneros, de entre 5 y 7 meses de vida aproximadamente a su llegada a los cebaderos, procedían de explotaciones extensivas de dehesa de la Comarca de los Pedroches en la provincia de Córdoba y del Valle de Alcudia en Ciudad Real. Estos animales, criados en extensivo con leche de sus madres hasta alcanzar 180-200 Kg de peso vivo, son preparados en la explotación de origen para el cebo intensivo posterior, destetándolos y suministrándoles alimento a base de pienso concentrado y paja al menos un mes antes de ser entregados a los cebaderos de la cooperativa.

Se ha trabajado en dos centros de cebo con diferente procedimiento de alimentación y con terneros de las tres razas más comunes en la zona de estudio. Estos animales se escogieron en base a su peso, y a sus características morfológicas y fanerópticas, de manera que el peso a entrada en cebadero se encontrara en un rango no superior a 25 Kg y poseyeran una pureza étnica superior al 75%. Estos terneros del estudio pasaremos a llamarlos animales de raza Retinta, Limusina y Charolesa.

Figura 18. Esquema relativo a los lotes experimentales.

**Anualidad 2009/2010.**

Cebadero 1 (Alcaracejos). Pienso *ad libitum*+paja de cereal

Lote de 19 terneros de raza Retinta.

Lote de 26 terneros de raza Limusina.

Lote de 25 terneros de raza Charolesa.

Cebadero 2 (Almadenejos). Mezcla unifeed con silo de maíz.

Lote de 25 terneros de raza Retinta.

Lote de 25 terneros de raza Limusina.

Lote de 25 terneros de raza Charolesa.

**Anualidad 2010/2011.**

Cebadero 1. Alcaracejos.

Lote de 20 terneros de raza Retinta.

Lote de 26 terneros de raza Limusina.

Lote de 24 terneros de raza Charolesa.

Cebadero 2. Almadenejos.

Lote de 26 terneros de raza Retinta.

Lote de 25 terneros de raza Limusina.

Lote de 24 terneros de raza Charolesa.

Todos los animales fueron controlados en cebadero, registrándose su peso y variables ecográficas estudiadas. De estos lotes, posteriormente, para análisis instrumental y sensorial se tomaron muestras de 180 animales elegidos al azar de los que participaron en el estudio.

A la entrada a los Centros de Cebo, los animales fueron sometidos a un plan profiláctico para prevenir las enfermedades que más comúnmente afectan al ganado vacuno criado en intensivo, y que engloba:

-Vacunación contra cuatro enfermedades víricas: IBR (síndrome respiratorio bovino), BVD (diarrea vírica bovina), RS (respiratorio sincitial) y PI3 (parainfluenza). Vacunación y revacunación a los 25 días.

-Enterotoxemia. Vacunación y revacunación a los 25 días.

-Desparasitación interna con Ivermectina.

-Administración de un antibiótico de larga duración (13 días), para evitar en la medida de lo posible que aflore enfermedad respiratoria, algo muy común en los primeros días de convivencia, cuando se juntan terneros procedentes de diferentes explotaciones.

La edad media del conjunto de animales (n = 290) a la entrada a cebadero fue 7.2 meses (218.5 días), con un peso medio de 251.9 Kg. En el cebadero con el método de alimentación de pienso y paja *ad libitum* (Alcaracejos), los animales (n = 140), con una edad media de 214 días, comenzaron la fase de cebo con un peso medio de 246.9 Kg; en tanto que en el cebadero con sistema de alimentación unifeed (Almadenejos) (n = 150), la edad y peso medios a la entrada de cebadero fueron 224 días y 257.5 Kg, respectivamente. Por razas, la edad a la entrada a cebadero se situó entre 214 días en la raza Limusina (n = 102) y 224 días en raza Charolesa (n = 98), mientras que el peso osciló entre 243.6 Kg en Limusina y 263.2 Kg en Retinta (n = 90). En la Tabla 12 podemos ver edad y peso de los terneros a la entrada a cebadero.

Tabla 12.- Edad y peso de los terneros a la entrada de cebadero. Estadísticos básicos.

	Factor		N	Edad entrada (días)			Peso entrada (Kg)		
				Media	-95%	95%	Media	-95%	95%
Total			290	218.5	215.8	221.3	252	248.3	255.6
Raza	1		98	221.7	216.9	226.5	250.2	244.8	255.6
Raza	2		102	212.3	207.4	217.2	240.9	235.0	246.9
Raza	3		90	221.7	217.1	226.3	265.7	259.1	272.3
Cebadero		1	140	213.8	210.2	217.4	246.9	241.5	252.3
Cebadero		2	150	223.8	219.6	227.9	257.5	252.9	262.1
R * C	1	1	49	210.9	206.5	215.3	245.5	237.6	253.3
R * C	1	2	49	233.3	225.8	240.7	255.3	247.9	262.7
R * C	2	1	52	203.4	197.1	209.6	231.8	224.5	239.1
R * C	2	2	50	224.7	218.6	230.9	253.6	244.9	262.3
R * C	3	1	39	231.1	226.1	236.1	268.6	257.8	279.4
R * C	3	2	51	213.2	206.6	219.9	263.1	254.8	271.4

Razas: 1 = Charolesa; 2 = Limusina; 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema pienso y paja; Cebadero 2 = Sistema unifeed.

#### 4.1.2. Características de los Centros de Cebo.

##### **Centro de Alcaracejos. Alimentación con pienso y paja *ad libitum*.**

Situado en el término municipal de Alcaracejos, provincia de Córdoba. Se construyó en el año 1998. Tiene 3500 plazas de cebo.

##### *Área de recepción*

Existe una nave de 4000 m<sup>2</sup> compuesta por 8 corrales de 500 m<sup>2</sup> cada uno, en la que se llevan a cabo las labores de recepción de terneros procedentes de las explotaciones de los socios de la Cooperativa, con capacidad para albergar un total de 1000 animales.

### *Zona de Cebo*

Posee 10 naves de idéntica estructura con una superficie de 2000 m<sup>2</sup> cada una, 1000 m<sup>2</sup> de superficie cubierta y el resto de patio. Cada una a su vez se divide en 10 corrales que albergan a un máximo de 25 animales para que cada ternero disponga de un mínimo de 4 m<sup>2</sup> de superficie techada. En los laterales de cada nave, existen unos pasillos de manejo con una manga habilitada para las tareas de clasificación y apartado de terneros y un embarcadero como herramienta fundamental para las labores de carga y descarga. Los patios permanecieron cerrados durante el estudio para eliminar un factor de variación más, ya que en el otro cebadero del estudio el cebo es en patios cubiertos. Por otro lado queríamos dar a los animales la misma superficie por cabeza.

Figura 19. Nave de cebo. Centro de Alcaracejos (Córdoba).



El régimen de alimentación utilizado es el cebo tradicional a base de concentrado y paja que se administra a libre disposición a los terneros, si bien el manejo de la alimentación está perfectamente definido para optimizar al máximo todas las fases de estancia de los terneros en el Centro de Tipificación. Los terneros dispusieron de cuatro metros de comedero por parque para la administración de concentrado y de tres metros para el suministro de paja.

### **Centro de Almadenejos. Alimentación con mezcla unifeed.**

Situado en la comarca de Almadén (Ciudad Real), en el municipio de Almadenejos. Su construcción data de 2004. La principal diferencia con Alcaracejos es que es un modelo cubierto y que la alimentación es con mezclas unifeed. Tiene capacidad para 4800 terneros (Figura 15).

#### *Área de recepción*

Está compuesta de una nave de 3.500 m<sup>2</sup>, con pasillos de alimentación laterales y una zona central de manejo que permite el fácil movimiento y clasificación de los animales en esta primera fase. Techada en su totalidad, está dividida en 14 corrales y tiene capacidad para 700 terneros.

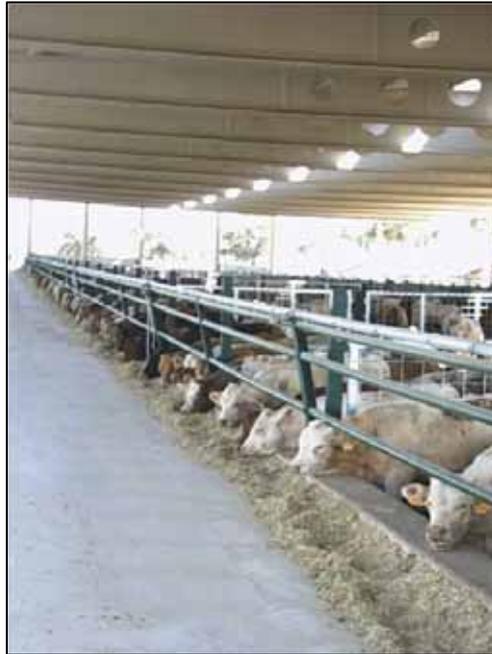
Se tomaron tres corrales para el estudio, que estaban situados en esta nave. El motivo de situarlos en ella es que esta nave posee una zona techada para pesada y hacer ecografía a los animales, lo cual facilitó el manejo. Cada animal, al igual que en Alcaracejos, dispuso de 4 m<sup>2</sup> de superficie.

Los animales disponían de 10 m de comedero por lote de 25 cabezas.

#### *Zona de Cebo*

Las 10 naves de cebo, con pasillos de alimentación central, tienen capacidad para 420 terneros cada una, y están divididas en 40 corrales por nave.

Figura 20. Nave de Recepción. Centro de Almadenejos, alimentación con mezclas unifeed.



Las principales características constructivas de las mismas son:

-Naves sobre hormigón pretensado y cerramiento de 1.5 metros de altura quedando el resto abierto.

-La cubierta de las naves, tipo sandwich con parte metálica exterior, espuma de poliuretano de 35 mm y chapa de aluminio en su parte interior

-Poseen el tipo de ventilación “ventury”, que permite la perfecta aireación sin la presencia de corrientes.

-Los terneros permanecen en todo momento resguardados de la lluvia e inclemencias del tiempo, ya que toda la superficie de estancia es techada. El diseño permite aprovechar las propiedades beneficiosas del sol y una correcta ventilación.

-El suelo hormigonado en su totalidad facilita la limpieza.

-Poseen pasillos de alimentación, con una suficiente de comedero adecuada para el correcto suministro de la mezcla unifeed.

-División en pequeños lotes (11-12 animales por corral en la ubicación definitiva, con más de 4 m<sup>2</sup> para cada uno).

-La alimentación, con mezclas húmedas, se elabora en la Planta de Alimentación ubicada en el propio Centro. Está compuesta por:

-Diez trincheras o silos de 60 metros de longitud, 15 metros de anchura y 3 metros de altura, en las que se ensila maíz picado para utilizarlo todo el año. Cada trinchera almacena unos dos millones y medio de Kg.

-Seis trojes o silos de almacenamiento de materias primas

-Dos carros de alimentación, uno de ellos autopropulsado, que elaboran y reparten las raciones dos veces al día.

### 4.1.3. Alimentación suministrada a los terneros.

Existen, como se ha comentado, dos Centros de Cebo con dos sistemas de alimentación diferentes. El suministro de comida era *ad libitum* en ambos cebaderos. En Alcaracejos (Córdoba), la alimentación era a base de pienso concentrado y paja de cereal, suministrados *ad libitum*. En Almadenejos (Ciudad Real) la alimentación era a base de mezcla unifeed repartida con carro mezclador autopropulsado en los pasillos de alimentación. Esta mezcla está compuesta por pienso concentrado, silo de maíz y paja de cereal.

En cada uno de los centros, hay tres tipos de raciones:

- Iniciación, para los primeros 15 días de adaptación.

- Crecimiento, desde que termina la iniciación, y hasta los 2/3 meses antes del sacrificio.

- Finalización, que consumen hasta el día de sacrificio.

A continuación, en las Tablas 13 a 16, se describen los ingredientes y composición de las diferentes dietas.

Tabla 13. Ingredientes y análisis nutricional del pienso de crecimiento en Alcaracejos, sistema de alimentación a base de pienso y paja *ad libitum*.

INGREDIENTES	% DE LA RACIÓN	ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA RACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE MATERIA SECA
Cebada cervecera	34.09	Materia seca	88.56	
Maíz	35	UFC	103.96	117.37
Soja 44%	14.11	Proteína bruta	14.5	16.37
Terocerilla	12	Grasa bruta	4.03	4.55
		A+A	45.28	51.12
Grasa Hidrogenada 99%	0.5	Fibra bruta	4.23	4.77
Jabón cálcico de palma	1	FAD	5.60	6.32
Carbonato cálcico	1.79	FND	14.90	16.82
Sal común	0.3	PBP	5.02	5.66
Magnesio óxido 50-51%Mg	0.2	Ca	0.87	0.98
Corrector Covap	0.4	P TOT	0.41	0.46
TOTAL	100.0	Cenizas	5.73	6.46

UFC: unidades forrajeras carne. A+A: azúcares más almidones. FAD: fibra ácido detergente. FND: fibra neutro detergente. PBP: PDEG: Ca: calcio. P TOT: Fósforo.

## Material y Métodos

Tabla 14. Ingredientes y análisis nutricional del pienso de cebo en Alcaracejos, alimentación con pienso y paja *ad libitum*.

INGREDIENTES	% DE LA RACIÓN	ANALISIS NUTRICIONAL DE LA RACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE MATERIA SECA
Cebada cervecera	32.27	Materia seca	88.62	
Maíz	36	UFC	106.72	120.48
Soja 44%	14.02	Proteína bruta	14.33	16.17
Tercerilla	12	Grasa bruta	4.98	5.62
Grasa Hidrogenada 99%	1.25	A+A	44.95	50.74
Jabón cálcico de palma	1.25	Fibra bruta	4.16	4.69
Carbonato cálcico	1.71	FAD	5.51	6.22
Sal común	0.3	FND	14.67	16.56
Bicarbonato	0.6	PBP	4.99	5.63
Corrector Covap	0.4	Ca	0.86	0.97
TOTAL	100	P TOT	0.41	0.46
		Cenizas	5.65	6.37

UFC: unidades forrajeras carne. A+A: azúcares más almidones. FAD: fibra ácido detergente. FND: fibra neutro detergente. PBP: PDEG: Ca: calcio. P TOT: Fósforo.

Tabla 15. Ingredientes y análisis nutricional de la ración de crecimiento en Almadenejos, sistema de alimentación a base de mezcla unifeed.

INGREDIENTES	% DE LA RACIÓN	ANALISIS NUTRICIONAL DE LA RACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE EN MATERIA SECA
Cebada cervecera	23.30	Materia seca	66.69	
Maíz	21.55	UFC	72.04	108.02
Soja	11.72	Proteína bruta	10.14	15.2
Magnapac	1.44	Grasa bruta	2.98	4.47
Carbonato Cálcico	0.71	A+A	27.22	40.82
Fosfato monc.	0.20	Fibra bruta	7.64	11.46
Sal	0.26	FAD	9.15	13.72
Corrector	0.36	FND	16.96	25.43
Bicarbonato	0.46	PBP	3.69	5.53
Silo de maíz	30.78	PDEG	6.09	9.13
Paja	9.23	Ca	0.60	0.90
TOTAL	100	P TOT	0.30	0.45
		Cenizas	4.30	6.45

UFC: unidades forrajeras carne. A+A: azúcares más almidones. FAD: fibra ácido detergente. FND: fibra neutro detergente. PBP: PDEG: Ca: calcio. P TOT: Fósforo.

## Material y Métodos

Tabla 16. Ingredientes y análisis nutricional de la ración de cebo en Almadenejos, cuyo sistema de alimentación es a base de mezcla unifeed.

INGREDIENTES	% DE LA RACIÓN	ANALISIS NUTRICIONAL DE LA RACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE MATERIA SECA
Cebada cervecera	24.79	Materia seca	66.05	
Maíz	19.89	UFC	71.99	109
Soja	9.84	Proteína bruta	9.38	14.2
Magnapac	1.99	Grasa bruta	3.4	5.15
Carbonato Cálcico	0.58	A+A	26.75	40.50
Fosfato monoc.	0.08	Fibra bruta	7.89	11.94
Sal	0.24	FAD	9.47	14.33
Corrector	0.39	FND	17.44	26.40
Bicarbonato	0.39	PBP	3.32	5.03
Silo de maíz	31.83	PDEG	5.69	8.62
Paja	9.95	Ca	0.59	0.89
TOTAL	100	P TOT	0.26	0.40
		Cenizas	4.10	6.21

UFC: unidades forrajeras carne. A+A: azúcares más almidones. FAD: fibra ácido detergente.

FND: fibra neutro detergente. PBP: PDEG: Ca: calcio. P TOT: Fósforo.

### 4.1.4. Datos productivos tomados en cebadero y periodicidad.

Mensualmente los animales eran pesados. En el momento de la pesada, se tomaban los consumos de los animales para calcular el Índice de Conversión (IC) en el periodo estudiado. Tanto el peso de los animales como los consumos se tomaron con una periodicidad de  $30 \pm 7$  días.

En el método unifeed, el consumo diario fue contabilizado mediante el carro mezclador de reparto de mezcla húmeda, que registra los Kg de comida repartidos en cada lote de animales, y almacena la información de manera

automática. En el sistema de pienso y paja *ad libitum*, puesto que no existe esta herramienta, la comida se servía con sacos de 40 kg de peso, tomando nota en una hoja de campo de los sacos suministrados diariamente. El día de la pesada de los terneros, se pesaron los Kg de comida existentes en el comedero para poder calcular el índice de conversión.

#### 4.1.5. Realización de ecografías.

Las ecografías se realizaron en las instalaciones de cebo de la cooperativa Covap, ya descritas.

Los terneros fueron escaneados individualmente por un técnico acreditado, el mismo que analizó las imágenes, con una periodicidad de aproximadamente 30 días desde  $30 \pm 5$  días de cebo hasta el final del periodo de cebo. La última ecografía se tomó dentro de la semana previa al sacrificio.

Las ecografías se adquirieron con un ecógrafo Aquila Pro (Esaote Pie Medical), usando una sonda lineal de 18 cm a 3.5 MHz (ASP-18). Las mediciones determinadas (Wall *et al.*, 2004; Bergen *et al.*, 2005) fueron:

-Espesor de grasa subcutánea sobre el músculo *Longissimus thoracis* entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> vértebras torácicas en un punto situado a  $\frac{3}{4}$  de la longitud ventral del ojo de la chuleta.

-Area del *Longissimus dorsi* entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> vértebras torácicas.

-Porcentaje de grasa intramuscular, medido en la imagen longitudinal del *Longissimus dorsi* entre la 10<sup>a</sup> y 12<sup>a</sup> vértebras torácicas.

-Espesor de la grasa subcutánea de la cadera a nivel de la unión del *Bíceps femoris* y *Gluteus medius* en la línea que une el *ischium* y el *illium* (Greiner *et al.*, 2003).

-Profundidad del músculo *Gluteus medius*, medida inmediatamente debajo de la unión de los músculos *Gluteus medius* y *Bíceps femoris*, con la sonda colocada aproximadamente a 2.5 cm de la punta del anca y paralela a la línea vertebral.

Previo a la realización de las ecografías, los animales se introdujeron en un cepo de contención y fueron inmovilizados por la cabeza. Para obtener una buena señal acústica, las zonas a ecografiar (localizadas mediante palpación) se impregnaron con aceite vegetal, atemperado a 25-30°C. Los animales se ecografiaron cuando estaban relajados y adoptaban una postura adecuada para la correcta obtención de las imágenes. En cada animal se tomó una ecografía para espesor de grasa subcutánea a nivel dorsal y en la cadera, área del m. *Longissimus thoracis* y profundidad del *Gluteus medius*, y cuatro ecografías independientes para el contenido en grasa intramuscular. Para asegurar la independencia entre imágenes, la sonda fue retirada entre imágenes consecutivas y la piel fue re-impregnada de aceite. Las ecografías para determinar el contenido en grasa intramuscular, espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera y profundidad del músculo *Gluteus medius* se tomaron sin adaptador.

Los valores de las variables analizadas también se expresaron como valores por 100 Kg de peso vivo usando la fórmula de Turner *et al.* (1990):

$$\text{Variable}_{100\text{kg}} = (\text{variable} * 100 / \text{peso})$$

Figura 21. Realización de ecografías (P8 y profundidad del m. *Gluteus medius*).



## **4.2. Matadero o centro de sacrificio.**

El matadero donde se sacrificaron los terneros, es el de la cooperativa COVAP, situado en Pozoblanco (Córdoba) a 15 km del Centro de Alcaracejos y a 75 km del Centro de Almadenejos. Su construcción data de 2005, y en él se sacrifican tres especies animales: ovino, vacuno y porcino. Los animales fueron trasladados la tarde anterior de su sacrificio al matadero, pasando la noche en los corrales del mismo. Los terneros nunca permanecieron más de 12 horas en los corrales antes de ser sacrificados.

### **4.2.1. Momento de sacrificio.**

Cuando el conjunto de animales de cada corral alcanzó el peso final establecido (500-525 Kg para los terneros de raza Retinta, y 540-580 Kg para los de raza Charolesa y Limusina, de acuerdo a las preferencias del mercado local), los terneros fueron transportados al matadero de la Cooperativa COVAP ubicado en la localidad de Pozoblanco (Córdoba). Los terneros fueron ubicados en corrales individuales, con acceso al agua y donde permanecieron durante no más de 12 horas.

### **4.2.2. Tipo de sacrificio.**

El sacrificio se realizó siguiendo los procedimientos comerciales habituales (Real Decreto 147/1993; RD 315/1996; RD 1376/2003; RD640/2006), y fueron faenados conforme a los estándares oficiales de la UE.

Previo al sacrificio, los animales fueron pesados en una báscula individual y aturridos mediante un disparo con bala cautiva a nivel de la región frontal. Tras ser suspendidos por una de las extremidades posteriores se procedió al desangrado a nivel de las carótidas y de la yugular. A continuación se separa la cabeza a nivel de la articulación occipito-atloidea y las extremidades a nivel de

la articulación carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana. Posteriormente son desollados y eviscerados.

### 4.2.3. Análisis y mediciones realizados en matadero.

Una vez faenada la canal, se procedió a la valoración visual de la conformación y el grado de engrasamiento siguiendo el sistema europeo (EU regulation N° 1208/81, 1026/91), por parte de un técnico con titulación oficial homologada. Las canales se clasificaron usando la escala de clasificación SEUROP por conformación (desde S = superior hasta P = pobre; escala que se expandió en dieciocho categorías con los signos + y -). El nivel de engrasamiento se clasificó desde 1 = pobre hasta 5 = muy graso (Reglamento CE N° 103/2006).

Inmediatamente después se procedió a cuantificar el color del m. *Rectus abdominis* y de la grasa subcutánea, a tres niveles diferentes, con espectrofotocolorímetro Minolta. El color se cuantificó en el espacio CIE L\*a\*b\* mediante mediciones en tres localizaciones diferentes (CIE 1976 L\*a\*b\*).

A continuación se procedió monitorizar el pH (Crison 507, Crison Instruments SA, Barcelona, España) y la temperatura (termómetro Luftman-Digion Blue Linel) a 20 minutos post mortem en el centro geométrico del m. *Longissimus lumborum* entre la 4ª y 5ª vértebras lumbares.

En las figuras 21 y 22 vemos la toma de datos de colorimetría y de temperatura respectivamente en las canales de COVAP.

Figura 21. Toma de datos de colorimetría en matadero COVAP.



Figura 22. Toma de temperatura en hemicanal izquierda.



Una vez clasificadas, las canales se dividieron longitudinalmente en dos hemicanales y se introdujeron en una cámara a 2-4°C durante 24 horas. Tras la refrigeración se procedió a determinar de nuevo el pH, la temperatura y el color del músculo *Rectus abdominis* y de la grasa subcutánea, así como a cuantificar las principales medidas de longitud, profundidad, espesor y perímetros (De Boer *et al.*, 1974; Toscano *et al.*, 1998). Las medidas realizadas en la canal fueron:

-Longitud de la canal (A-B): distancia entre el punto más craneal de la sínfisis pubiana y el borde craneal de la primera costilla.

-Profundidad de la canal (C-D): distancia entre el borde ventral del canal espinal, a nivel del borde posterior del cuerpo de la 5ª vértebra torácica, al borde ventral de la mitad del cuerpo de la 6ª estérnebra.

-Longitud de la pierna (A-F): distancia entre el maléolo medial de la tibia al borde anterior de la sínfisis pubiana

-Anchura de la pierna 1 (G-H): distancia entre los puntos más exteriores de las superficies lateral y medial de la pierna

-Anchura de la pierna 2 (J-H): desde la cara medial de la sínfisis del pubis hasta el punto de espesor máximo en la superficie lateral de la pierna.

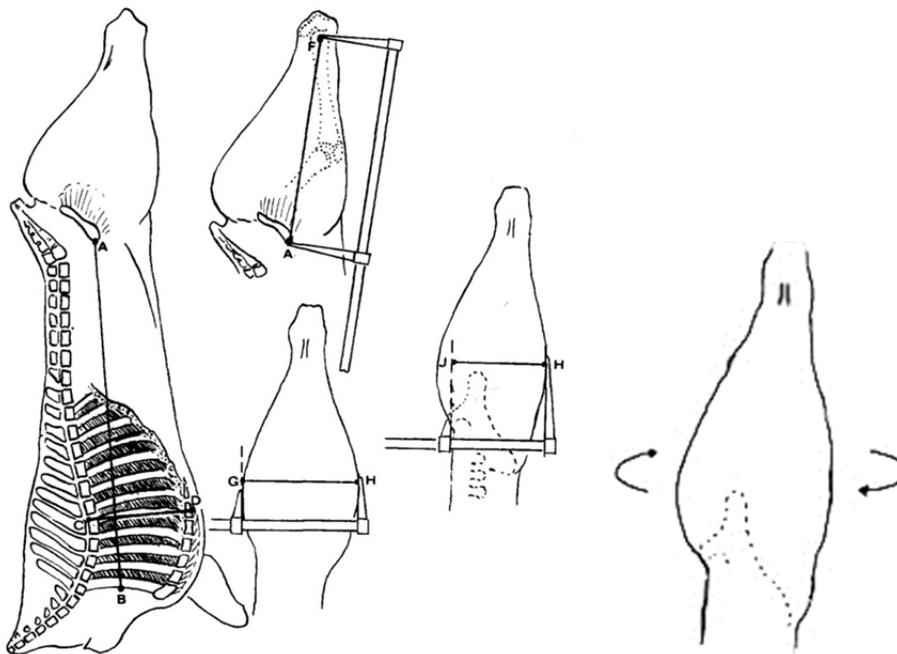
-Perímetro de la pierna: tomado entre los puntos de referencia de la anchura de la pierna 1.

Así mismo se determinaron el índice de compacidad de la canal (longitud de la canal/peso de la canal) y de la pierna (longitud de la pierna/peso de la canal), y la relación entre longitud de la canal y profundidad de la canal.

La hemicanal derecha se despiezó en cuatro trozos: delantero, bola, riñonada y falda.

En la Figura 18 vemos un esquema de las diferentes mediciones de la canal y en la Figura 19, la medición de la longitud de la canal A-B en el matadero de COVAP.

Figura 23.- Mediciones de la canal.



Fuente: De Boer *et al.* (1974) y Toscano *et al.* (1998).

Figura 24. Mediciones en la canal.



### 4.2.4. Toma de muestras para análisis instrumental y sensorial.

De cada hemicanal izquierda se extrajo el trozo tricostal comprendido entre la 9ª y 13ª costilla, para análisis instrumental (Universidad de Córdoba), y el trozo comprendido ente la 13ª vertebra torácica y 4ª lumbar, para análisis sensorial (Universidad de Zaragoza).

Figura 25. Pieza utilizada para la obtención de las muestras.



### 4.3. **Análisis instrumental. Universidad de Córdoba.**

El trozo tricostal compuesto por las 10ª-11ª-12ª vértebras torácicas fue dividido en tres partes. La parte compuesta por la 12ª vértebra torácica y su correspondiente musculatura se destinó al análisis instrumental a 24 horas *post-mortem*, mientras que las correspondientes a las vértebras 11ª y 10ª se envasaron al vacío y se mantuvieron en cámara a 2°C durante 7 y 21 días, respectivamente. Los tres trozos fueron sometidos a disección, separándolos en músculo, grasa y hueso. La sección correspondiente a la región lumbar se

dividió en dos mitades, que se envasaron al vacío y se maduraron a 2-4 °C durante 7 y 14 días.

En las muestras destinadas al análisis instrumental se determinó el color del músculo (tres mediciones), el espesor de la grasa subcutánea (tres lugares), la composición tisular (grasa subcutánea, grasa intermuscular, músculo y hueso), la terneza de la carne cruda y cocinada, la capacidad de retención de agua por presión, pérdidas por goteo y por cocinado.

El color del músculo se tomó en tres localizaciones del m. *Longissimus thoracis* tras 1 hora a 4°C.

La cuantificación de las pérdidas por goteo se realizó a través del peso de una muestra de m. *Longissimus thoracis* antes y después de permanecer 24 horas a 2 °C en un tarro de plástico cerrado.

Las pérdidas por cocción se determinaron por la diferencia de peso de una muestra de m. *Longissimus thoracis* antes y después de ser cocinada a 190°C en un grill de doble cara hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. Para el estudio de la terneza en crudo y tras cocinado, se obtuvieron unas lonchas de 2.5 cm de espesor, de las que obtuvieron unas tiras de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> de sección. El estudio de la terneza se realizó con la ayuda de un texturómetro TXT-II equipado con una célula de Warner-Braztler.

#### **4.4. Análisis sensorial. Universidad de Zaragoza.**

Para realizar el análisis sensorial se cogieron 25 cm del lomo izquierdo, tal y como ya se ha comentado, contados a partir de la costilla 13<sup>a</sup>, y se hizo una división de 12.5 cm para destinarlo a dos maduraciones, de 7 y 21 días. Obteniendo así 5 filetes para cada maduración. Es decir, 10 filetes por animal.

Las muestras fueron recibidas en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, a las 48 h tras el sacrificio. Las muestras correctamente identificadas fueron transportadas en cajas de poliespán con bloques de frío. Los trozos fueron conservados a 4° C y transcurridos los 7 y 21 días de maduración, fueron fileteados, tras golpe de frío, con una fileteadora. Después

se envasaron al vacío y se mantuvieron en congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta el análisis.

### 4.4.1. Análisis sensorial con panel entrenado.

El panel entrenado estuvo formado por 9 miembros en cabinas normalizadas y condiciones ambientales controladas. Se siguió un modelo de bloques incompletos para un módulo equilibrado en el que dentro de cada comparación se valoraba la carne de los 6 grupos experimentales con sus 2 maduraciones (7 y 21 días). En total doce tratamientos (3 genotipos x 2 cebaderos x 2 tiempos de maduración) valorados a lo largo de 15 sesiones.

Cada sesión tuvo una hora de duración y en ella se analizaron 3 platos de 4 muestras cada uno. Se realizaron dos sesiones por día, con un descanso medio de 20 minutos entre ambas.

Todos los filetes envasados al vacío se descongelaron previamente antes de cada sesión. Para ello se introdujeron 24h antes en un frigorífico a  $4^{\circ}\text{C}$ . Dos horas antes de llevar a cabo el análisis se sacaron los filetes hasta alcanzar una temperatura interna de unos  $15-17^{\circ}\text{C}$ .

La carne fue cocinada en un grill de doble placa a  $200^{\circ}\text{C}$ , hasta que la temperatura interna del filete alcanzaba los  $70^{\circ}\text{C}$ . Los filetes fueron cortados en cubos de  $2 \times 2 \times 2$  cm., envueltos en papel de aluminio y mantenidos en todo momento a una temperatura de entre  $45$  y  $55^{\circ}\text{C}$ , hasta el momento de su análisis, que se realizó de manera casi inmediata sobre platos precalentados.

Figura 26. Cabinas para análisis sensorial. Universidad de Zaragoza.



Figura 27. Momento de cocinado para análisis sensorial. Universidad de Zaragoza.



### 4.4.2. Análisis de consumidores.

El estudio de consumidores, habituales de carne de vacuno, se realizó en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, con 250 personas (Tabla 17).

Tabla 17. Descripción de la población de consumidores. N = 250.

Edad (años)	(%)
<25	25.5
26 a 40	30.4
41 a 55	20.8
>56	21.6
Sexo	
Varones	48.8
Mujeres	51.2

El diseño experimental se planteó en 25 sesiones de una hora de duración con 10 consumidores en cada una, cada uno de ellos valoró los 12 grupos experimentales. En dicha valoración se consideraron únicamente tres atributos: aceptabilidad general, aceptabilidad de la ternura y aceptabilidad del sabor, mediante escalas hedónicas estructuradas de 8 puntos, traducidas a una puntuación de 9 puntos por eliminación del punto intermedio neutral.

La preparación de las muestras y el cocinado se hizo de la misma manera que para el panel sensorial.

En el estudio de consumidores se presentarán los resultados de las dos anualidades, a diferencia del resto del trabajo.

#### **4.5. Análisis estadístico.**

El paquete estadístico SAS 9.1 (SAS, 2004) se utilizó en todos los análisis. Los datos de crecimiento, consumo, medidas ultrasónicas y las características de la canal y de la carne fueron analizadas usando el procedimiento MIXED, utilizando el sistema de alimentación (concentrado + paja; mezcla unifeed), raza y sistema x raza como efectos fijos, y el corral anidado dentro de sistema x raza como efecto aleatorio. En un análisis previo no se observó influencia de la anualidad, por lo que este factor no se consideró posteriormente. El peso vivo a la entrada al cebadero, el peso de la canal y el pH a las 24 horas postmortem se utilizaron como covariables en los análisis del crecimiento, de las características de la canal y de la carne, respectivamente.

El efecto de la maduración sobre las características instrumentales de la carne se analizó mediante medidas repetidas usando el procedimiento MIXED. El modelo estadístico incluyó el sistema de alimentación, raza, maduración, sistema x raza, sistema x maduración, raza x maduración y sistema de alimentación x raza x maduración como efectos fijos y el corral anidado dentro de sistema x raza como efecto aleatorio.

Para analizar los datos procedentes del panel entrenado se utilizó un análisis de varianza a través de un GLM con la raza, sistema de alimentación y maduración como efectos fijos y miembro panel como aleatorio (SPSS). Para valorar las diferencias entre medias se utilizó un test Duncan dentro de cada interacción.

En el caso de los datos procedentes del panel de consumidores se utilizó un análisis de varianza a través de un GLM con la raza, sistema de alimentación y maduración como efectos fijos, y consumidor como aleatorio (SPSS). Para valorar las diferencias entre medias se utilizó un test Duncan dentro de cada interacción



## Capítulo 5. Resultados y Discusión.



## 5.1. Resultados obtenidos en cebadero.

### 5.1.1. Pesos y edades a la entrada y salida de cebadero.

La edad media del conjunto de animales ( $n = 290$ ) a la entrada a cebadero fue 7.2 meses ( $218.5 \pm 1.4$  días), con un peso de  $251.9 \pm 1.8$  Kg (Tabla 18). En el cebadero con sistema pienso y paja ( $n = 140$ ), los animales, con una edad media de  $213.8 \pm 1.8$  días, comenzaron la fase de cebo con un peso medio de  $246.9 \pm 2.7$  Kg; en tanto que en el de mezcla unifeed ( $n = 150$ ), la edad y peso medios a la entrada de cebadero fueron  $223.8 \pm 2.1$  días y  $257.5 \pm 2.3$  Kg, respectivamente. Por razas, la edad a la entrada a cebadero se situó entre  $212.3 \pm 2.5$  días en la raza Limusina ( $n = 102$ ) y  $224.0 \pm 2.4$  días en la raza Charolesa ( $n = 98$ ), mientras que el peso osciló entre  $240.9 \pm 3.0$  Kg en la raza Limusina y  $265.7 \pm 3.3$  Kg en la raza Retinta ( $n = 90$ ).

Estos pesos y edades son inferiores a los utilizados por Cooke *et al.* (2004) para terneros de raza Charolesa en Irlanda, en un estudio donde se comparan diferentes parámetros productivos con diferentes tipos de alimentación. En este estudio, el peso inicial fue de 377 Kg y la edad de 440 días. Esta diferencia de peso y edades es debida a los diferentes sistemas de producción en ambos países. En Irlanda, en el estudio que comentamos, los cebaderos son sólo utilizados como finalizadores del cebo. Sin embargo, las variables de nuestro estudio se encuadran dentro del rango de edades y pesos al inicio del periodo de cebo del estudio de Piedrafita *et al.* (2003) realizado en 10 razas de bovino de carne del suroeste de Europa, explotadas en sus tradicionales sistemas de producción.

El periodo de cebo duró una media de 205 días, 196 días en el cebadero con sistema unifeed y 214 días en el de pienso y paja (Tablas 18 y 19), lo que estaría dentro del rango ofrecido por Piedrafita *et al.* (2003), y fuera del utilizado en el trabajo de Cooke *et al.* (2004), en el que la duración del cebo fue de 96 días.

Tabla 18.- Edad y peso de los terneros a la entrada de cebadero. Estadísticos básicos.

	Factor		N	Edad entrada					Peso entrada				
	R	C		Media	S.D.	S.-E.	-95%	+95%	Media	S.D.	S.-E.	-95%	+95%
Total			290	218.5	22.6	1.4	215.8	221.3	252.0	29.4	1.8	248.3	255.6
Raza	1		98	224.0	22.8	2.4	216.9	226.5	250.2	25.7	2.7	244.8	255.6
Raza	2		102	212.3	22.9	2.5	207.4	217.2	240.9	27.8	3.0	235.0	246.9
Raza	3		90	221.7	20.7	2.3	217.1	226.3	265.7	29.6	3.3	259.1	272.3
Cebadero	1		140	213.8	21.1	1.8	210.2	217.4	246.9	31.6	2.7	241.5	252.3
Cebadero	2		150	223.8	23.0	2.1	219.6	227.9	257.5	25.6	2.3	252.9	262.1
R * C	1	1	49	211.4	14.8	2.2	206.5	215.3	246.0	26.5	3.9	237.6	253.3
R * C	1	2	49	233.3	24.2	3.7	225.8	240.7	255.3	24.0	3.7	247.9	262.7
R * C	2	1	52	203.4	21.9	3.1	197.1	209.6	231.8	25.8	3.6	224.5	239.1
R * C	2	2	50	224.7	18.2	3.0	218.6	230.9	253.6	25.7	4.3	244.9	262.3
R * C	3	1	39	231.1	15.3	2.5	226.1	236.1	268.6	32.7	5.3	257.8	279.4
R * C	3	2	51	213.2	21.4	3.3	206.6	219.9	263.1	26.6	4.1	254.8	271.4

R = Raza; C = Cebadero; Razas: 1 = Charolesa 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema pienso y paja; 2 = Mezcla Unifeed; S.D. = Desviación estándar; S.E. = Error estándar

La edad media en la última pesada para el conjunto de animales fue  $424.7 \pm 2.1$  días y el peso medio fue  $540.5 \pm 2.9$  Kg. Variables que ofrecieron valores medios de  $428.0 \pm 3.3$  días y  $554.0 \pm 3.9$  Kg en el cebadero de Alcaracejos (pienso y paja), y  $421.0 \pm 3.9$  días y  $531.5 \pm 3.8$  Kg en el cebadero de Almadenejos (unifeed). Por razas, los valores medios de edad y peso vivo en la última pesada oscilaron entre 396 días en Retinta y 441 días en Charolesa, y 501 Kg en Retinta y 567 Kg en Charolesa, respectivamente.

Estos pesos de sacrificio son superiores a los obtenidos por Flórez Díaz (2008). En este trabajo, tres grupos de terneros de Simmental x Cebú, San Martinero x Cebú y Romosinuano x Cebú, fueron sacrificados con 442, 462 y 473 Kg,

respectivamente. Estos animales fueron cebados en sistemas más extensivos y su edad al sacrificio fue de 26, 26 y 36 meses, respectivamente.

Tabla 19.- Edad y peso de los terneros a la salida de cebadero. Estadísticos básicos.

	Factor		N	Edad final					Peso final				
	R	C		Media	S.D.	S.-E.	-95%	+95%	Media	S.D.	S.-E.	-95%	+95%
Total			290	424.7	34.1	2.1	420.5	428.9	540.5	48.2	2.9	534.9	546.2
Raza	1		98	441.4	25.5	2.7	436.0	446.8	567.3	39.9	4.1	559.2	575.5
Raza	2		102	434.2	27.4	3.0	428.4	440.1	549.3	38.3	3.8	541.7	556.8
Raza	3		90	395.8	30.9	3.5	389.0	402.7	501.1	41.6	4.5	492.2	510.0
Cebadero	1		140	428.0	37.8	3.3	422.7	435.6	554.0	45.9	3.9	548.2	563.7
Cebadero	2		150	421.0	28.8	2.6	414.6	424.9	531.5	46.0	3.8	518.5	533.6
R * C	1	1	49	442.7	27.1	4.0	434.6	450.7	578.6	35.5	5.1	568.2	588.9
R * C	1	2	49	440.0	23.8	3.6	432.7	447.4	555.9	41.1	6.0	543.8	567.9
R * C	2	1	52	438.9	31.7	4.5	430.5	448.5	566.6	28.3	4.0	558.6	574.5
R * C	2	2	50	426.9	18.0	3.0	420.8	433.0	531.7	39.3	5.6	520.5	542.8
R * C	3	1	39	399.1	40.3	6.5	385.9	412.3	513.1	48.3	7.8	497.2	529.0
R * C	3	2	51	392.9	18.9	2.9	387.0	398.7	491.8	33.2	4.7	482.2	501.3

R = Raza; C = Cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema pienso y paja, 2 = Mezcla Unifeed; S.D. = Desviación estándar; S.E. = Error estándar

En las cuatro variables analizadas influyeron significativamente ( $P < 0.01$ ) la raza y el sistema de cebo. La interacción entre ambos factores tuvo una influencia significativa solo en la edad y peso a la entrada a cebadero (Tabla 20).

## Resultados y Discusión

Tabla 20.- Edad y peso de los terneros a la entrada y a la salida del cebadero. Análisis de varianza.

	G.L.	Edad entrada		Peso entrada		Edad final		Peso final	
		F	P	F	P	F	P	F	P
Intercept	1	58744.4	0.000	32089.9	0.000	53361.6	0.000	53361.6	0.000
Raza	2	10.2	0.000	18.4	0.000	67.3	0.000	67.3	0.000
Cebadero	1	32.8	0.000	5.4	0.021	10.9	0.001	10.9	0.001
R*C	2	49.1	0.000	10.2	0.000	0.4	0.647	0.4	0.647

G.L. = grados de libertad; R = Raza; C = Cebadero

Tabla 21.- Valores medios de las edades y pesos de los terneros al inicio y final del periodo de cebo.

	Sistema pienso y paja			Mezcla húmeda unifeed		
	Charolesa	Limusina	Retinta	Charolesa	Limusina	Retinta
Edad entrada	211.4 <sup>a</sup>	203.4 <sup>a</sup>	231.1 <sup>b</sup>	233.3 <sup>a</sup>	224.7 <sup>b</sup>	213.2 <sup>c</sup>
Peso entrada	246.0 <sup>a</sup>	231.8 <sup>b</sup>	268.6 <sup>c</sup>	255.3 <sup>a</sup>	253.6 <sup>a</sup>	263.1 <sup>a</sup>
Edad final	442.7 <sup>a</sup>	438.9 <sup>a</sup>	399.1 <sup>b</sup>	440.0 <sup>a</sup>	426.9 <sup>b</sup>	392.9 <sup>c</sup>
Peso final	578.6 <sup>a</sup>	566.6 <sup>a</sup>	513.1 <sup>b</sup>	555.9 <sup>a</sup>	531.7 <sup>b</sup>	491.8 <sup>c</sup>

A la entrada al cebadero con sistema pienso y paja, los terneros de raza Limusina y Charolesa fueron los que presentaron la menor edad, la cual fue significativamente diferente a la de Retinta, mientras que en el cebadero con el sistema unifeed los animales más jóvenes pertenecían a la raza Retinta. Los terneros entran a cebadero cuando tienen el peso solicitado de 220-250 Kg de peso vivo. La diferencia de edad en alcanzar dichos Kg está muy relacionada con el sistema de producción de las ganaderías, según sea más o menos intensivo. De esta forma, los terneros de raza Retinta que entraron en el cebadero con alimentación unifeed fueron sometidos a un destete más precoz que en los demás grupos, y fueron alimentados con pienso y paja hasta alcanzar los 250 Kg aproximadamente, lo que hizo que alcanzaran el peso de

entrada antes que las otras dos razas. Con esta excepción, podemos ver que los terneros de raza Limusina fueron los más jóvenes a la entrada al cebadero, o los que tardaron menos en alcanzar el peso de entrada, seguidos de los de Charolesa y Retinta.

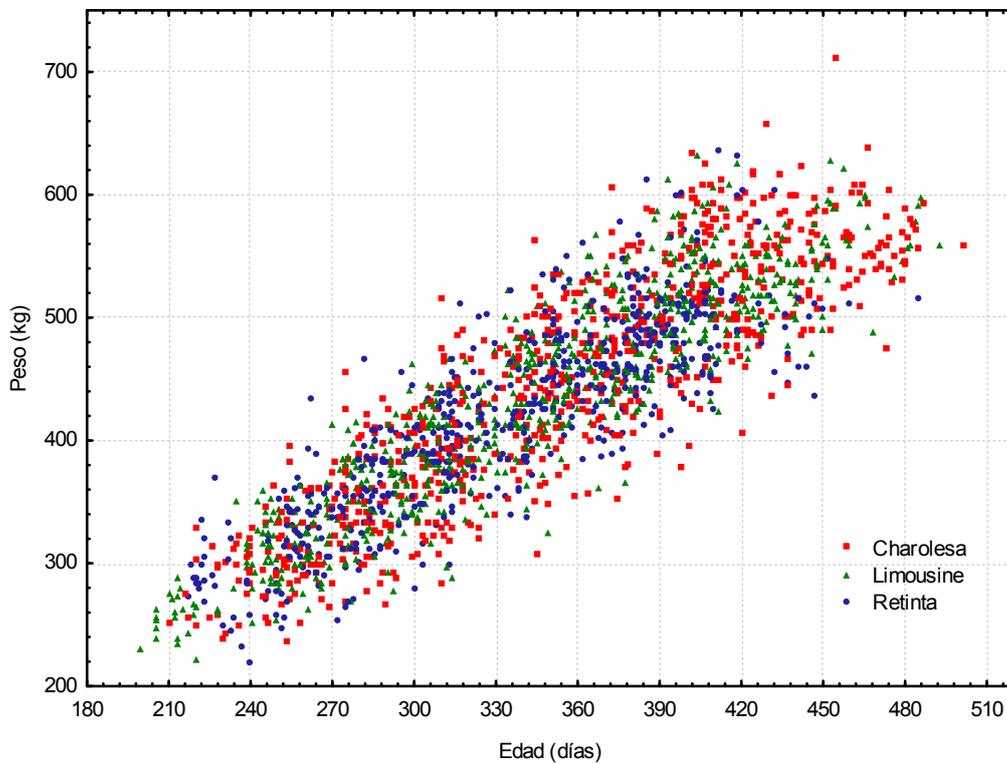
En el cebadero de Alcaracejos (pienso y paja), el peso de entrada difirió significativamente ( $P < 0.05$ ) entre las tres razas, el menor en Limusina y el mayor en Retinta, mientras que en el cebadero de Almadenejos (unifeed) los pesos de entrada de los terneros no difirieron significativamente ( $P > 0.05$ ). En el cebadero con pienso y paja, el mayor peso de entrada de los terneros de raza Retinta está relacionado con su mayor edad.

La edad final difirió significativamente entre la raza Retinta y las francesas (Charolesa y Limusina), siendo inferior la primera en ambos cebaderos. Esto es debido a la decisión de sacrificar los terneros Retintos con menor peso final, tal y como se realiza comercialmente. El peso de sacrificio de los terneros de raza Retinta fue, igualmente y por razones comerciales, inferior en ambos cebaderos, y significativamente diferente a los de las otras razas.

#### 5.1.2. Evolución del peso vivo de los terneros en el periodo de cebo

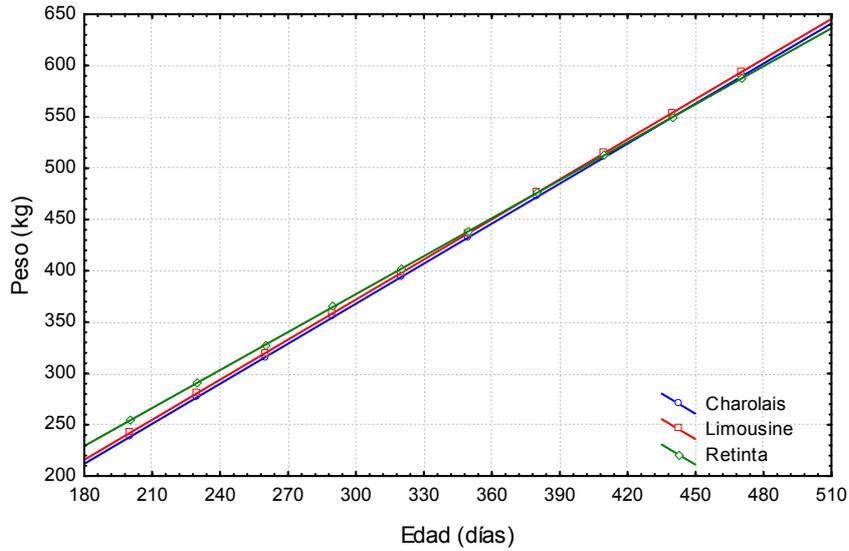
La evolución de los pesos de los terneros a lo largo del periodo de cebo se muestra en el Gráfico 15. Dichos pesos mostraron una dispersión media, mayor al final del periodo de cebo.

Gráfico 15.- Evolución de los valores de peso vivo de los terneros, según razas, durante la fase de cebo.



Como se observa en el Gráfico 16, los terneros de raza Retinta fueron los que mostraron un peso más elevado a la entrada a cebadero, aunque conforme avanzaba el cebo la diferencia con el peso de las razas francesas disminuyó hasta hacerse negativa. Esto es debido a que la velocidad de crecimiento en la raza Retinta fue menor que en las otras.

Gráfico 16.- Pesos medios de los terneros, normalizados a 200, 230, 260, 290, 320, 350, 380, 410, 440 y 470 días de edad.



El peso vivo de los terneros de raza Charolesa a lo largo del periodo de cebo presentó un mejor ajuste a la función logarítmica (Gráfico 17), el de la raza Limusina a una función exponencial (Gráfico 18), y el de la raza Retinta a una función lineal (Gráfico 19).

Gráfico 17.- Evolución del peso vivo de los terneros de raza Charolesa durante la fase de cebo.

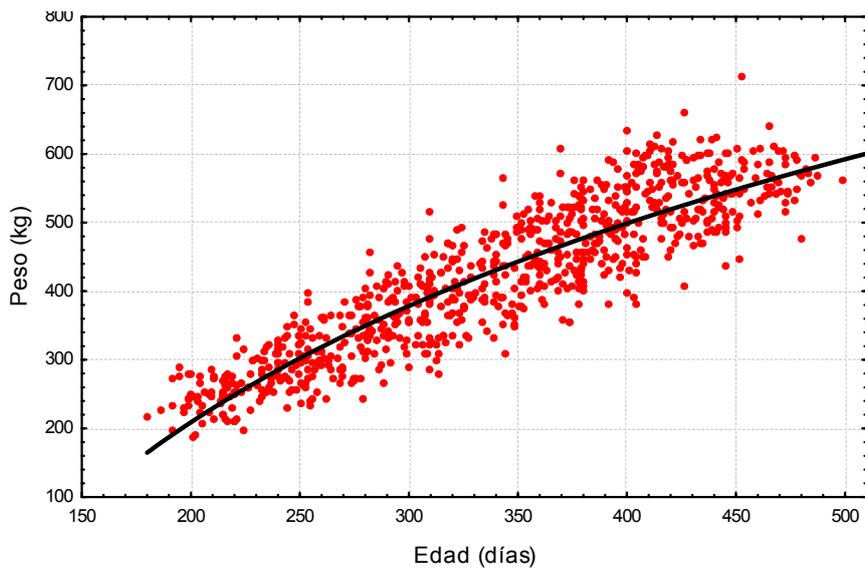


Gráfico 18.- Evolución del peso vivo de los terneros de raza Limusina durante la fase de cebo.

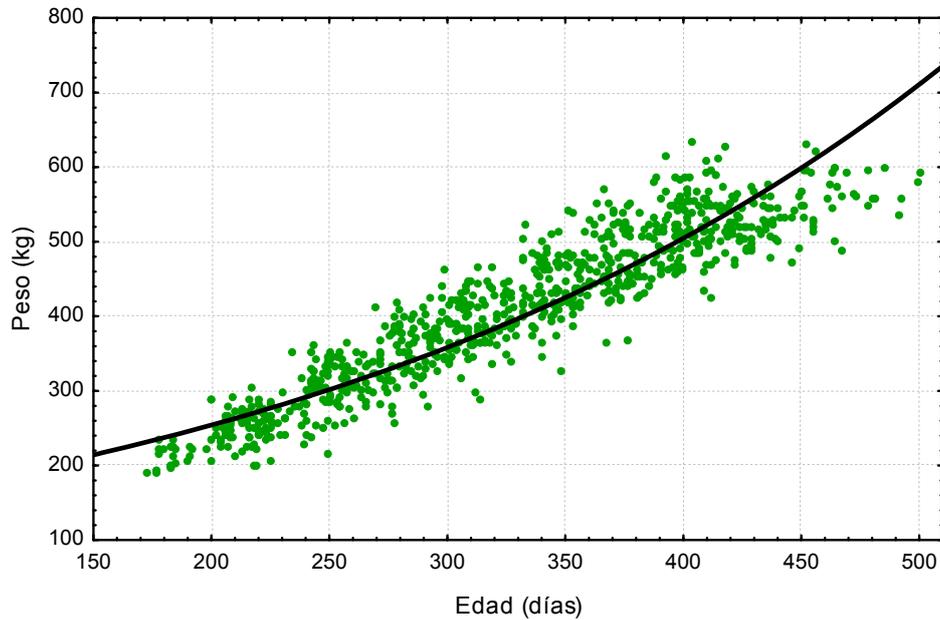
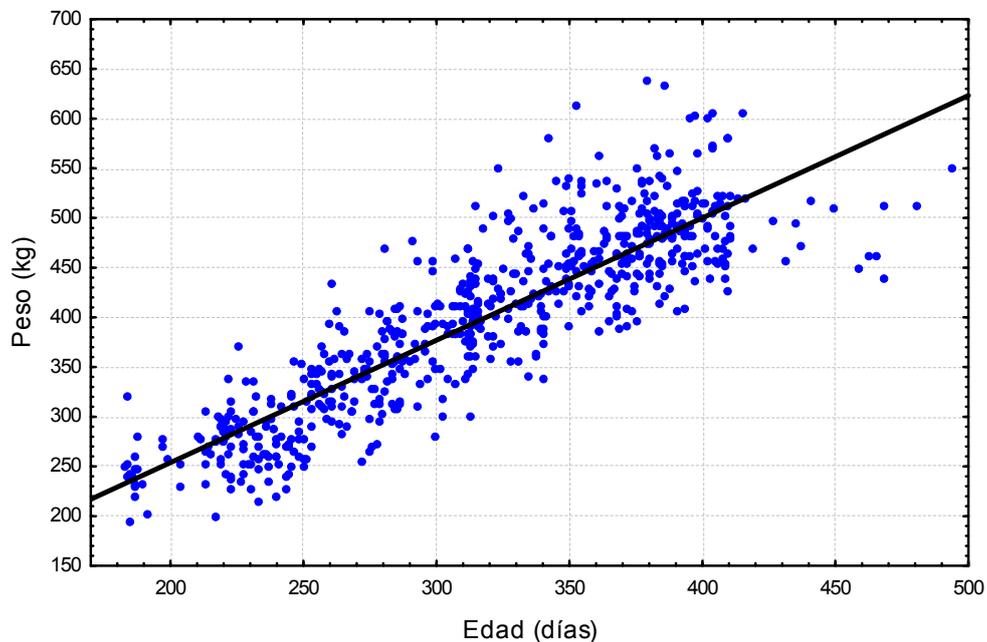


Gráfico 19.- Evolución del peso vivo de los terneros de raza Retinta durante la fase de cebo.



Por cebaderos, la función lineal fue la que presentó el mejor ajuste a la evolución del peso vivo durante la fase de cebo (Gráficos 20 y 21).

Gráfico 20.- Evolución del peso vivo de los terneros durante la fase de cebo en el cebadero de Alcaracejos (concentrado + paja).

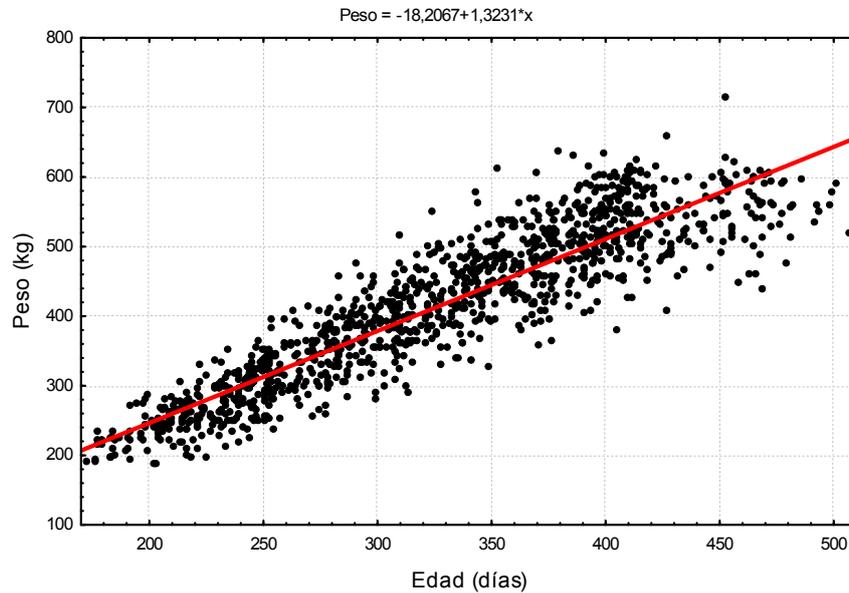
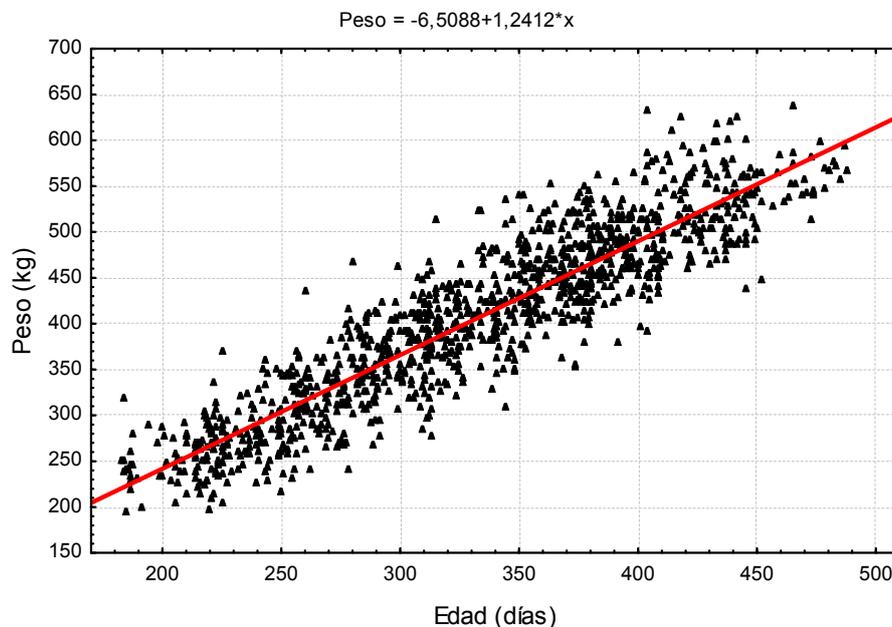


Gráfico 21.- Evolución del peso vivo de los terneros durante la fase de cebo en el cebadero de Almadenejos (mezcla húmeda unifeed).



### 5.1.3. Ganancia media diaria de peso de los terneros durante la fase de cebo

En la Tabla 22 analizamos la influencia de la raza y cebadero, así como su interacción, en la ganancia media diaria (GMD). Vemos que los factores raza y

cebadero, así como la interacción entre ambos, ejercieron una influencia significativa en la GMD.

Tabla 22.- Ganancia media para el conjunto del periodo de cebo. Análisis de varianza.

	SS	MS	F	P
Intercept	695.372	695.372	9762.450	0.000
Raza	0.625	0.313	4.390	0.013
Cebadero	0.866	0.866	12.160	0.001
Raza*Cebadero	0.453	0.226	3.179	0.043

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

En el conjunto de animales y para el total del periodo de cebo, la ganancia media diaria fue 1.42 Kg/día.

La ganancia media diaria (GMD) de los animales estudiados se sitúa en el rango ofrecido por Piedrafita *et al.* (2003). La GMD más baja para el conjunto de terneros fue de 1.36 Kg/día para los terneros de raza Retinta, seguida de la Limusina con 1.42 Kg/día. Los terneros con mayor GMD fueron los de raza Charolesa con una media de 1.48 Kg/día. Estos datos de GMD en Retinta son similares a los 1.30 Kg/día obtenidos por Benito *et al.* (1982), para 520 Kg de peso de sacrificio y a los 1.41 Kg/día ofrecidos por Piedrafita *et al.* (2003) en animales sacrificados con 498 Kg de peso vivo. Sin embargo, son inferiores a los 1.71 Kg/día obtenidos por Franco (1997). Esta diferencia puede deberse a que el peso de sacrificio en este último caso fue algo menor (461 Kg). Otros estudios muestran, en otras razas, una GMD de 1.48 Kg/día para la raza Asturiana de los Valles (Barriada, 1985) con un peso de 432 Kg de sacrificio, o de 1.56 Kg/día para la raza Parda Alpina sacrificada con 483 Kg de peso vivo (Albertí *et al.*, 1992). Cooke *et al.* (2004) obtuvieron en ganado de raza Charolesa alimentado con pienso concentrado y paja una GMD de 1.41 Kg/día para un peso de sacrificio de 533 Kg.

Tabla 23. Ganancia media diaria (Kg/día) de los terneros para el conjunto del periodo de cebo. Estadísticos básicos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			290	1.42	0.259	0.015	1.39	1.45
Raza	1		98	1.48	0.177	0.018	1.44	1.51
Raza	2		102	1.42	0.207	0.021	1.38	1.46
Raza	3		90	1.36	0.357	0.038	1.28	1.44
Cebadero	1		140	1.44	0.244	0.021	1.40	1.49
Cebadero	2		150	1.40	0.270	0.022	1.35	1.44
R*C	1	1	49	1.46	0.194	0.029	1.41	1.52
R*C	1	2	49	1.49	0.160	0.023	1.44	1.54
R*C	2	1	52	1.45	0.237	0.034	1.38	1.51
R*C	2	2	50	1.39	0.168	0.024	1.34	1.44
R*C	3	1	39	1.42	0.303	0.049	1.32	1.52
R*C	3	2	51	1.31	0.390	0.055	1.20	1.42

R = Raza; C = Cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema pienso y paja, 2 = Mezcla Unifeed; S.D. = Desviación estándar; S.E. = Error estándar.

Por cebaderos, Alcaracejos (alimentación pienso + paja) obtuvo 1.44 Kg/día frente a 1.40 Kg/día de Almadenejos (alimentación con mezclas unifeed). Igualmente, Cook *et al.* (2004) obtuvieron valores de GMD de 1.13 Kg/día, 1.30 Kg/día y 1.41 Kg/día en terneros de raza Charolesa alimentados con tres tipos de dietas, obteniéndose el valor más alto (1.41 Kg/día) en la dieta a base de pienso concentrado más paja. Y valores inferiores en las dietas a base de mezclas húmedas con silo.

En cuanto a las interacciones, el valor más alto de GMD se alcanzó con los terneros de raza Charolesa de Almadenejos y el más bajo con los de raza Retinta de Almadenejos. En las Tablas 22 y 23, vemos estos valores y su significancia.

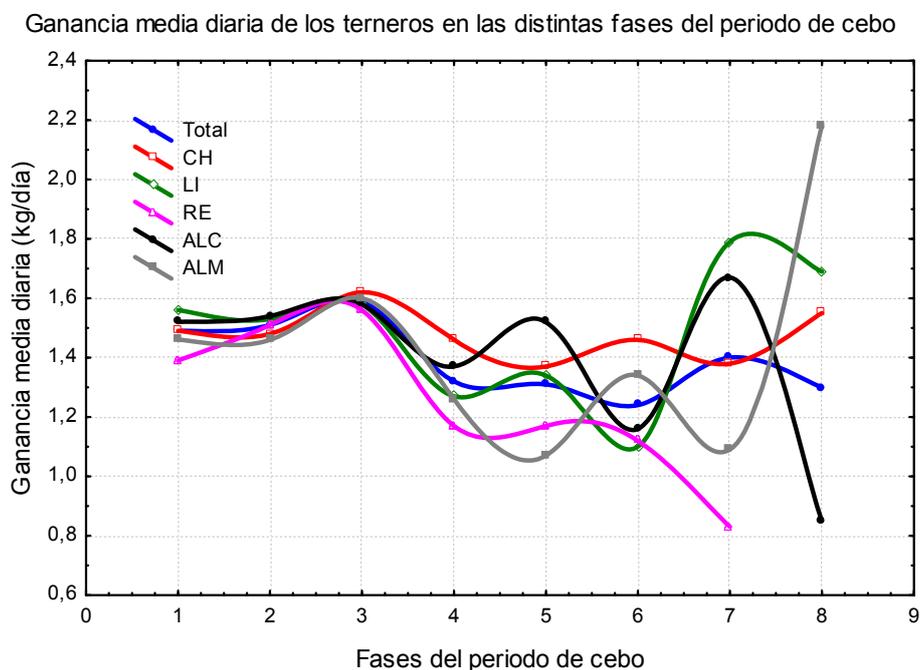
## Resultados y Discusión

Tabla 24.- Valores medios de la ganancia media diaria (Kg/día) de los terneros para el conjunto del periodo de cebo.

	Sistema pienso y paja			Sistema mezcla unifeed		
	Charolesa	Limusina	Retinta	Charolesa	Limusina	Retinta
Ganancia media diaria	1.42 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>	1.42 <sup>b</sup>	1.49 <sup>a</sup>	1.39 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>b</sup>

El Gráfico 22 nos muestra la evolución de la ganancia media diaria de los terneros a lo largo del periodo de cebo. No observamos una tendencia definida ya que se aprecian una serie de altibajos entre periodos. Aunque las pesadas se realizaron siempre a la misma hora, pudo haber diferencias en el grado de llenado del rumen que afectaran a los resultados.

Gráfico 22.- Evolución de la Ganancia media diaria (Kg/día) de los terneros a lo largo del periodo de cebo.



#### 5.1.4. Consumos e Índice de Conversión.

En la Tabla 25 podemos observar los Kg de materia seca consumidos por día de cebo, razas y sistema de alimentación.

El consumo de materia seca al día fue de 8.67 Kg de media, siendo el valor más alto el resultado en raza Charolesa y el menor en la raza Retinta. Sin embargo, y tal y como observamos en la Tabla 25, estas diferencias no son significativas.

Por cebaderos, los Kg de materia seca al día consumida tampoco tienen valores significativamente diferentes.

Estos valores están en concordancia con los 9 Kg de consumo de materia seca al día para terneros de cebo que considera el NRC (1996) Nutrient Requirements of beef Cattle.

Tabla 25. Consumo de materia seca (Kg) ingerida al día por razas y por cebadero a lo largo del periodo de cebo.

	R	C	N	Media	S. D.	S. E.	-95%	+95%
Total			290	8.67	0.73	0.14	8.38	8.96
Raza	1		98	8.96	0.72	0.24	8.41	9.51
Raza	2		102	8.53	0.61	0.20	8.07	9.00
Raza	3		90	8.52	0.85	0.28	7.86	9.17
Cebadero	1		140	8.68	0.85	0.22	8.21	9.15
Cebadero	2		150	8.65	0.59	0.17	8.28	9.03
R*C	1	1	49	9.19	0.63	0.28	8.41	9.97
R*C	1	2	49	8.67	0.80	0.40	7.40	9.94
R*C	2	1	52	8.31	0.55	0.25	7.62	8.99
R*C	2	2	50	8.82	0.62	0.31	7.83	9.81
R*C	3	1	39	8.55	1.14	0.51	7.13	9.97

R = Raza; C = Cebadero; Razas 1 = Charolesa; Raza 2 = Limusina; Raza 3 = Retinta; Cebadero 1 = Pienso y Paja; Cebadero 2 = Unifeed; S.D. = Desviación estándar.; S.E. = Error estándar

Estos datos de consumo de materia seca fueron superiores a los obtenidos para terneros de raza Limusina y Charolesa en un estudio realizado en Aragón (Albertí *et al.*, 2010). En este trabajo se obtuvieron consumos diarios de 7.15 Kg de materia seca. Esta diferencia puede ser debida a dos causas, el menor peso de sacrificio en la experiencia citada (434 y 442 Kg peso vivo) y por otro lado la inferior GMD de peso de 1.0 y 1.1 Kg/día, lo que podría indicar que los animales tendrían una capacidad de ingesta mayor al alimento que estaban recibiendo. El IC en esta experiencia fue de 6.7 y 6.5.

Idaira *et al.* (2014) obtienen consumos de materia seca de 7.5 y 7.9 Kg al día en terneros de raza Fleckvieh alimentados con pienso y paja por separado, y suministrados conjuntamente en una mezcla unifeed, respectivamente.

Ninguno de los dos factores considerados y su interacción ejercieron una influencia significativa en el consumo de materia seca (Tabla 26).

Tabla 26. Consumos de materia seca. Análisis de Varianza.

	SS	MS	F	P
Intercept	2003.672	2003.672	3604.446	0.000
Raza	0.924	0.462	0.831	0.449
Cebadero	0.006	0.006	0.010	0.921
Raza*Cebadero	1.186	0.593	1.067	0.361

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Así mismo al analizar las diferencias entre medias, comprobamos la ausencia de significación entre los diferentes grupos de animales (Tabla 27)

Tabla 27. Prueba de Tukey de diferencias entre medias para el consumo diario.

Grupo	Raza	Cebadero	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
			9.1890	8.6706	8.3070	8.8182	8.5518	8.4726
{1}	1	1		0.900	0.446	0.974	0.754	0.708
{2}	1	2	0.900		0.976	1.000	1.000	0.900
{3}	2	1	0.446	0.976		0.905	0.995	0.446
{4}	2	2	0.974	1.000	0.905		0.994	0.974
{5}	3	1	0.754	1.000	0.995	0.994		0.754
{6}	3	2	0.708	0.999	0.999	0.985	0.980	

Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = pienso y paja, 2 = unifeed.

El índice de conversión en materia seca es mejor o más bajo, en el sistema pienso y paja, excepto en la raza Charolesa, tal y como puede verse en la Tabla 28. Con el sistema unifeed, el IC medio fue de 6.20 y con el de pienso y paja de 6.01. Estos resultados, mejores en IC en la alimentación de pienso y paja, coinciden con los obtenidos en un estudio realizado por Kay (1979) en frisonas alimentados con pienso de cereales (90.02% sobre Materia Seca) y paja (9.98% sobre Materia Seca) y dieta con silo de maíz (84.30% sobre materia seca) y pienso de cereales (15.69% sobre materia seca): 4.7 y 5.4, respectivamente. El índice de conversión en nuestro estudio es algo superior a los aportados por Catalán (2011), quien trabajó con dos lotes de terneros alimentados con pienso y paja obteniendo 5.6 y 5.3 de IC en cada lote, los terneros eran machos de cruce industrial cárnico de la zona norte de España (Limusina, Charolesa y Asturiana de los Valles). A estos índices, para poder compararlos con los nuestros, habría que hacerlo sumando la paja consumida y teniendo en cuenta únicamente la materia seca. En este caso los datos serían de 5.84 y 5.49 para los dos lotes comentados. Esta pequeña diferencia puede deberse a la genética de los animales analizados, que en el caso con el que comparamos es de animales comprados en el mercado de Torrelavega. En terneros Asturianos nacidos en otoño, se obtienen valores entre 4.89 y 6.15 Kg de pienso consumidos por cada Kg de peso vivo (Osoro, 1998).

Por razas, la que presentó mejor IC fue la Limusina (6.03), con un valor casi idéntico al de la Charolesa (6.04), mientras que la Retinta tuvo un valor más alto (6.24). En la raza autóctona Avileña-Negra Ibérica, Otuño Pérez (1993) señala un consumo de 4.9 Kg de pienso para producir un Kg de peso vivo. Estos datos son más favorables a los obtenidos en nuestro estudio, probablemente por la diferencia de los sistemas de producción y por la sistemática en la evaluación de los respectivos índices.

Tabla 28. Consumo de alimento, ganancia media diaria (GMD, Kg/día) e Índice de Conversión (IC) por razas y cebaderos.

Sistema	Raza	Kg/día Materia Seca	GMD	IC
Concentrado + Paja	Charolesa	9.18	1.46	6.28
	Limusina	8.31	1.45	5.73
	Retinta	8.55	1.42	6.02
Unifeed	Charolesa	8.67	1.49	5.81
	Limusina	8.82	1.39	6.34
	Retinta	8.47	1.31	6.46

Los mejores datos de IC se obtienen con la raza Limusina alimentada con pienso y paja (5.73).

#### 5.1.5. Medidas ultrasonográficas.

Los resultados del análisis de varianza en cada una de las variables ecográficas estudiadas a fin de conocer el efecto de los factores considerados y su interacción aparecen en las tablas 29, 30, 31, 32 y 33 nos muestran el efecto significativo del cebadero y la raza, mientras que la interacción cebadero x raza no tuvo un efecto significativo.

Tabla 29.- Área del m. *Longissimus thoracis*. Análisis de varianza

	SS	MS	F	P
Intercept	928475.2	928475.2	31541.50	0.000
Raza	2763.8	1381.9	46.95	0.000
Sistema alimentación	1972.0	1972.0	66.99	0.000
Raza*Sistema alimentación	1010.1	505.1	17.16	0.153

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Tabla 30.- Espesor de la grasa subcutánea dorsal. Análisis de varianza

	SS	MS	F	P
Intercept	12.99588	12.99588	3790.573	0.000
Raza	0.09469	0.04735	13.810	0.000
Sistema alimentación	0.09710	0.09710	28.322	0.000
Raza*Sistema alimentación	0.01465	0.00732	2.136	0.120

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Tabla 31.- Espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera. Análisis de varianza.

	SS	MS	F	P
Intercept	23.19960	23.19960	5887.711	0.000
Raza	0.11640	0.05820	14.770	0.000
Sistema alimentación	0.05803	0.05803	14.726	0.000
Raza*Sistema alimentación	0.02731	0.01365	3.465	0.132

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Tabla 32.- Espesor del m. *Gluteus medius*. Análisis de varianza

	SS	MS	F	P
Intercept	17323.27	17323.27	24488.13	0.000
Raza	0.69	0.35	0.49	0.613
Sistema alimentación	0.05	0.05	0.07	0.788
Raza*Sistema alimentación	0.96	0.48	0.68	0.509

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Tabla 33.- Contenido en grasa intramuscular o marmoreo del m. *longissimus thoracis*.

Análisis de varianza.

	SS	MS	F	P
Intercept	1117.293	1117.293	10490.49	0.000
Raza	1.017	0.509	4.78	0.009
Sistema alimentación	2.308	2.308	21.67	0.000
Raza*Sistema alimentación	0.417	0.208	1.96	0.143

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

### Area del m. *Longissimus thoracis*.

En el conjunto de animales, el área del m. *Longissimus thoracis* determinada por ecografía (UALD) presentó un valor medio de 61.4 cm<sup>2</sup> en el primer control y de 99.1 cm<sup>2</sup> (Tabla 34, Gráficos 23 y 24) en el último; incremento que representó un 61% durante el cebo. El mejor ajuste de la evolución de UALD a lo largo del periodo de cebo fue a una función polinomial ( $R^2 = 0.89$ ).

Los valores medios de UALD desde el primer control al último, comparables en magnitud a los registrados por Bergen *et al.* (2005) en terneros cruzados, fueron mayores que los registrados en la mayoría de los estudios consultados (May *et al.*, 2000; Crews y Kemp, 2001; Sugisawa *et al.*, 2003; Keefe *et al.*, 2004; Wall *et al.*, 2004; Tarouco *et al.*, 2005; McKiernan *et al.*, 2009).

Tabla 34.- Valores medios (cm<sup>2</sup>) del área del m. *Longissimus thoracis* (UALD) mediante ultrasonidos. Análisis de varianza

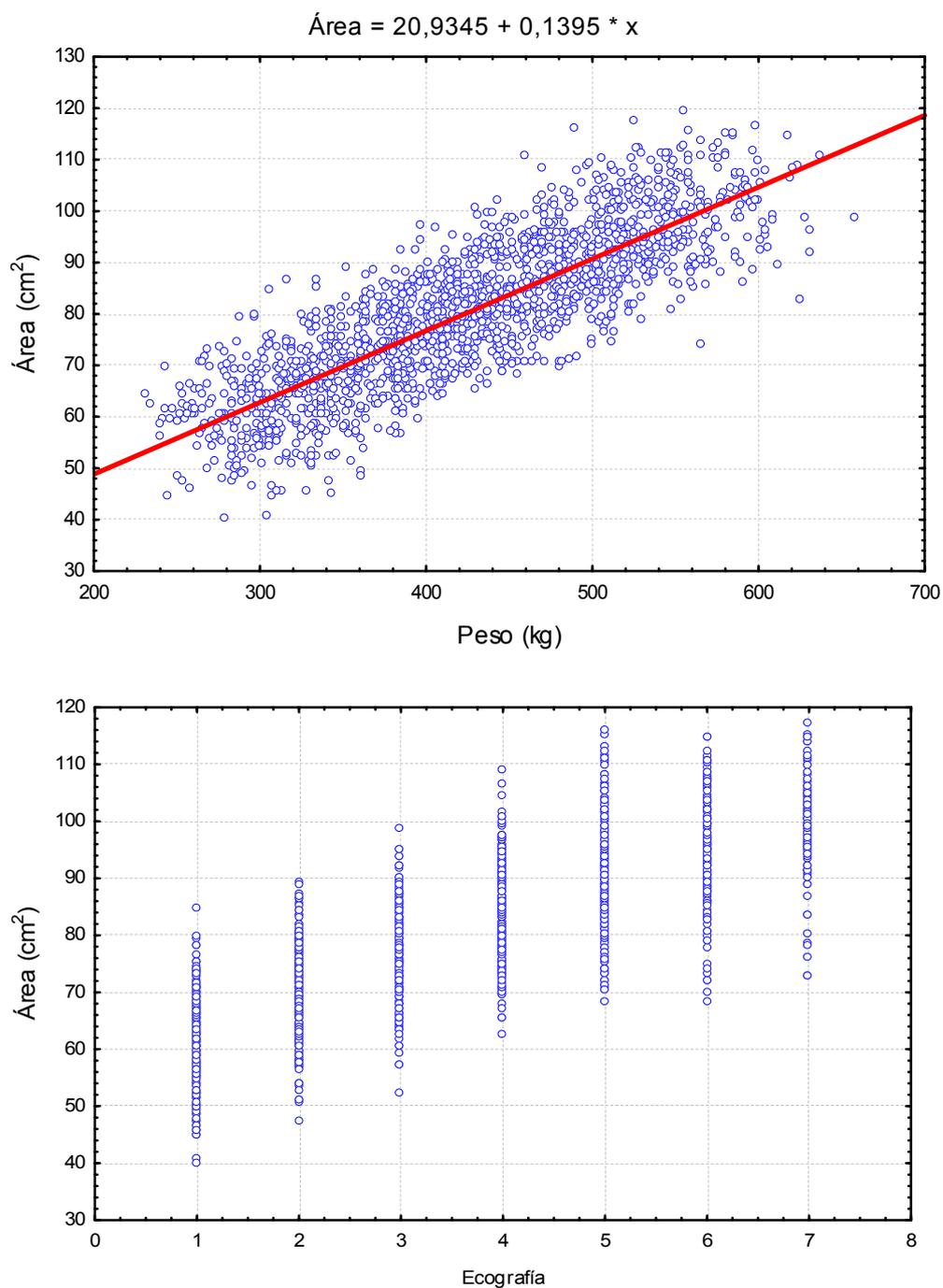
Ecografía	Cebadero		Raza			Efecto	
	1	2	1	2	3	C	R
1 <sup>a</sup>	64.55	58.87	61.3 <sup>a</sup>	66.6 <sup>b</sup>	54.4 <sup>c</sup>	*	*
2 <sup>a</sup>	70.54	68.47	68.2 <sup>a</sup>	72.3 <sup>b</sup>	62.6 <sup>c</sup>	*	*
3 <sup>a</sup>	77.39	76.18	76.2 <sup>a</sup>	79.5 <sup>b</sup>	70.7 <sup>c</sup>	ns	*
4 <sup>a</sup>	85.36	82.57	83.2 <sup>a</sup>	86.4 <sup>b</sup>	77.6 <sup>c</sup>	*	*
5 <sup>a</sup>	90.84	89.09	89.5 <sup>a</sup>	92.4 <sup>b</sup>	82.8 <sup>c</sup>	ns	*
6 <sup>a</sup>	93.63	97.22	93.7 <sup>a</sup>	97.1 <sup>b</sup>	86.3 <sup>c</sup>	*	*
7 <sup>a</sup>	94.66	100.36	97.9 <sup>a</sup>	103.0 <sup>b</sup>		*	*
Area	98.57 <sup>a</sup>	107.32 <sup>b</sup>	104.7 <sup>a</sup>	109.7 <sup>b</sup>	94.7 <sup>c</sup>	*	*

C = Cebadero; R = Raza; Area = medida del área del m. *Longissimus thoracis* en la canal; \* p<0.05; ns = no significativo. Razas 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso + Paja, 2 = Unifeed. Letras distintas indican diferencias significativas (P < 0.05) entre medias

Los terneros que se cebaron con el sistema pienso y paja, presentaron al inicio del periodo de estudio valores medios de UALD superiores a los que se cebaron con el sistema unifeed; mientras que en los últimos controles ecográficos, fueron estos últimos los que presentaron los valores más altos. A tenor de estos resultados, la dieta unifeed provocó un mayor desarrollo muscular que la tradicional de pienso + paja.

En un estudio realizado por Cooke *et al.* (2004) en Irlanda, donde se comparan diferentes parámetros en terneros cebados con dietas a base de concentrado *versus* dietas más ricas en forrajes que incluyen silo de maíz, se obtuvieron unos resultados diferentes en gramos de proteína por Kg de músculo producido. Siendo este dato significativamente inferior en los terneros alimentados con dieta alta en concentrados. Este mismo resultado lo obtienen Lage *et al.* (2012), en terneros alimentados con dietas con diferente nivel de concentrados, obteniéndose valores superiores de proteína en músculo conforme menos concentrada es la dieta.

Gráfico 23. Evolución del área del m. *Longissimus thoracis* durante el periodo de cebo.



La raza también tuvo un efecto significativo en el área del m. *Longissimus thoracis*. El grado de madurez y el nivel de muscularidad de cada una de las razas consideradas pueden ser los principales responsables de estas diferencias. Los valores más altos se registraron en la raza Limusina, en tanto que los más bajos los presentaron los terneros de raza Retinta. Diferencias

entre razas también fueron registradas previamente por diferentes autores (Sugisawa *et al.*, 2003; Serra *et al.*, 2008), probablemente como resultado de diferencias genéticas en el patrón de desarrollo muscular (Hassen *et al.*, 1999a). Estas diferencias se mantienen cuando relacionamos el área con el peso vivo, dado que los valores medios para el conjunto del periodo de cebo de la nueva variable UALD<sub>100</sub> (área del m. *Longissimus thoracis* por cada 100 Kg de peso vivo) fueron 20.3, 22.2 y 17.2 para los terneros de raza Charolesa, Limusina y Retinta, respectivamente.

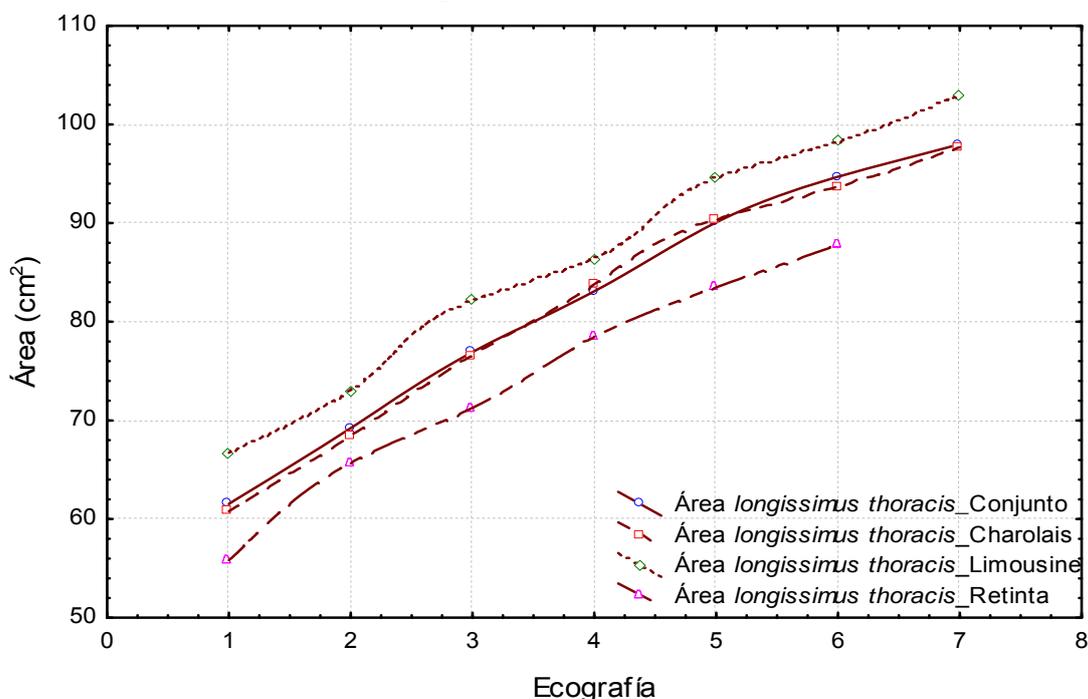
En el conjunto de animales, el valor medio de UALD en el último control fue inferior al área real del m. *Longissimus thoracis* determinada con análisis de imagen directamente sobre el músculo (95.7 cm<sup>2</sup> vs. 103.6 cm<sup>2</sup>), registrándose una alta correlación ( $r = 0.98$ ) entre ambas medidas. Estos resultados están en consonancia con los estudios de Song *et al.* (2002), Sugisawa *et al.* (2003), Bergen *et al.* (2005) y Tarouco *et al.* (2005) en los que encuentran que los ultrasonidos infravaloran el área del m. *Longissimus thoracis*. Sin embargo, Baker *et al.* (2006) no encontraron diferencias significativas entre las medidas del área del m. *Longissimus thoracis* tomadas con ultrasonidos y directamente sobre la canal. Una posible razón para estas diferencias puede ser, de una parte, los métodos de medida empleados y, de otra, los efectos de la manipulación de la canal sobre las medidas de la chuleta. Perkins *et al.* (1992) señalaron que los ultrasonidos son más precisos en la medición del área del m. *Longissimus thoracis* en animales con medidas inferiores a 83.9 cm<sup>2</sup>. Por su parte, Smith *et al.* (1990) señalaron que el área del m. *Longissimus thoracis* en terneros con valores  $> 104$  cm<sup>2</sup> son generalmente infra-estimados, mientras que en terneros con valores  $< 84.5$  cm<sup>2</sup> son generalmente sobre-estimados. Resultados que no se corresponden con los obtenidos por Waldner *et al.* (1992), para quienes la infraestimación se produce en terneros con valores  $< 70$  cm<sup>2</sup>, mientras que en los  $> 85$  cm<sup>2</sup> se produce una sobrestimación.

Las diferencias entre los valores del área del m. *Longissimus thoracis* determinados con ultrasonidos y con análisis de imagen se sitúan en  $\pm 14.8$  cm<sup>2</sup>, con una diferencia media de 7.2 cm<sup>2</sup>. Esta diferencia es inferior a la obtenida por Bergen *et al.* (2005) que la cifró en 9 cm<sup>2</sup>, y mayor que la

estimada por Greiner *et al.* (2003b), Wall *et al.* (2004) y Tait *et al.* (2005), que la cifraron de 0.9 a 6.0 cm<sup>2</sup>.

En nuestro estudio, la diferencia media entre ambas mediciones fue inferior a  $\pm 6$  cm<sup>2</sup>,  $\pm 8$  cm<sup>2</sup>,  $\pm 10$  cm<sup>2</sup> y  $\pm 12$  cm<sup>2</sup> en el 28.3%, 66.8%, 91.6% y 98.2% de los animales, respectivamente. Por su parte, May *et al.* (2000) registraron diferencias menores ( $\pm 1$  cm<sup>2</sup> en el 80% de los animales) que en nuestro estudio. En el trabajo de Houghton and Turlington (1992), las diferencias fueron menores de 6.3 cm<sup>2</sup> y 12.5 cm<sup>2</sup> para el 79% y 97% de los animales, respectivamente.

Gráfico 24. Evolución del área del m. *Longissimus thoracis* durante el periodo de cebo.



Los valores medios de UALD<sub>100</sub> disminuyeron paulatinamente conforme avanza el periodo de cebo, 20.2 en el primer control y 18.3 en el último para el conjunto de animales (Tabla 35), en consonancia con el coeficiente alométrico ( $b = 0.73$ ,  $R^2 = 0.83$ ), lo que muestra que UALD es una variable de madurez temprana o precoz. Sin embargo, en los terneros cebados en Almadenejos y en los de raza Retinta los valores de UALD<sub>100</sub> no variaron significativamente a lo largo del periodo de estudio. El descenso en los valores de UALD<sub>100</sub> con la duración del cebo fue mayor en la raza Charolesa, con mayor peso vivo inicial, y menor en

la Limusina. Esta evolución fue similar a la reportada por Waldner *et al.* (1992) y Tyler (2006) en terneros cruzados. En contraste, Sugisawa *et al.* (2003) registraron en terneros cruzados Nelore un incremento en UALD<sub>100</sub> conforme aumentaba su peso vivo.

Tabla 35.- Valores medios (cm<sup>2</sup>/100Kg) de UALD<sub>100</sub>

	Ecografía (días previos al sacrificio)						
	180	150	120	90	60	30	1-7
Conjunto	20.16	19.53	19.33	18.90	18.59	18.22	18.34
Concentrado + paja	21.53	20.06	19.45	19.55	18.99	18.44	18.07
Unifeed	19.02	19.05	19.22	18.31	18.25	17.91	19.20
Charolesa	20.29	19.36	19.25	19.00	18.37	17.71	17.86
Limusina	22.31	21.04	20.95	19.84	19.64	19.01	19.12
Retinta	17.21	18.00	17.59	17.73	17.50	17.43	

UALD<sub>100</sub> = área del m. *Longissimus dorsi* por cada 100 Kg de peso vivo.

Espesor medio de la grasa subcutánea a nivel dorsal.

En el primer control, el espesor medio de la grasa subcutánea a nivel dorsal fue 0.23 cm, y 0.53 cm en el último (Tabla 36, Gráficos 25 y 26). El aumento durante el periodo de cebo del espesor de la grasa dorsal fue del 143.5%, evolución que se ajustó bien a una función polinomial ( $R^2 = 0.65$ ).

Los terneros finalizados en el cebadero con pienso y paja presentaron, en general, valores más altos que los registrados en los terneros finalizados con mezclas unifeed, lo que viene a mostrar la influencia de la alimentación en el nivel de engrasamiento de los animales. Sin embargo, no encontramos diferencias entre sistemas de alimentación en cuanto al incremento de los valores medios de espesor de grasa subcutánea: 233% en Alcaracejos (pienso y paja) y 238% en Almadenejos (unifeed).

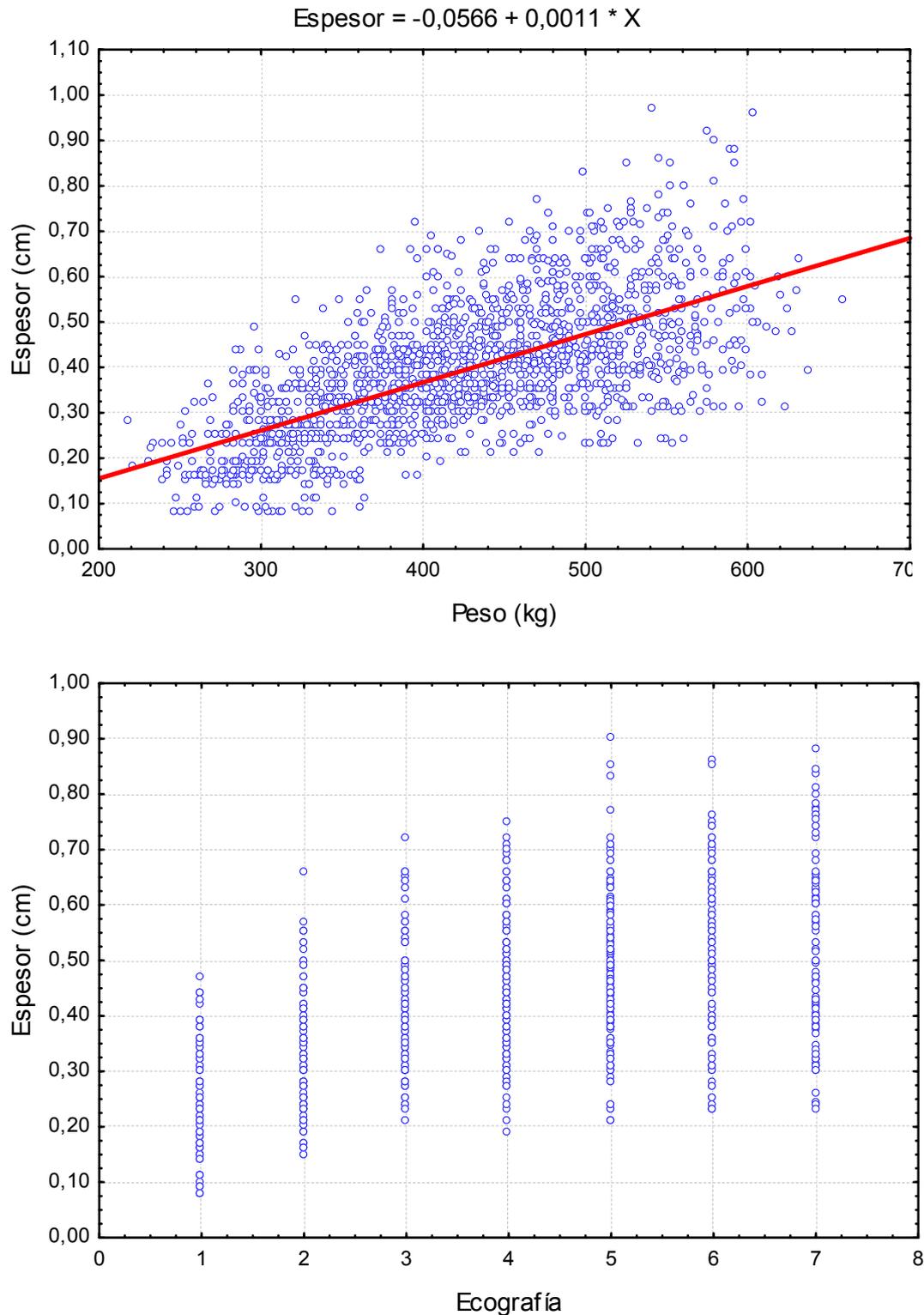
Tabla 36.- Valores medios (cm) del espesor de la grasa subcutánea dorsal (UEGD) mediante ultrasonidos. Análisis de varianza.

Ecografía	Cebadero		Raza			Efecto	
	1	2	1	2	3	C	R
1 <sup>a</sup>	0.24	0.21	0.21 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>	*	*
2 <sup>a</sup>	0.31	0.32	0.29 <sup>a</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.29 <sup>a</sup>	ns	ns
3 <sup>a</sup>	0.41	0.37	0.37 <sup>a</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	*	*
4 <sup>a</sup>	0.48	0.40	0.42 <sup>ab</sup>	0.46 <sup>a</sup>	0.40 <sup>b</sup>	*	*
5 <sup>a</sup>	0.51	0.43	0.46	0.47	0.44	*	ns
6 <sup>a</sup>	0.50	0.51	0.50 <sup>a</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.42 <sup>b</sup>	ns	*
7 <sup>a</sup>	0.56	0.50	0.52	0.56		*	ns
GD	0.47	0.44	0.47 <sup>a</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	ns	*

GD = espesor grasa dorsal. C = Cebadero; R = Raza; Area = medida del área del m. *Longissimus thoracis* en la canal; \* p<0.05; ns = no significativo. Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso+Paja, 2 = Unifeed; \* p<0.05; ns = no significativo; Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0.05) entre medias

Así mismo, la raza Retinta presentó, en general, valores inferiores a los registrados en las razas bovinas francesas, y la Limusina los mayores.

Gráfico 25. Evolución del espesor de la grasa subcutánea dorsal durante el periodo de cebo.

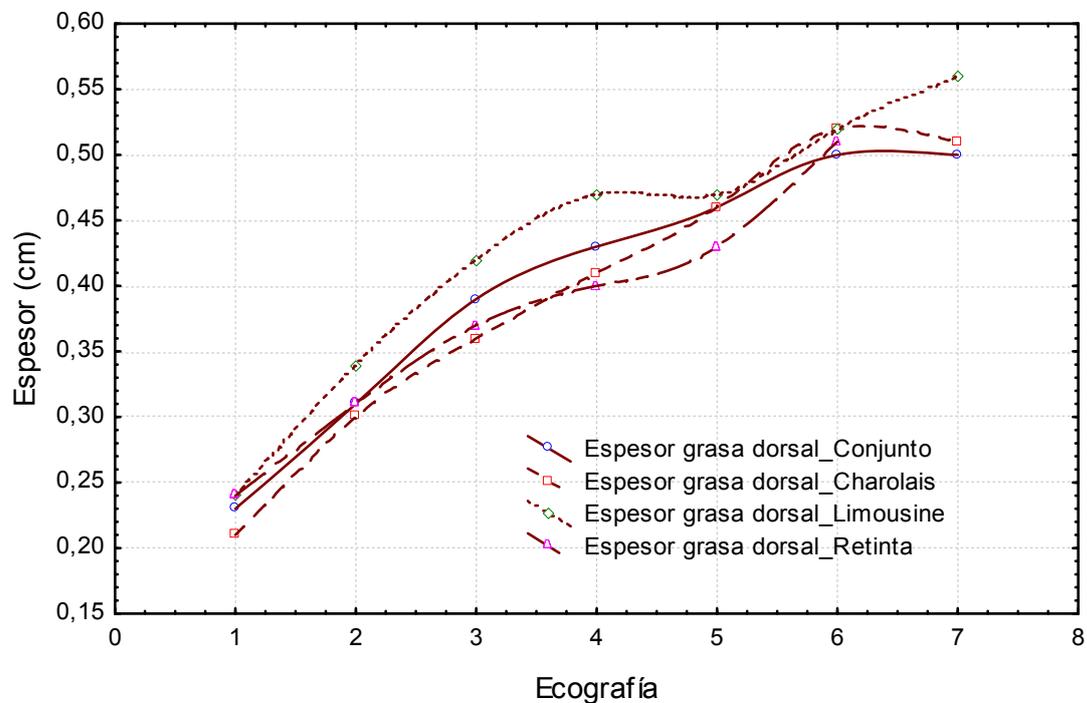


Los valores de espesor de grasa subcutánea estimados mediante ultrasonidos (UGD) fueron mayores (~0.1 cm) que los estimados mediante análisis de imagen (EGD), lo que se corresponde con los resultados de los trabajos de

May *et al.* (2000) y Bergen *et al.* (2005), quienes también encontraron una sobrestimación de la grasa de cobertura a nivel dorsal con ultrasonidos. A este respecto, Tarouco *et al.* (2005) describen una sobrestimación de las mediciones por ultrasonidos cuando el espesor graso es inferior a 0.8 cm. En contraste, Greiner *et al.* (2003a) y Baker *et al.* (2006) encontraron valores más altos en las mediciones realizadas directamente sobre la canal (0.1 - 0.7 cm) que las obtenidas con ultrasonidos. Waldner *et al.* (1992) indican que las diferencias entre mediciones por ultrasonidos y las realizadas directamente en la canal se producen después de los 16 meses, edad a partir de la cual alcanzan significación estadística. De otra parte, Perkins *et al.* (1992) señalan que las mediciones con ultrasonidos son más precisas en animales con un escaso nivel de engrasamiento (magros). Estos autores también señalan que las diferencias se pueden deber a mala interpretación de las imágenes en animales muy grasos, a la presión que se ejerce con la sonda ultrasónica y a las diferencias de disposición corporal que se encuentra entre animales vivos y canales colgadas. Otra posible razón para estas diferencias puede ser la dificultad de medir el espesor graso subcutáneo en animales con escaso contenido de grasa sobre el m. *Longissimus thoracis*. En nuestro estudio, la diferencia media entre ambas mediciones se situó en  $\pm 0.3$  cm. En el 84.1% de los terneros la diferencia fue de  $\pm 0.1$  cm, y de  $\pm 0.2$  cm en el 98.9% de los animales objeto de estudio. La exactitud de las mediciones fue superior a la conseguida por May *et al.* (2000) y Houghton and Turlington (1992). En línea con el coeficiente alométrico ( $b = 1.08$ ,  $R^2 = 0.62$ ), el valor medio del espesor graso permaneció constante con el aumento de peso vivo, mientras que Crews and Kemp (2001), Sugisawa *et al.* (2003) y Tyler (2006) registraron un aumento significativo con el incremento en peso vivo. Estas diferencias pueden estar motivadas por diferencias en el nivel energético de la dieta, género, genotipo, tasa de crecimiento y peso al sacrificio. La tasa de deposición grasa difiere significativamente entre genotipos (Waldner *et al.*, 1992; Crews and Kemp, 2001), y estas diferencias aumentan significativamente a partir de 14 a 16 meses de edad. De hecho, y en consonancia con la mayoría de los estudios consultados, las diferencias encontradas para espesor de grasa subcutánea entre las razas consideradas en nuestro estudio se deban a patrones diferentes de deposición grasa entre genotipos.

Los valores de  $UGD_{100}$  (0.8 a 0.9 mm / 100 Kg) fueron similares a los registrados terneros cruzados por Crews and Kemp (2001) y Keefe *et al.* (2004) (0.9-1.1 mm / 100 Kg), y mayores que los obtenidos por Aass *et al.* (2009) (0.6 mm / 100 Kg). En general, los valores obtenidos en razas británicas y sus cruces (May *et al.*, 2000; Sugisawa *et al.*, 2003; Wall *et al.*, 2004) son significativamente mayores (1.8 to 2.9 mm / 100 Kg) a los registrados en nuestro estudio.

Gráfico 26. Evolución del espesor de la grasa subcutánea a nivel dorsal durante el periodo de cebo.



En el conjunto de animales, la variable  $UGD_{100}$  (espeor grasa subcutánea dorsal por cada 100 Kg de peso vivo) experimentó un ligero aumento (Tabla 37), principalmente entre el primer y segundo control ecográfico, manteniéndose prácticamente constante en el resto del periodo de cebo, lo que viene a señalar una incapacidad de los animales a acumular grasa al nivel energético aportado.

Tabla 37.- Valores medios (cm/100Kg) de UGD<sub>100</sub>.

	Ecografía (días previos al sacrificio)						
	180	150	120	90	60	30	1-7
Conjunto	0.07	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
Concentrado + Paja	0.08	0.09	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10
Unifeed	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.06
Charolesa	0.07	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09
Limusina	0.08	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
Retinta	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.07	

GD/100 = espesor grasa subcutánea dorsal por cada 100 Kg de peso vivo.

#### Espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera.

A nivel de la cadera, el espesor de la grasa subcutánea (UGSC) fue mayor que el registrado a nivel dorsal, aunque el aumento a lo largo del periodo de cebo fue inferior (214% vs. 254%). Resultados que concuerdan con los obtenidos en la bibliografía consultada (Tyler, 2006). En consonancia con Tait *et al.* (2005), desde un punto de vista del crecimiento y desarrollo, la deposición de la grasa subcutánea a nivel de la cadera es más precoz que a nivel dorsal.

La ultrasonografía ofreció valores medios de UGSC de 0.31, 0.41, 0.51, 0.55, 0.56, 0.57 y 0.66 cm, respectivamente, para los siete controles efectuados (Tabla 38, Gráfico 27); valores que se ajustaron a una función polinomial ( $R^2 = 0.63$ ). UGSC mostró una moderada a alta correlación positiva con UGD ( $r = 0.78$  a  $0.65$  desde el primer al último control, respectivamente). Sin embargo la correlación entre el espesor de grasa dorsal a nivel de la cadera, por ultrasonidos, y el espesor de grasa dorsal a nivel de la canal fue negativo ( $r = -0.27$ ), resultado que está en desacuerdo con el obtenido por Tait *et al.* (2005) quienes sugieren que los bovinos que entran en cebadero con mayor engrasamiento a nivel de la cadera llegan al sacrificio con mayor espesor de grasa subcutánea dorsal.

Los valores de UGSC fueron mayores que los registrados por Aas *et al.* (2009) en varias razas y cruces de carne (2.8 mm) y menores que los encontrados por

Wall *et al.* (2004), Tait *et al.* (2005) y Tyler (2006) en razas británicas y sus cruces (8.9 - 12.5 mm), por McKiernan *et al.* (2009) en terneros de raza Charolesa y Limusina (12.7 y 15.7 mm), y por McPhee *et al.* (2012) en machos castrados sacrificados con 520 Kg o más de 600 Kg (11.92-12.56 mm y 14.59-16.04 mm, respectivamente). Diferencias atribuibles al género, genotipo y nivel energético de la ración son las posibles razones que motive estas diferencias en la tasa de deposición de grasa a nivel de la cadera (McPhee *et al.*, 2012).

Tabla 38.- Valores medios (cm) del espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera. Análisis de varianza.

Eco-grafía	Cebadero		Raza			Efecto	
	1	2	1	2	3	C	R
1 <sup>a</sup>	0.31	0.29	0.28 <sup>a</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.32 <sup>b</sup>	*	*
2 <sup>a</sup>	0.41	0.41	0.38 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>	*	*
3 <sup>a</sup>	0.53	0.49	0.49 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>	*	ns
4 <sup>a</sup>	0.58	0.52	0.55 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	*	ns
5 <sup>a</sup>	0.61	0.52	0.58 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.54 <sup>b</sup>	*	*
6 <sup>a</sup>	0.61	0.54	0.59 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.51 <sup>c</sup>	*	*
7 <sup>a</sup>	0.66	0.57	0.64 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>		*	ns

Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema Pienso+Paja, 2 = Unifeed. ;\* p<0.05; ns = no significativo; Letras distintas indican diferencias significativas (p <0.05) entre medias

Entre cebaderos, las diferencias iniciales y finales fueron similares a las observadas para el espesor de grasa subcutánea a nivel dorsal. La raza afectó significativamente el espesor medio de UGSC al principio y al final del periodo de control. Así mismo, la evolución de UGSC difirió entre razas. En las francesas se apreció un aumento paulatino, mientras que en la Retinta se produjo una estabilización y un ligero descenso en los últimos controles.

A semejanza de lo observado en la grasa subcutánea, la variable UGSC<sub>100</sub> (espesor grasa subcutánea a nivel de la cadera por cada 100 Kg de peso vivo) no cambia significativamente de valores medios a lo largo del periodo de cebo (0.10 a 0.12 mm / 100 Kg) (Tabla 39). Resultado que contrasta con el obtenido por Tait *et al.* (2005), quienes registraron un descenso significativo en los

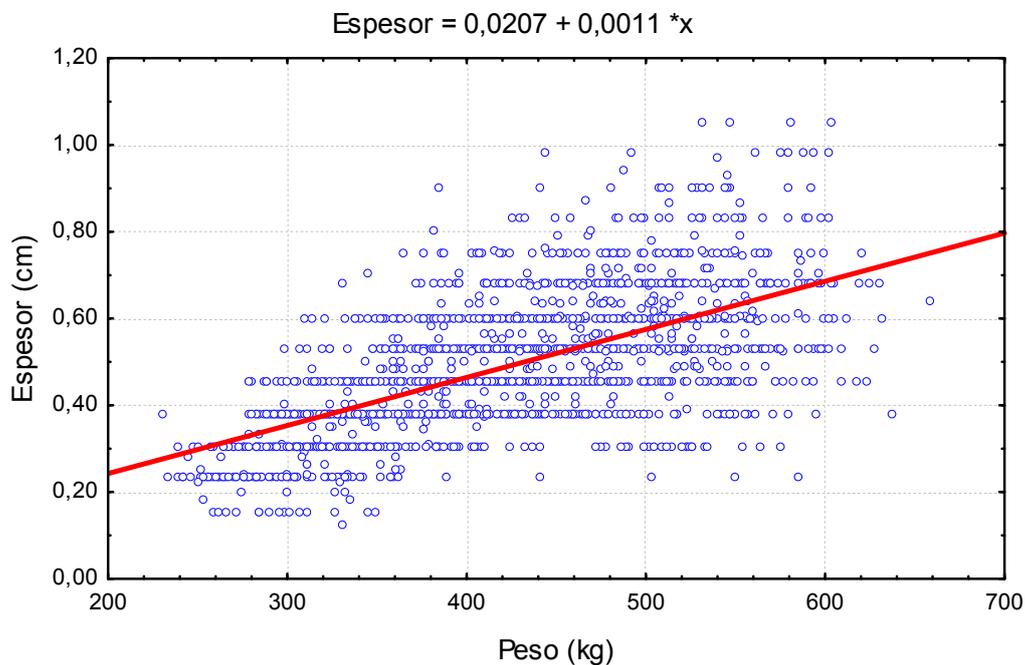
valores de UGSC<sub>100</sub> con el aumento de peso vivo durante el cebo de los animales.

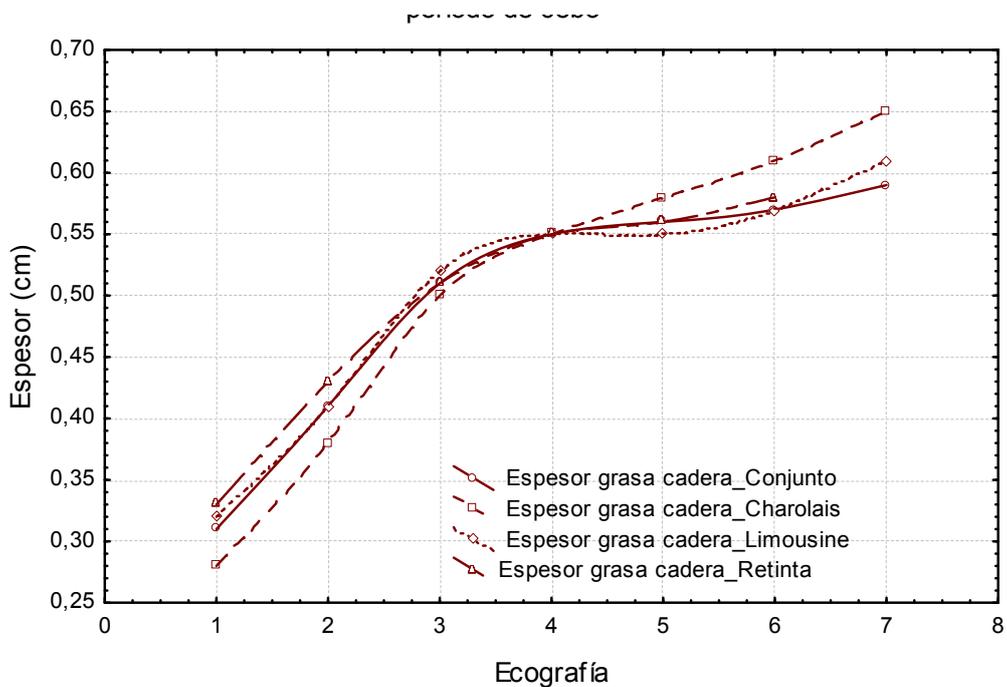
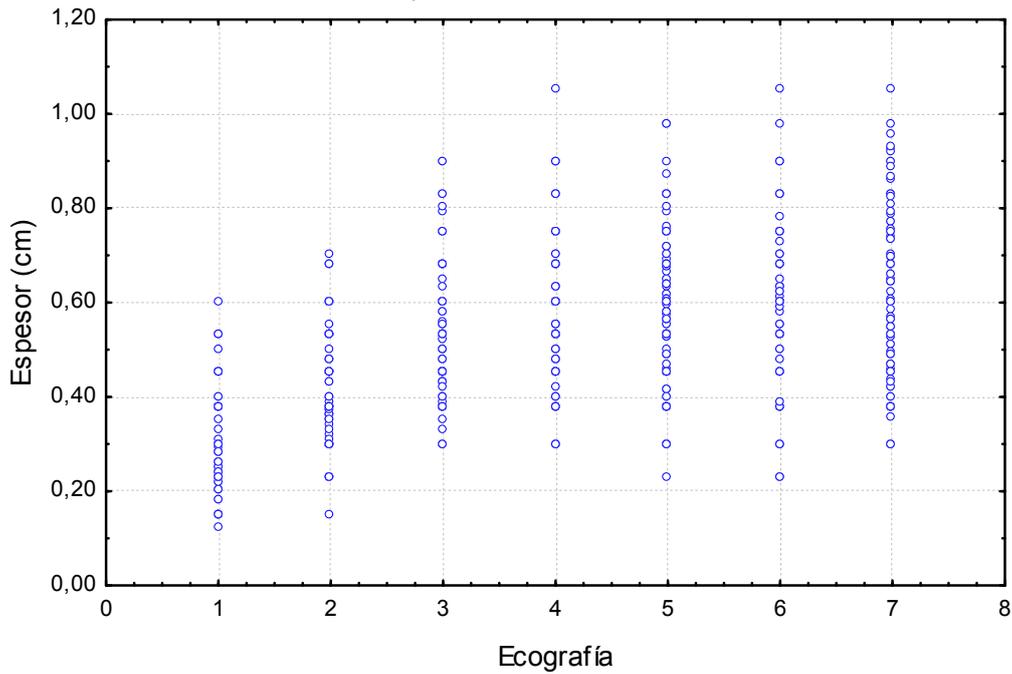
Tabla 39.- Valores medios (cm/100Kg) de UGSC<sub>100</sub>

	Ecografía (días previos al sacrificio)						
	180	150	120	90	60	30	1-7
Conjunto	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12
Concentrado + Paja	0.12	0.11	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12
Unifeed	0.09	0.1	0.12	0.12	0.11	0.10	0.08
Charolesa	0.09	0.11	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12
Limusina	0.13	0.12	0.13	0.13	0.11	0.11	0.11
Retinta	0.10	0.12	0.12	0.12	0.11	0.09	

UGSC<sub>100</sub> = espesor grasa subcutánea a nivel de la cadera por cada 100 Kg de peso vivo.

Gráfico 27. Evolución del espesor de la grasa subcutánea a nivel de la cadera durante el periodo de cebo.





d. Espesor del m. *Gluteus medius*.

El valor medio del espesor del m. *Gluteus medius* en los diferentes controles ecográficos fue 8.53, 9.05, 9.43, 9.92, 10.17, 10.55 y 11.06 cm, respectivamente desde el primero hasta el séptimo, valores que se ajustaron a una función polinomial ( $R^2 = 0.59$ ).

En el primer control ecográfico, la profundidad del m. *Gluteus medius* fue 8.4 cm en el conjunto de animales, y 11.0 cm en el último, con un incremento global del 131% durante la fase de cebo (Tabla 40, Grafico 28). El valor medio de UEGM fue significativamente mayor que el registrado por Realini *et al.* (2001) en Hereford y Tyler (2006) en Beefmaster.

A diferencia de lo observado en las variables anteriormente analizadas, en la profundidad del m. *Gluteus medius* sólo la raza influyó de manera significativa. En consonancia con su menor grado de muscularidad, la raza Retinta fue la que presentó los valores más bajos, a semejanza de lo observado en el área del m. *Longissimus thoracis*. Los valores medios de UPGM fueron significativamente mayores en Charolesa y Limusina.

Tabla 40.- Valores medios (cm) de la profundidad del m. *Gluteus medius*. Análisis de varianza.

Ecografía	Cebadero		Raza			Efecto	
	1	2	1	2	3	C	R
1 <sup>a</sup>	8.46	8.41	8.63 <sup>a</sup>	8.91 <sup>a</sup>	8.11 <sup>b</sup>	ns	ns
2 <sup>a</sup>	9.12	8.94	9.29 <sup>a</sup>	9.69 <sup>a</sup>	8.13 <sup>b</sup>	ns	*
3 <sup>a</sup>	9.55	9.36	9.66 <sup>a</sup>	10.00 <sup>a</sup>	8.56 <sup>b</sup>	ns	*
4 <sup>a</sup>	10.05	9.84	10.16 <sup>a</sup>	10.57 <sup>a</sup>	8.90 <sup>b</sup>	ns	*
5 <sup>a</sup>	10.39	10.02	10.64 <sup>a</sup>	10.73 <sup>a</sup>	9.00 <sup>b</sup>	ns	*
6 <sup>a</sup>	10.61	10.27	10.97 <sup>a</sup>	10.99 <sup>a</sup>	9.18 <sup>b</sup>	*	*
7 <sup>a</sup>	10.93	10.72	11.13 <sup>a</sup>	11.46 <sup>a</sup>		ns	ns

Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema Pienso y Paja, 2 = Sistema Unifeed. ;\* p<0.05; ns = no significativo; Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0.05) entre medias.

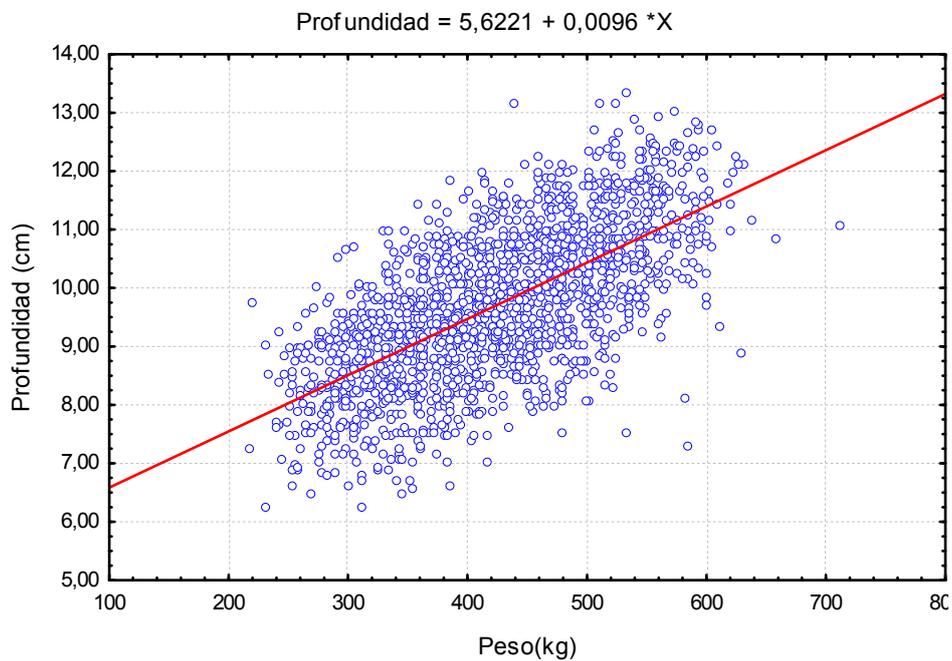
En relación al peso vivo, la variable UPGM<sub>100</sub> (profundidad del m. *Gluteus medius* por cada 100 Kg de peso vivo) (Tabla 41) disminuyó a lo largo del periodo de cebo desde 3,05 al inicio a 2,09 al final, lo que está en consonancia los resultados obtenidos por Tyler (2006).

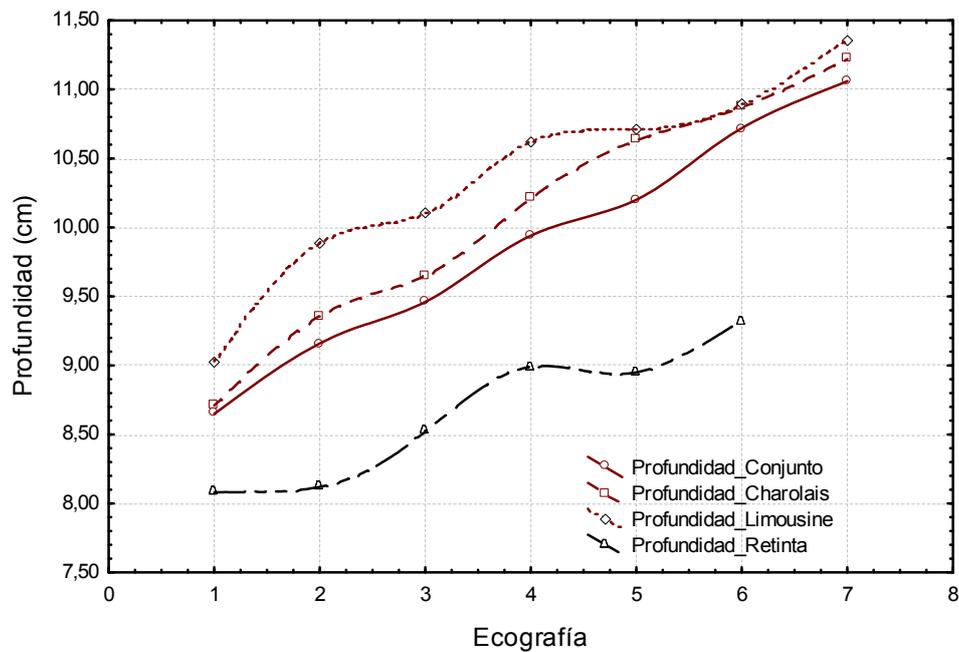
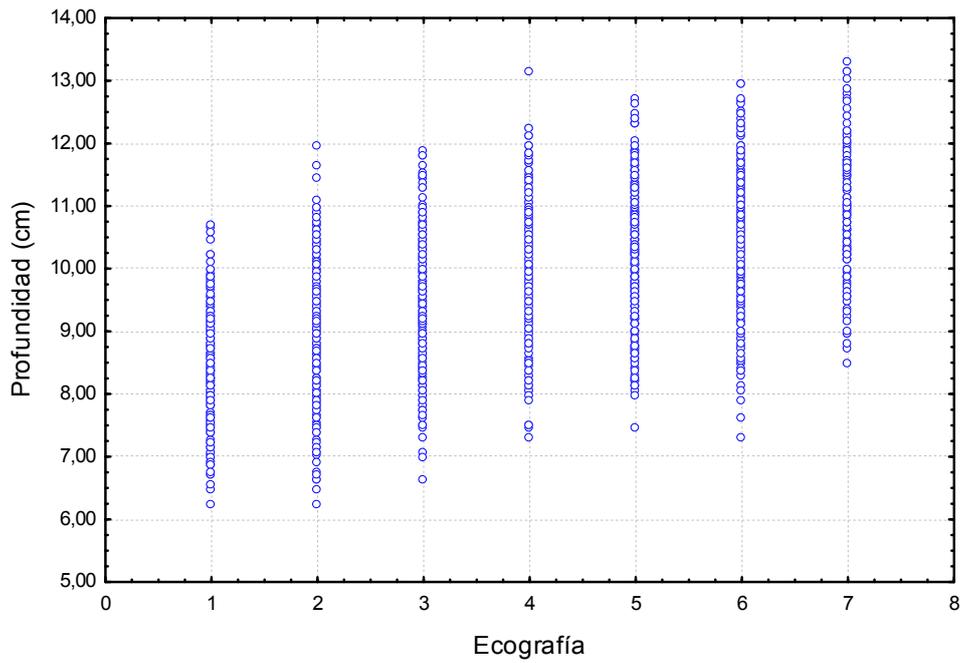
Tabla 41.- Valores medios (cm/100Kg) de UPGM<sub>100</sub>.

	Ecografía (días previos al sacrificio)						
	180	150	120	90	60	30	1-7
Conjunto	3.05	2.75	2.53	2.41	2.25	2.17	2.09
Concentrado + Paja	2.97	2.71	2.51	2.39	2.25	2.16	2.09
Unifeed	3.12	2.77	2.55	2.43	2.24	2.18	2.10
Charolesa	3.05	2.74	2.56	2.41	2.27	2.18	2.09
Limusina	3.01	2.72	2.51	2.46	2.29	2.19	2.16
Retinta	3.09	2.76	2.52	2.37	2.19	2.10	

UPGM<sub>100</sub> = profundidad del m. *Gluteus medius* por cada 100 Kg de peso vivo.

Gráfico 28. Evolución de la profundidad del m. *Gluteus medius* durante el periodo de cebo.





e. Contenido en grasa intramuscular.

A diferencia de lo observado en las anteriores variables relacionadas con la grasa, el marmoreo o contenido en grasa intramuscular del m. *Longissimus thoracis* disminuyó a lo largo del periodo de cebo. En conjunto, los terneros

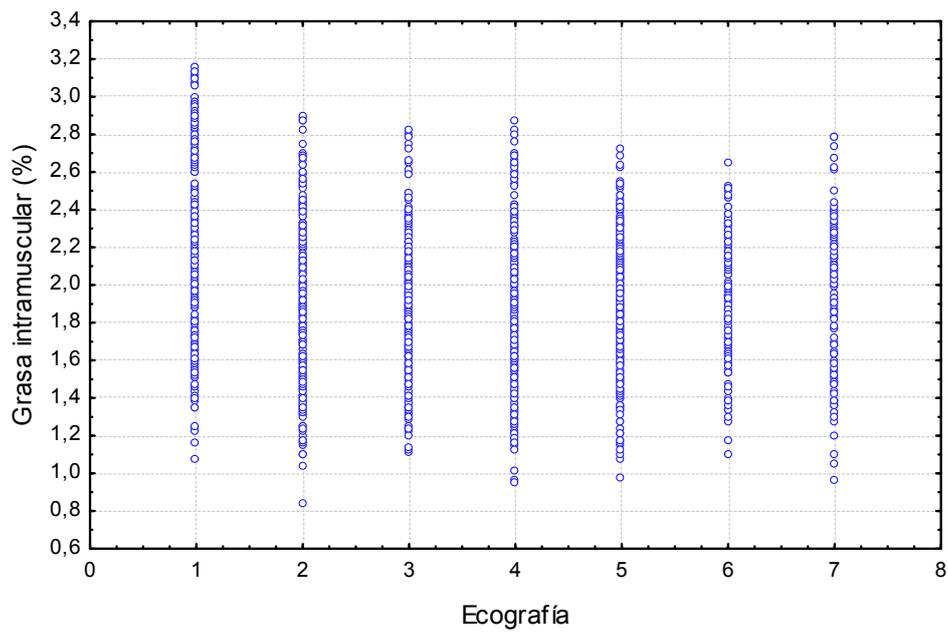
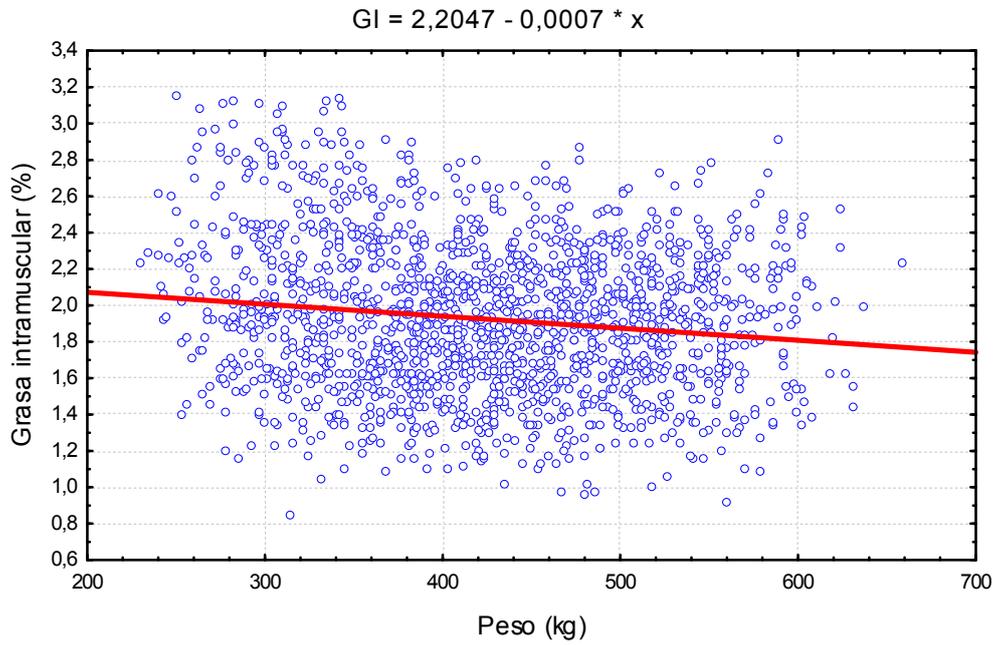
comenzaron el periodo de cebo con 2.02% de grasa intramuscular (UGIM) y finalizaron con 1.93% (Tabla 42, Gráficos 29 y 30), evolución que está en consonancia con los resultados obtenidos por Morris *et al.* (1995) quienes registraron un descenso del 3.2% al 2.9% en el contenido en grasa intramuscular de terneros Angus de 7.5 a 13 meses de edad, y con Albrecht *et al.* (2006), que sugieren que la deposición de grasa intramuscular es más tardía en este tipo de razas, y aumenta de manera clara entre 12 y 14 meses de edad. Yang *et al.* (2006) no encontraron relación entre el contenido en grasa intramuscular y peso vivo en terneros de razas magras sacrificados antes de 18 meses de edad.

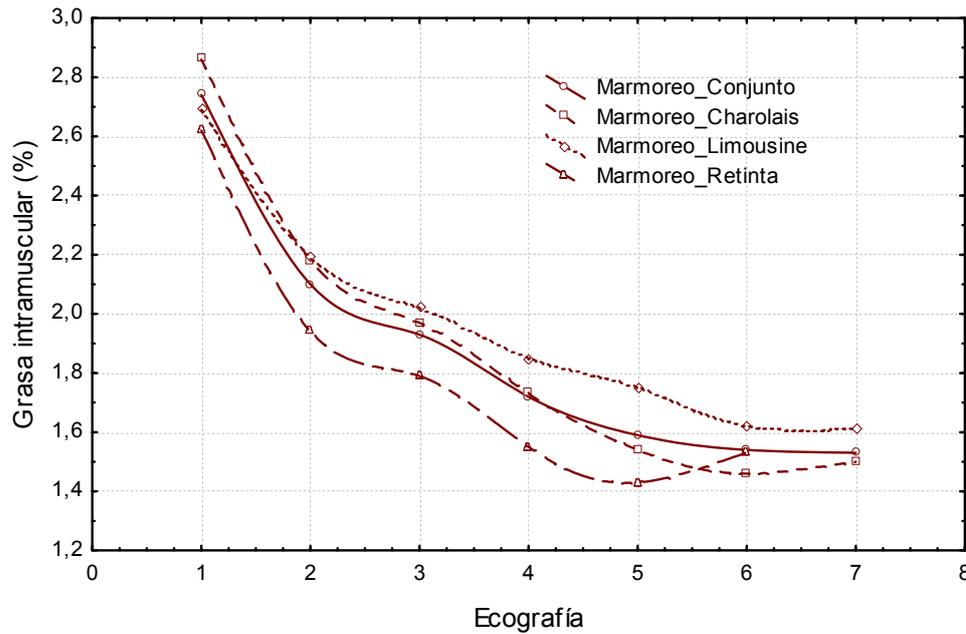
Tabla 42.- Valores medios del contenido en grasa intramuscular (%) o marmoreo del m. *Longissimus thoracis*. Análisis de varianza.

Ecografía	Cebadero		Raza			Efecto	
	1	2	1	2	3	C	R
1 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	2.24 <sup>b</sup>	2.14 <sup>a</sup>	1.92 <sup>b</sup>	2.32 <sup>c</sup>	*	*
2 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.93 <sup>b</sup>	1.94	1.93	2.07	*	ns
3 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	1.94 <sup>b</sup>	2.08	2.06	2.04	*	ns
4 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup>	1.90	1.87	1.86	*	ns
5 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>	1.92 <sup>b</sup>	1.89	1.91	1.83	*	ns
6 <sup>a</sup>	1.85	1.82	1.95 <sup>a</sup>	1.89 <sup>ab</sup>	1.84 <sup>b</sup>	ns	*
7 <sup>a</sup>	1.79	1.75	1.91	1.97		ns	ns
GIM	1.69	1.76	1.74	1.79	1.65	ns	ns

GIM = contenido en grasa intramuscular; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Sistema Pienseo+Paja, 2 = Sistema Unifeed. ; \* p<0.05; ns = no significativo; Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0.05) entre medias.

Gráfico 29. Evolución del contenido en grasa intramuscular del músculo *Longissimus thoracis* durante el periodo de cebo.





El nivel de UGIM registrado en el primer control puede ser atribuido a la abundancia relativa de tejido conectivo en animales jóvenes y que los ultrasonidos pueden confundir con grasa, o bien porque el nivel energético de la dieta no fuera suficiente para una progresiva acumulación de grasa intramuscular. Albrecht *et al.* (2006) indicaron que a menudo el tejido conectivo se presenta en forma de cordones gruesos no ligados a la grasa. Aunque la evolución del contenido en grasa intramuscular con el aumento de peso vivo es inconsistente en la bibliografía consultada (Bruns *et al.*, 2004; Albrecht *et al.*, 2006; Gotoh *et al.*, 2009). Los resultados de los trabajos de los autores anteriormente citados ilustran sobre la incapacidad de algunas razas para acumular cantidades crecientes de grasa intramuscular, independientemente de la duración de la fase de cebo, aunque la grasa de la canal aumente durante este periodo (Smith, 1990). En nuestro estudio, los valores de UGIM se ajustaron a una función polinomial ( $R^2 = 0.62$ ), mientras que May *et al.* (2000) señalan que el desarrollo del marmoreo se ajusta a una función cuadrática antes de alcanzar una llanura cuando los animales alcanzan su potencial genético para depositar grasa intramuscular. Según Wall *et al.* (2004), la deposición de grasa intramuscular sigue una evolución lineal, lo que sugiere que una medida temprana de UGIM puede ser tan útil como la tomada cerca del sacrificio de los animales.

En nuestro estudio encontramos una correlación positiva y significativa ( $r = 0.22$ ,  $P < 0.05$ ) entre UGIM tomada en el primer control y la tomada en el séptimo, en consonancia con Brethour (2000), quien indica que en animales que permanecieron 180 días de cebo, los que tuvieron los niveles de marmóreo más altos al sacrificio mostraron los mayores niveles al principio y que su tasa de deposición fue la más alta. UGIM<sub>100</sub> mostró un descenso pronunciado con el aumento del peso vivo (0.67 en el primer control a 0.35 en el último), en consonancia con el coeficiente alométrico ( $b = 0.62$ ,  $R^2 = 0.85$ ).

Los valores medios del contenido en grasa intramuscular medido mediante ultrasonografía fueron comparables a los obtenidos por Bruns *et al.* (2004) y Albrecht *et al.* (2006) en terneros de tres tipos de razas (de carne, de pequeño tamaño y de leche). Sin embargo, estos valores fueron mayores que los obtenidos por Raes *et al.* (2003) en terneros de raza Blanco Azul Belga y Limusina. Aas *et al.* (2006), en razas bovinas magras, indicaron un menor contenido en grasa intramuscular en el m. *Longissimus dorsi*, mientras que Keefe *et al.* (2004), Wall *et al.* (2004), y Serra *et al.* (2004) obtuvieron valores entre 2.40% y 4.98%. Las diferencias en los resultados entre nuestro estudio y los trabajos anteriormente citados pueden ser atribuidas no solo a las diferencias en el genotipo, sino también al género (machos enteros vs. castrados), lo que afecta al contenido en grasa intramuscular (das Graças Padre *et al.*, 2006). En el último control, el contenido en grasa intramuscular mediante ultrasonidos fue mayor que el obtenido mediante análisis químico (1.93% vs. 1.72%); resultado que está de acuerdo a lo obtenido por Yang *et al.* (2006). Por contra, Tomka *et al.* (2010) registraron en bovinos de raza Charolesa valores inferiores con ultrasonidos que mediante análisis químico (2.23% vs. 3.06%).

En el cebadero de Alcaracejos, cuya alimentación fue de concentrado y paja, los animales entraron con un nivel de engrasamiento intramuscular significativamente inferior al registrado en los terneros de Almadenejos (mezcla unifeed), mientras que en el último control ecográfico el valor medio fue superior, aunque no significativamente diferente. Si consideramos en conjunto los niveles de engrasamiento intramuscular registrados en ambos cebaderos,

no encontramos valores significativamente diferentes entre ambos (2.1% vs. 2.2%).

Como observamos en las otras variables relacionadas con el engrasamiento (espesor de la grasa subcutánea a nivel dorsal y de la cadera), la raza Retinta registró, en general, los valores más bajos, ofreciendo valores medios para el conjunto del periodo estudiado de 2.2%, 2.1% y 1.8% en los terneros de raza Charolesa, Limusina y Retinta, respectivamente. Sin embargo, la raza tuvo poco efecto sobre el contenido en grasa intramuscular. Solo hubo diferencias entre raza en el primer y el sexto controles. Esta escasa diferencia pudo deberse al nivel energético de la dieta (medio) que no fue capaz de permitir el potencial de deposición de grasa intramuscular de cada una de las razas implicadas en el estudio. A diferencia de estos resultados, Chambaz *et al.* (2003), das Graças Padre *et al.* (2006) y Albrecht *et al.* (2006), entre otros autores, encontraron diferencias significativas entre razas para el porcentaje de grasa intramuscular determinado a través de ultrasonidos.

En contraposición a lo observado en las variables que relacionan el espesor de grasa subcutánea (dorsal y a nivel de la cadera), la variable UGIM<sub>100</sub> (contenido en grasa intramuscular del m. *Longissimus thoracis* por cada 100 Kg de peso vivo) mostró un descenso significativo con el avance del periodo de cebo, pasando de 0.71 en el primer control ecográfico a 0.36 en el último; hecho que se observa tanto entre cebaderos como entre razas (Tabla 43).

Tabla 43.- Valores medios (cm/100 Kg) de UGIM<sub>100</sub>.

	Ecografía (días previos al sacrificio)						
	180	150	120	90	60	30	1-7
Conjunto	0.71	0.53	0.48	0.42	0.39	0.37	0.36
Concentrado + Paja	0.70	0.53	0.47	0.40	0.38	0.37	0.35
Unifeed	0.72	0.53	0.49	0.44	0.39	0.37	0.38
Charolesa	0.73	0.54	0.48	0.43	0.38	0.36	0.35
Limusina	0.72	0.56	0.51	0.45	0.42	0.38	0.37
Retinta	0.69	0.49	0.45	0.39	0.36	0.38	

UGIM<sub>100</sub> = contenido en grasa intramuscular del m. *Longissimus thoracis* por cada 100 Kg de peso vivo.

f. Correlaciones entre peso al sacrificio, conformación y grado de engrasamiento de la canal y medidas de la canal.

El peso al sacrificio está positivamente correlacionado con UALD, UGD, UGSC y UPGM, pero negativamente con UGIM en la mayoría de los controles ecográficos (Tablas 44 a 46). La correlación entre medidas ultrasónicas y peso al sacrificio fue moderada a pobre, posiblemente debido a la dificultad de medir con precisión medidas de pequeña dimensión. Algunas de las bajas correlaciones entre medidas de profundidad de la grasa y del músculo pueden estar relacionadas con la magnitud de dichas medidas. Los coeficientes de correlación encontrados en nuestro estudio son similares a los encontrados por Wallace *et al.* (1977) y Waldner *et al.* (1992) para el área del m. *Longissimus* ( $r = 0.52$  y  $0.46$ , respectivamente) y por Silva *et al.* (2003b) para el espesor de grasa dorsal y área del músculo ( $r = 0.22$  y  $0.63$ , respectivamente). Las mejores relaciones ( $r = 0.342$  a  $0.573$ ) se obtuvieron entre peso al sacrificio y UALD, mostrando una tendencia a aumentar con la duración del periodo de cebo. El resto de variables no muestran una tendencia clara (UPGM) o los valores de los coeficientes de correlación decrecen (UGD, UGSC, UGIM) conforme se aproximan a la edad de sacrificio. En estudios para estimar el peso de la canal caliente a través de medidas ultrasonográficas, Hansen *et al.* (1999b) y Silva *et al.* (2003a) encontraron coeficientes de correlación entre peso de la canal y área del m. *Longissimus* de  $0.31$  a  $0.38$  y  $0.6$  a  $0.84$  en diferentes genotipos. Dichos coeficientes permanecieron prácticamente constantes a lo largo de la fase de finalización.

Tabla 44. Correlaciones entre peso al sacrificio y medidas ultrasonográficas a diferentes controles ecográficos.

Ecografía	UALD	UGD	UGIM	UGSC	UPMD
1 <sup>a</sup>	0.498*	0.397*	-0.025	0.513**	0.305*
2 <sup>a</sup>	0.342*	0.459*	-0.317*	0.451*	0.445*
3 <sup>a</sup>	0.434*	0.378*	-0.335*	0.498*	0.321*
4 <sup>a</sup>	0.465*	0.162	-0.234	0.444*	0.245*
5 <sup>a</sup>	0.487*	0.121	0.078	0.215	0.329*
6 <sup>a</sup>	0.573**	0.170	-0.270*	0.226	0.368*
7 <sup>a</sup>	0.503**	0.232*	-0.019	0.245*	0.375*

UALD = medida ultrasonográfica del área m. *Longissimus thoracis*; UGD = medida ultrasonográfica del espesor de grasa dorsal a nivel de la 12<sup>a</sup> vértebra torácica; UGIM = medida ultrasonográfica del porcentaje de grasa intramuscular; UGSC = medida ultrasonográfica del espesor de grasa subcutánea a nivel de la cadera; UPGM = medida ultrasonográfica de la profundidad del m. *Gluteus medius*; \* p < 0.05; \*\* p < 0.01

Las calificaciones de conformación de la canal presentaron una estrecha relación con UALD y UPGM. Estas relaciones mostraron una tendencia a aumentar con la duración del periodo de cebo. Respecto de la relación entre conformación subjetiva de la canal y área de la chuleta, los coeficientes de correlación obtenidos en el presente estudio fueron mayores que los ofrecidos por Wallace *et al.* (1977) en terneros Hereford × Angus sacrificados con 439 Kg de peso vivo y 453 días de edad ( $r = 0.12$ ). El grado de engrasamiento de las canales presentó una correlación positiva y significativa con UGD y UGSC, que sin embargo fue inferior a la encontrada entre la conformación de la canal y UALD y UPGM.

Tabla 45. Correlación entre conformación de la canal con UALD y UPGM, y entre grado de engrasamiento de la canal y UGD y UGSC a diferentes controles ecográficos.

Ecografía	Conformación canal		Engrasamiento canal	
	UALD	UPGM	UGD	UGSC
1 <sup>a</sup>	0.581**	0.233	0.318*	0.138
2 <sup>a</sup>	0.514**	0.525**	0.345*	0.346*
3 <sup>a</sup>	0.537**	0.635**	0.314*	0.286*
4 <sup>a</sup>	0.590**	0.533**	0.298*	0.334*
5 <sup>a</sup>	0.520**	0.481*	0.330*	0.434*
6 <sup>a</sup>	0.551**	0.597**	0.268*	0.296*
7 <sup>a</sup>	0.531**	0.616**	0.203	0.293*

UALD = medida ultrasonográfica del área m. *Longissimus thoracis*; UGD = medida ultrasonográfica del espesor de grasa dorsal a nivel de la 12<sup>a</sup> vértebra torácica; UPGM = medida ultrasonográfica de la profundidad del m. *Gluteus medius*; UGSC = medida ultrasonográfica del espesor de grasa subcutánea a nivel de la cadera; \* P < 0.05; \*\* P < 0.01

Las correlaciones entre medidas ultrasonográficas en los diferentes controles (180, 150, 120, 90, 60, y 30 días, y 1 semana antes del sacrificio) y características de la canal en las tres razas bovinas estudiadas fueron en general positivas: 0.48 a 0.98 para área del m. *Longissimus thoracis*, 0.30 a 0.98 para espesor de grasa dorsal, y 0.13 a 0.44 para contenido en grasa intramuscular (valores significativos, P < 0.05, a partir de r = 0.16). Similares resultados han sido descritos por Brethour (2000) en cruces de razas continentales (Charolesa y Limusina). Tait *et al.* (2005) registraron los valores más altos para la correlación entre espesor de grasa dorsal (r = 0.68), intermedios para grasa intramuscular (r = 0.64), y los menores para área del m. *Longissimus* (r = 0.56). Cerca al sacrificio, registramos un aumento en el coeficiente de correlación entre las medidas del área del m. *Longissimus* registradas por ultrasonografía y en la canal, con valores más altos que los registrados en estudios previos (0.50 a 0.69; Perkins *et al.*, 1992; May *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2002). En nuestro estudio registramos una disminución de la exactitud en la predicción del área del m. *Longissimus* a mayor peso vivo de los

animales, en contraposición a lo descrito por Houghthon and Turlington (1992) y Suguisawa *et al.* (2003).

La correlación entre UGD y el espesor de grasa dorsal en la canal aumentó conforme las mediciones se aproximaron al momento del sacrificio, a semejanza de lo obtenido por Rouse *et al.* (2000). Los coeficientes de correlación más bajos los encontramos en la raza Retinta, más magra que la Charolais y Limusina. Los coeficientes de correlación registrados en nuestro estudio, mayores que los ofrecidos por Wall *et al.* (2004) ( $r = 0.74$ ), se encuentran en el rango de los obtenidos en otros estudios para espesor de grasa dorsal ( $r = 0.69$  to  $0.94$ ) en bovinos (May *et al.*, 2000; Hassen *et al.*, 2001; Tarouco *et al.*, 2005).

La correlación entre contenido en grasa intramuscular, por ecografía y análisis químico, aumentó significativamente desde el primer al último control ecográfico, mientras que en el trabajo de Wall *et al.* (2004) se observa que dicha correlación permanece constante desde 100 días antes del sacrificio hasta el último control. En adición, el rápido descenso del  $R^2$  con el aumento del tiempo entre el control ecográfico y el sacrificio, nos sugiere que las valoraciones de UGIM son más efectivas con la proximidad al momento del sacrificio. En el último control ecográfico, el coeficiente de correlación (0.44) fue menor que el publicado por Brethour (2000), Wall *et al.* (2004) y Tomka *et al.* (2010), quienes lo sitúan entre 0.61 y 0.80. Los resultados del trabajo de Baker *et al.* (2006) indican que el coeficiente de correlación entre las medidas ecográficas y químicas del contenido en grasa intramuscular es mayor en animales con más grado de engrasamiento intramuscular ( $r = 0.31$  y  $0.81$  en animales con 3.6% y 4.2% de grasa intramuscular, respectivamente). Aas *et al.* (2009) también indican que mientras la correlación entre mediciones de la grasa intramuscular en animales con  $\geq 2$  % es alta, la existente en animales con  $\leq 2$  % de grasa es baja.

### g. Ecuaciones de predicción (Tablas 46 y 47).

Para cada una de las tres razas consideradas, los coeficientes de determinación de las ecuaciones de predicción del área del m. *Longissimus thoracis*, espesor de grasa dorsal y contenido en grasa intramuscular fueron en general no significativos, por lo que el estudio se realizó para el conjunto de datos. La ecuación de predicción del área del m. *Longissimus thoracis* admite dos variables independientes. UALD<sub>0</sub> es la primera variable admitida en el modelo y representa el 87% de la variación. La inclusión de UALD<sub>90</sub> en el modelo mejoró la estimación un 6.1%, mientras que el resto de variables no aportaba mejora significativa. La ecuación de regresión obtenida con la inclusión de todas las medidas ultrasonográficas mostró un  $R^2 = 0.94$ , valor más alto que el encontrado por Silva *et al.* (2003b) y por Suguisawa *et al.* (2003) ( $R^2 = 0.55$ , y 0.54 a 0.77, respectivamente).

La ecuación de predicción del espesor de grasa dorsal es la única que admite cuatro variables independientes. La medición realizada en el último control ecográfico (UGD<sub>0</sub>) fue la más importante y explicó el 82% de la variación. UGD<sub>90</sub>, UGD<sub>150</sub> and UGD<sub>120</sub> fueron la segunda, tercera y cuarta variables admitidas en el modelo y representan el 1.1%, 1.1% and 0.9% de la variación, respectivamente. UGD<sub>30</sub> y UGD<sub>60</sub> no aportaron mejora significativa al modelo.

La  $R^2$  para la grasa intramuscular verifica el pobre ajuste para la predicción de esta variable. La ecuación de predicción admite tres variables independientes: UGIM<sub>60</sub> es la primera variable admitida en el modelo y explica 27.4 % de la variación, seguida de UGIM<sub>90</sub> (11.8 %) y UGIM<sub>0</sub> (3.2 %). Estos valores son similares a los encontrados por Chambaz *et al.* (2003) y Aas *et al.* (2006), quienes desarrollaron varios modelos de predicción y para los que obtuvieron valores de  $R^2 = 0.48$  y 0.42, respectivamente, en los modelos de mayor precisión en la predicción. Sin embargo, en base a un mayor número de animales con un mayor contenido en grasa intramuscular (3.5 %), Hassen *et al.* (2001) obtuvieron valores significativamente más altos ( $R^2 = 0.70$ ) que los obtenidos en el presente estudio.

Para ahorrar tiempo y costes, identificamos la mejor combinación de controles ecográficos para obtener una predicción aceptable. Los valores de  $R^2$  para la estimación del área del músculo *Longissimus thoracis* fueron altas (0.93) cuando se incluyeron los controles ecográficos previos al sacrificio. El valor de  $R^2$  para la ecuación seleccionada de dos parámetros,  $UALD_{30} + UALD_0$ , fue 0.94. La adición de cualquier otro parámetro no mejoró el coeficiente de determinación. Cuando la ecuación no incluye el último control ecográfico el valor de  $R^2$  fue significativamente inferior ( $R^2 = 0.65$ ), lo que está en línea con los resultados aportados por Sugisawa et al. (2003).

Los valores de  $R^2$  para las ecuaciones de regresión para estimar el espesor de grasa dorsal fueron menores (0.61 to 0.84) que los encontrados para el área del m. *Longissimus thoracis*; lo que discrepa de lo aportado por Realini et al. (2001) y Sugisawa et al. (2003), quienes registran valores más altos para la estimación del espesor de grasa dorsal que para el área del m. *Longissimus thoracis*. La ecuación más precisa para la estimación del espesor de grasa dorsal fue la que combina tres parámetros:  $UGD_0$ ,  $UGD_{90}$  y  $UGD_{150}$ , con  $R^2 = 0.85$ . La ecuación seleccionada con dos parámetros,  $UGD_{90}$  o  $UGD_{30}$ , junto a  $UGD_0$ , tuvo valores similares ( $R^2 = 0.83$  y  $0.82$ , respectivamente). Como se observa en el caso del área del músculo, la no inclusión del último control ecográfico reduce considerablemente el coeficiente de determinación de la ecuación de predicción ( $R^2 = 0.63$ ).

En relación a la ecuación de regresión para la estimación del contenido en grasa intramuscular del m. *Longissimus thoracis*, los valores de  $R^2$  fueron bajos, lo que concuerda con las observaciones de Aas et al. (2009), quienes indican que las medidas ultrasonográficas pueden ser de gran ayuda en la predicción in vivo del contenido en grasa intramuscular, aunque en animales de razas magras es difícil obtener coeficientes de determinación elevados. En nuestro estudio, los valores de  $R^2$  obtenidos fueron inferiores a los registrados por Chambaz et al. (2003;  $R^2 = 0.42$ ), y Aas et al. (2006, 2009;  $R^2 = 0.44 - 0.48$  y  $R^2 = 0.67$ , respectivamente) para razas bovinas magras. La regresión entre  $UGIM_{30}$  y el contenido en grasa intramuscular fue 0.34, mayor que la correspondiente a  $UGIM_0$ . Combinando  $UGIM_{30}$  y  $UGIM_{150}$  no se produjo en

una mejora sustancial en los valores de  $R^2$ . La ecuación con el mayor  $R^2$  se obtuvo combinando  $UGIM_0$ ,  $UGIM_{60}$  y  $UGIM_{90}$  ( $R^2 = 0.39$ ).

La influencia del tiempo entre el control ecográfico y la predicción de las variables de la canal no es clara. Hassen *et al.* (1999b) y Baker *et al.* (2006) no encuentran relación significativas entre ambos, mientras que Lambe *et al.* (2010) señalan que combinando controles al principio y final del periodo de cebo se aumenta la exactitud de las predicciones. En el caso de un solo control, es preferible utilizar los más próximos al sacrificio. Nuestros resultados están en línea con la hipótesis propuesta por dichos autores.

Tabla 46. Correlación entre medidas ecográficas y medidas de la canal.

Medida canal	Medida ultrasonidos	Días al sacrificio						
		180	150	120	90	60	30	1-7
Área músculo	UALD	UALD <sub>180</sub> <sup>1</sup>	UALD <sub>150</sub>	UALD <sub>120</sub>	UALD <sub>90</sub>	UALD <sub>60</sub>	UALD <sub>30</sub>	UALD <sub>0</sub>
Conjunto		0.475***	0.486***	0.574***	0.625***	0.672***	0.789***	0.976***
Charolesa		0.278*	0.425**	0.476***	0.532***	0.658***	0.683***	0.972***
Limusina		0.263*	0.465**	0.251*	0.478**	0.698***	0.609***	0.936***
Retinta			0.213	0.209	0.374**	0.563***	0.582***	0.975***
Grasa dorsal	UGD	UGD <sub>180</sub> <sup>1</sup>	UGD <sub>150</sub>	UGD <sub>120</sub>	UGD <sub>90</sub>	UGD <sub>60</sub>	UGD <sub>30</sub>	UGD <sub>0</sub>
Conjunto		0.304*	0.366**	0.561*	0.625**	0.672***	0.789***	0.975***
Charolesa		0.381	0.284	0.345**	0.411**	0.505***	0.683***	0.971***
Limusina		0.218	0.241*	0.331*	0.414**	0.647***	0.763***	0.936***
Retinta			0.195	0.236*	0.476**	0.529***	0.697***	0.881***
Grasa intramuscular	UGIM	UGIM <sub>180</sub> <sup>1</sup>	UGIM <sub>150</sub>	UGIM <sub>120</sub>	UGIM <sub>90</sub>	UGIM <sub>60</sub>	UGIM <sub>30</sub>	UGIM <sub>0</sub>
Conjunto		0.131	0.129	0.158*	0.194*	0.251*	0.383*	0.437**
Charolesa		0.082	0.138	0.191*	0.259*	0.304*	0.337*	0.411*
Limusina		0.103	0.114	0.297*	0.334*	0.377*	0.427**	0.533**
Retinta			0.175	0.134	0.135	0.258*	0.322*	0.566**

<sup>1</sup>Representa controles ecográficos aproximadamente a 180, 150, 120, 90, 60, y 30 días, y 1 semana antes del sacrificio

UALD = medida ultrasonográfica del área m. *Longissimus thoracis*;

UGD = medida ultrasonográfica del espesor de grasa dorsal a nivel de la 12<sup>a</sup> vértebra torácica;

UGIM = medida ultrasonográfica del porcentaje de grasa intramuscular;

\* p < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

**Tabla 47.** Ecuaciones de predicción de medidas de la chuleta a través de medidas ultrasonográficas.

Variables dependientes	R <sup>2</sup> modelo	C(p)	Coeficientes parciales de regresion							
			Intercept	Variables independientes						
Área músculo	0.867	1.989		UALD <sub>0</sub> <sup>1</sup>	UALD <sub>30</sub>	UALD <sub>60</sub>	UALD <sub>90</sub>	UALD <sub>120</sub>	UALD <sub>150</sub>	
			4.699	1.026						
	0.928	3.325	4.145	1.015			0.120			
Grasa Dorsal	0.818	18.234		UGD <sub>0</sub> <sup>1</sup>	UGD <sub>30</sub>	UGD <sub>60</sub>	UGD <sub>90</sub>	UGD <sub>120</sub>	UGD <sub>150</sub>	
			0.415	8.196						
			0.832	13.750	0.011	7.989		1.173		
			0.843	3.643	0.153	7.717		2.421		-1.863
	0.852	3.435	0.231	7.811		2.838	-1.134	-1.426		
Grasa intramuscular	0.274	1.295		UGIM <sub>0</sub> <sup>1</sup>	UGIM <sub>30</sub>	UGIM <sub>60</sub>	UGIM <sub>90</sub>	UGIM <sub>120</sub>	UGIM <sub>150</sub>	
			1.404			0.202				
			0.392	1.413	1.567		0.338	-0.213		
	0.424	2.049	1.389	0.171		0.295	-0.218			

<sup>1</sup>Representa valores de controles ecográficos a aproximadamente 1 semana, 30, 60, 90, 120 y 150 días antes del sacrificio;

UALD = medida ultrasonográfica del area m. *longissimus thoracis*;

UGD = medida ultrasonográfica del espesor de grasa dorsal a nivel de la 12<sup>a</sup> vértebra torácica;

UGIM = medida ultrasonográfica del porcentaje de grasa intramuscular.

Tabla 48.- Coeficientes de regresión para predecir medidas de la chuleta a través de medidas ultrasonográficas

Variables dependientes	Variables independientes <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	SEM
Área músculo	UALD <sub>0</sub>	0.927	6.080
	UALD <sub>0</sub> + UALD <sub>30</sub>	0.939	7.142
Grasa dorsal	UGD <sub>0</sub>	0.826	0.332
	UGD <sub>0</sub> + UGD <sub>90</sub>	0.832	0.323
	UGD <sub>0</sub> + UGD <sub>90</sub> + UGD <sub>150</sub>	0.845	0.301
	UGD <sub>0</sub> + UGD <sub>90</sub> + UGD <sub>150</sub> + UGD <sub>120</sub>	0.867	0.289
Grasa	UGIM <sub>0</sub>	0.296	0.239
Intramuscular	UGIM <sub>60</sub> + UGIM <sub>90</sub>	0.367	0.232
	UGIM <sub>0</sub> + UGIM <sub>60</sub> + UGIM <sub>90</sub>	0.387	0.240

<sup>1</sup>Representa valores de controles ecográficos a aproximadamente 1 semana, 30, 60, 90, 120 y 150 días antes del sacrificio;

UALD = medida ultrasonográfica del area m. *longissimus thoracis*;

UGD = medida ultrasonográfica del espesor de grasa dorsal a nivel de la 12<sup>a</sup> vértebra torácica;

UGIM = medida ultrasonográfica del porcentaje de grasa intramuscular.

SEM = Standard error de la media

## 5.2. Resultados obtenidos en matadero.

### 5.2.1. Pesos vivos, pesos canal, y rendimientos.

Peso vivo.

En el peso vivo final de los terneros influyó significativamente la raza, tal y como podemos ver en la Tabla 49.

Tabla 49. Peso vivo final de los terneros en cebadero. Análisis de varianza.

Peso final	SS	MS	F	P
Intercept.	44342466	44342466	68104.07	0.000
Raza	115182	57591	88.45	0.000
Cebadero	120	120	0.19	0.667
Raza*Cebadero	1934	967	1.49	0.229

G.L.: = grados de libertad; SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

En el matadero (Tabla 50), tras el ayuno, los terneros registraron un peso vivo medio de  $509.14 \pm 2.77$  Kg, lo que supuso una pérdida media de 32.65 Kg, cifra que representó el 6.70% del peso al final del cebo. No hubo diferencias entre cebaderos (6.58% en los terneros procedentes del cebadero de Alcaracejos y 6.84% en los de Almadenejos). Los terneros de raza Limusina fueron los que menos pérdidas por ayuno tuvieron (5.67%) en relación a los de raza Charolesa (7.07%) y Retinta (7.31%).

Tabla 50. Peso vivo al sacrificio (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	509.14	35.22	2.77	503.67	514.60
Raza	1		59	528.76	25.33	3.45	521.85	535.68
Raza	2		64	522.04	24.13	3.09	515.86	528.22
Raza	3		57	469.84	24.36	3.55	462.69	476.99
Cebadero	1		97	508.99	39.35	4.19	500.65	517.33
Cebadero	2		83	509.31	29.86	3.47	502.39	516.23
R*C	1	1	31	530.36	30.62	5.79	518.48	542.23
R*C	1	2	28	527.04	18.49	3.63	519.58	534.51
R*C	2	1	38	523.79	25.26	4.21	515.24	532.33
R*C	2	2	26	519.53	22.67	4.53	510.17	528.88
R*C	3	1	28	461.87	23.87	4.87	451.79	471.95
R*C	3	2	29	478.15	22.44	4.68	468.45	487.86

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

#### Pesos canal.

En el peso canal, así como en el peso de las dos hemicanales, tanto la raza como el cebadero influyeron significativamente (Tabla 51).

Tabla 51. Pesos canal y de la hemicanal derecha e izquierda. Análisis de la varianza.

Peso canal	SS	MS	F	P
Intercept	14579484	14579484	59029.97	0.000
Raza	83488	41744	169.01	0.000
Cebadero	1474	1474	5.97	0.015
Raza*Cebadero	1003	502	2.03	0.134

G.L.: = grados de libertad; SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

## Resultados y Discusión

½ canal derecha	SS	MS	F	P
Intercept	3678215	3678215	58984.31	0.000
Raza	20728	10364	166.20	0.000
Cebadero	393	393	6.30	0.013
Raza*Cebadero	272	136	2.18	0.116

½ canal izquierda	SS	MS	F	P
Intercept	3622606	3622606	57793.90	0.000
Raza	21034	10517	167.79	0.000
Cebadero	350	350	5.58	0.019
Raza*Cebadero	237	119	1.89	0.153

Tabla 52. Peso de la canal (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	305.49	27.89	2.19	301.16	309.82
Raza	1		59	315.81	18.34	2.50	310.80	320.81
Raza	2		64	323.59	14.53	1.86	319.87	327.31
Raza	3		57	270.14	14.97	2.18	265.75	274.54
Cebadero	1		97	303.98	30.28	3.23	297.57	310.40
Cebadero	2		83	307.29	24.85	2.89	301.53	313.04
R*C	1	1	31	313.23	21.00	3.97	305.09	321.37
R*C	1	2	28	318.58	14.89	2.92	312.57	324.60
R*C	2	1	38	323.48	15.06	2.51	318.38	328.57
R*C	2	2	26	323.76	14.03	2.81	317.97	329.55
R*C	3	1	28	263.95	15.28	3.12	257.50	270.40
R*C	3	2	29	276.61	11.78	2.46	271.52	281.70

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

En el conjunto de terneros estudiados, el peso medio de la canal caliente fue  $305.49 \pm 2.19$  Kg (Tabla 52). No hubo similitud estadística entre los pesos canal de los terneros procedentes de ambos cebaderos ( $303.98 \pm 3.06$  Kg en Alcaracejos vs.  $307.29 \pm 2.89$  Kg en Almadenejos). En consonancia a los pesos al sacrificio, los pesos de las canales de los terneros de raza Retinta

(270.14±2.18 Kg) fueron inferiores a los registrados en los de raza Charolesa (315.81±2.50 Kg) y Limusina (323.59±1.86 Kg), siendo éstos los que presentaron el peso canal significativamente más elevado.

El peso medio de la hemicanal derecha (Tabla 53) para el conjunto de terneros estudiados fue 153.43±1.10 Kg en tanto que el de la hemicanal izquierda fue 152.29±1.10 Kg (Tabla 54), lo que viene a indicar que la división de la canal fue bastante correcta. Lo mismo podemos señalar respecto de las canales procedentes de los dos cebaderos (152.63±1.62 Kg vs. 151.57±1.62 Kg en Alcaracejos y 154.38±1.44 Kg vs. 153.14±1.46 Kg en Almadenejos) y en las tres razas (158.63±1.26 Kg vs. 157.39±1.24 Kg en la raza Charolesa, 162.42±0.93 Kg vs. 161.43±0.94 Kg en la raza Limusina y 135.81± 1.10 Kg vs. 134.56±1.10 Kg en la raza Retinta).

Tabla 53. Peso de la hemicanal derecha (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	153.43	13.95	1.10	151.27	155.60
Raza	1		59	158.63	9.28	1.26	156.09	161.16
Raza	2		64	162.42	7.25	0.93	160.56	164.27
Raza	3		57	135.81	7.55	1.10	133.59	138.03
Cebadero	1		97	152.63	15.16	1.62	149.42	155.85
Cebadero	2		83	154.38	12.39	1.44	151.51	157.26
R*C	1	1	31	157.21	10.61	2.01	153.09	161.32
R*C	1	2	28	160.16	7.50	1.47	157.13	163.19
R*C	2	1	38	162.41	7.60	1.27	159.83	164.98
R*C	2	2	26	162.43	6.86	1.37	159.60	165.26
R*C	3	1	28	132.64	7.53	1.54	129.46	135.82
R*C	3	2	29	139.11	6.12	1.28	136.46	141.76

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 54. Peso de la hemicanal izquierda (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	152.29	14.01	1.10	150.11	154.46
Raza	1		59	157.39	9.15	1.24	154.89	159.88
Raza	2		64	161.43	7.37	0.94	159.54	163.32
Raza	3		57	134.56	7.55	1.10	132.34	136.78
Cebadero	1		97	151.57	15.17	1.62	148.36	154.78
Cebadero	2		83	153.14	12.53	1.46	150.24	156.04
R*C	1	1	31	156.24	10.44	1.97	152.19	160.28
R*C	1	2	28	158.62	7.52	1.47	155.59	161.66
R*C	2	1	38	161.32	7.51	1.25	158.78	163.86
R*C	2	2	26	161.59	7.31	1.46	158.57	164.61
R*C	3	1	28	131.50	7.81	1.59	128.20	134.80
R*C	3	2	29	137.76	5.88	1.23	135.21	140.30

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

#### Rendimiento canal.

Los rendimientos canal estuvieron significativamente afectados por la raza y el cebadero (Tabla 55).

Al relacionar el peso de la canal caliente con el peso de los terneros a la salida del cebadero obtenemos un rendimiento canal medio de  $56.74 \pm 0.23$  % (Tabla 56), con valores muy parecidos entre cebaderos ( $56.40 \pm 0.34$ % y  $57.14 \pm 0.29$ ) aunque mayores en los terneros procedentes del cebadero de Almadenejos. Esto coincide con los estudios de Ferreira *et al.* (1998), que encontraron que animales alimentados con niveles más altos de concentrado tienden a tener un peso más elevado de las vísceras y de la grasa interna, lo que podría explicar el menor rendimiento.

Tabla 55. Rendimientos canal. Análisis de la varianza.

Rendimiento canal 1	SS	MS	F	P
Intercept	507213.5	507213.5	112535.7	0.000
Raza	578.4	289.2	64.2	0.000
Cebadero	42.6	42.6	9.5	0.002
Raza*Cebadero	7.9	4.0	0.9	0.416

G.L.: = grados de libertad; SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Rendimiento canal 2	SS	MS	F	P
Intercept	565722.5	565722.5	117948.6	0.000
Raza	607.4	303.7	63.3	0.000
Cebadero	21.2	21.2	4.4	0.037
Raza*Cebadero	9.0	4.5	0.9	0.394

Los terneros de raza Limusina fueron los que presentaron el mayor rendimiento canal ( $58.98 \pm 0.31\%$ ), seguidos de los de raza Charolesa ( $56.26 \pm 0.29\%$ ) y de los de raza Retinta ( $54.38 \pm 0.26$ ); diferencias atribuibles tanto al peso al sacrificio como al grado de madurez de cada uno de los genotipos considerados.

Los trabajos de Field y Schoonover (1967) indican que el rendimiento canal aumenta linealmente con el peso vivo, lo cual explicaría en parte el menor rendimiento en terneros de raza Retinta.

El rendimiento canal registrado en la raza Retinta es similar al 54.3% obtenido por Franco (1997). En cambio, Benito *et al.* (1982) obtienen un rendimiento del 56.6% en la misma raza, tal vez influido por el mayor peso al sacrificio (520 Kg).

Alberti *et al.* (1992) obtuvieron rendimientos canal del 57.5% y del 56.4% para las razas Parda Alpina y Pirenaica, respectivamente.

## Resultados y Discusión

Tabla 56. Rendimiento canal 1 (% respecto de peso cebadero). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	56.74	2.88	0.23	56.29	57.19
Raza	1		59	56.26	2.14	0.29	55.67	56.84
Raza	2		64	58.98	2.44	0.31	58.36	59.61
Raza	3		57	54.38	1.80	0.26	53.85	54.91
Cebadero	1		97	56.40	3.16	0.34	55.73	57.07
Cebadero	2		83	57.14	2.47	0.29	56.57	57.71
R*C	1	1	31	55.58	2.33	0.44	54.68	56.48
R*C	1	2	28	56.99	1.68	0.33	56.31	57.66
R*C	2	1	38	58.81	2.69	0.45	57.90	59.72
R*C	2	2	26	59.24	2.08	0.42	58.38	60.09
R*C	3	1	28	53.75	1.78	0.36	53.00	54.50
R*C	3	2	29	55.03	1.62	0.34	54.33	55.73

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Si relacionamos el peso al sacrificio con el peso a la canal obtenemos un rendimiento canal medio de  $59.92 \pm 0.23\%$  (Tabla 57). Respecto de los cebaderos ( $59.70 \pm 0.23\%$  y  $60.18 \pm 0.37\%$ , Alcaracejos y Almadenejos, respectivamente) y de la razas ( $59.76 \pm 0.27\%$  para Charolesa,  $62.07 \pm 0.27\%$  para Limusina y  $57.30 \pm 0.38\%$  para Retinta), las diferencias fueron similares a las encontradas para el rendimiento canal 1.

Estos valores de rendimiento canal son ligeramente inferiores a los publicados por Renand (1988), quienes registraron valores del 64.1%, 64.1% y 66.7% en las razas Blanco Azul Belga, Blonda de Aquitania y Limusina, respectivamente. Estas diferencias pueden ser debidas a la genética mejorada de los animales, superior en este estudio.

Mojca Simcic *et al.* (2009) obtuvieron rendimientos del 58.33% para cruce de Brown Swiss por Charolesa y del 57.26% para cruce de Brown Swiss por Limusina. Estos valores son inferiores a los obtenidos en nuestro estudio para rendimiento canal 2, posiblemente debido al cruce con la raza Brown Swiss, de menos rendimiento a la canal.

Valores del 61.07% se obtuvieron por Sánchez García *et al.* (1992) en raza Rubia Gallega. Rendimientos del 61.4% en Limusina, similares a los encontrados en nuestro estudio, fueron obtenidos por Monsón *et al.* (2005). Estos autores encontraron rendimientos significativamente superiores en Limusina y en Blonda de Aquitania que en otras dos razas, Holstein y Brown Swiss.

Tabla 57. Rendimiento canal 2 (% respecto del peso al sacrificio). Estadísticos descriptivos

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	59.92	2.93	0.23	59.46	60.37
Raza	1		59	59.76	2.00	0.27	59.22	60.31
Raza	2		64	62.07	2.08	0.27	61.54	62.60
Raza	3		57	57.30	2.59	0.38	56.54	58.06
Cebadero	1		97	59.70	2.70	0.29	59.12	60.27
Cebadero	2		83	60.18	3.18	0.37	59.45	60.92
R*C	1	1	31	59.10	1.97	0.37	58.33	59.86
R*C	1	2	28	60.48	1.82	0.36	59.75	61.22
R*C	2	1	38	61.84	1.95	0.33	61.18	62.50
R*C	2	2	26	62.40	2.24	0.45	61.48	63.33
R*C	3	1	28	57.19	1.76	0.36	56.44	57.93
R*C	3	2	29	57.43	3.27	0.68	56.01	58.84

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Campo *et al.* (1999) encontraron rendimientos canal significativamente más bajos en razas rústicas (Avileña-Negra Ibérica, Morucha y Retinta), comparados con los de terneros de tipo culón (Asturiana de los Valles) que fueron los de más rendimiento seguidos de los de doble aptitud (Parda Alpina) y los de razas de crecimiento rápido (Pirenaica y Rubia Gallega).

5.2.2. Despiece de la canal.

El peso de las diferentes piezas comerciales en las que se dividió la hemicanal derecha estuvo significativamente afectado por la raza. El cebadero afectó también a todas las piezas excepto a la riñonada, tal y como podemos observar en la Tabla 58.

Tabla 58. Peso de las diferentes piezas en las que se dividió la hemicanal derecha. Análisis de la varianza.

Delantero	SS	MS	F	P
Intercept	531256.2	531256.2	48697.24	0.000
Raza	2909.3	1454.6	133.34	0.000
Cebadero	66.8	66.8	6.12	0.014
Raza*Cebadero	2.8	1.4	0.13	0.879

G.L.: = grados de libertad; SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Bola	SS	MS	F	p
Intercept	392008.7	392008.7	41697.70	0.000
Raza	2932.3	1466.2	155.96	0.000
Cebadero	27.1	27.1	2.88	0.091
Raza*Cebadero	40.8	20.4	2.17	0.117

Riñonada	SS	MS	F	p
Intercept	77475.76	77475.76	38288.34	0.000
Raza	373.66	186.83	92.33	0.000
Cebadero	2.03	2.03	1.00	0.318
Raza*Cebadero	1.66	0.83	0.41	0.663

Falda	SS	MS	F	p
Intercept	67737.73	67737.73	25530.51	0.000
Raza	462.46	231.23	87.15	0.000
Cebadero	11.12	11.12	4.19	0.042
Raza*Cebadero	2.97	1.48	0.56	0.572

El peso de todas las piezas se vio afectado significativamente por la raza, lo que era previsible dado el diferente peso al sacrificio y de las canales. En todas las piezas, las razas francesas (Tablas 59, 60, 61, 62) presentaron mayor peso que la raza Retinta (59.4 Kg y 62.2 Kg vs. 51.9 Kg para el delantero; 51.6 Kg y 53.9 Kg vs. 43.6 Kg para la bola; 23.0 Kg y 23.4 Kg vs. 19.9 Kg para la riñonada, y 22.1 Kg y 21.7 Kg vs. 18.2 Kg para la falda), con diferencias significativas entre las canales de terneros de raza Charolesa y Limusina para el delantero y la falda.

Tabla 59. Peso del delantero (Kg). Estadísticos descriptivos

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	58.29	5.39	0.42	57.45	59.12
Raza	1		59	59.43	3.80	0.52	58.39	60.47
Raza	2		64	62.18	2.92	0.37	61.44	62.93
Raza	3		57	51.92	3.28	0.48	50.96	52.88
Cebadero	1		97	57.93	5.59	0.60	56.75	59.11
Cebadero	2		83	58.72	5.14	0.60	57.52	59.91
R*C	1	1	31	58.90	4.12	0.78	57.30	60.49
R*C	1	2	28	60.01	3.41	0.67	58.63	61.39
R*C	2	1	38	61.73	2.98	0.50	60.73	62.74
R*C	2	2	26	62.83	2.76	0.55	61.69	63.97
R*C	3	1	28	51.09	3.50	0.71	49.62	52.57
R*C	3	2	29	52.78	2.85	0.59	51.55	54.01

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 60. Peso de la bola (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	50.18	5.30	0.42	49.35	51.00
Raza	1		59	51.66	3.47	0.47	50.71	52.60
Raza	2		64	53.91	2.97	0.38	53.15	54.68
Raza	3		57	43.62	2.81	0.41	42.80	44.44
Cebadero	1		97	50.05	5.71	0.61	48.84	51.26
Cebadero	2		83	50.32	4.79	0.56	49.21	51.43
R*C	1	1	31	51.03	3.89	0.74	49.52	52.54
R*C	1	2	28	52.33	2.86	0.56	51.18	53.49
R*C	2	1	38	54.14	3.03	0.50	53.12	55.17
R*C	2	2	26	53.58	2.92	0.58	52.38	54.79
R*C	3	1	28	42.77	3.02	0.62	41.50	44.05
R*C	3	2	29	44.51	2.31	0.48	43.51	45.50

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 61. Peso de la riñonada (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	22.26	2.08	0.16	21.93	22.58
Raza	1		59	23.02	1.78	0.24	22.53	23.50
Raza	2		64	23.41	1.21	0.16	23.10	23.72
Raza	3		57	19.88	1.17	0.17	19.54	20.23
Cebadero	1		97	22.23	2.24	0.24	21.76	22.70
Cebadero	2		83	22.29	1.89	0.22	21.85	22.73
R*C	1	1	31	22.93	1.99	0.38	22.16	23.70
R*C	1	2	28	23.11	1.56	0.31	22.48	23.74
R*C	2	1	38	23.41	1.33	0.22	22.96	23.86
R*C	2	2	26	23.41	1.04	0.21	22.98	23.84
R*C	3	1	28	19.64	1.34	0.27	19.07	20.21
R*C	3	2	29	20.14	0.91	0.19	19.75	20.53

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

El delantero fue la pieza que arrojó un mayor peso (58.3 Kg en el conjunto de animales), seguida de la bola (50.2 Kg) la riñonada (22.3 Kg) y por último la falda (20.8 Kg).

Tabla 62. Peso de la falda (Kg). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	20.80	2.35	0.18	20.44	21.17
Raza	1		59	22.10	1.74	0.24	21.63	22.58
Raza	2		64	21.67	1.71	0.22	21.23	22.11
Raza	3		57	18.18	1.41	0.21	17.76	18.59
Cebadero	1		97	20.62	2.49	0.27	20.09	21.15
Cebadero	2		83	21.02	2.17	0.25	20.51	21.52
R*C	1	1	31	22.02	1.87	0.35	21.29	22.74
R*C	1	2	28	22.19	1.63	0.32	21.53	22.85
R*C	2	1	38	21.44	1.93	0.32	20.79	22.10
R*C	2	2	26	22.00	1.28	0.26	21.47	22.53
R*C	3	1	28	17.76	1.30	0.27	17.21	18.31
R*C	3	2	29	18.62	1.42	0.30	18.00	19.23

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Los pesos de las diferentes piezas fueron mayores en las canales de los terneros procedentes del cebadero de Almadenejos (mezcla unifeed), respecto del de Alcaracejos (concentrado + paja).

En relación al porcentaje de las diferentes piezas respecto del peso de la hemicanal derecha, la raza fue el único factor que presentó una influencia significativa (Tabla 63).

## Resultados y Discusión

Tabla 63. Porcentajes, respecto del peso de la hemicanal derecha, de las diferentes piezas. Análisis de varianza.

% Delantero	SS	MS	F	P
Intercept	232642.1	232642.1	246937.9	0.000
Raza	23.8	11.9	12.6	0.000
Cebadero	0.2	0.2	0.2	0.671
Raza*Cebadero	8.7	4.3	4.6	0.011

G.L.: = grados de libertad; SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

% Bola	SS	MS	F	P
Intercept	171266.7	171266.7	140617.9	0.000
Raza	24.2	12.1	9.9	0.000
Cebadero	0.3	0.3	0.3	0.606
Raza*Cebadero	4.4	2.2	1.8	0.169

% Riñonada	SS	MS	F	P
Intercept	33948.03	33948.03	116249.3	0.000
Raza	1.93	0.97	3.3	0.039
Cebadero	0.85	0.85	2.9	0.090
Raza*Cebadero	0.57	0.28	1.0	0.381

% Falda	SS	MS	F	P
Intercept	29611.25	29611.25	50686.54	0.000
Raza	11.26	5.63	9.64	0.000
Cebadero	0.20	0.20	0.34	0.560
Raza*Cebadero	1.54	0.77	1.32	0.269

En relación al peso de la hemicanal derecha (Tablas 64, 65, 66, 67), el delantero, bola, riñonada y falda representaron el 38.3%, 32.9%, 14.6% y 13.6%, respectivamente, con diferencias significativas entre razas. Esto coincide con el estudio realizado por el Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón (2001) en el que se compara el despiece de canal de 7 razas españolas, encontrándose diferencias significativas entre ellas. Las canales de terneros de raza Retinta presentaron porcentajes de delantero y

falda significativamente superiores a los de Limusina y Charolesa, en tanto que los porcentajes de bola fueron similares en Charolesa y Retinta e inferiores a los de raza Limusina. El % de bola + riñonada fue superior en la raza Limusina (47.91%), seguido de Charolesa (47.44%) y por último Retinta (47.20%).

Tabla 64. Delantero (% respecto del peso de la canal). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	38.29	1.05	0.08	38.13	38.45
Raza	1		59	37.76	1.01	0.14	37.49	38.04
Raza	2		64	38.53	0.96	0.12	38.28	38.77
Raza	3		57	38.58	1.01	0.15	38.29	38.88
Cebadero	1		97	38.25	1.08	0.12	38.02	38.48
Cebadero	2		83	38.34	1.02	0.12	38.10	38.57
R*C	1	1	31	37.71	1.15	0.22	37.26	38.15
R*C	1	2	28	37.82	0.86	0.17	37.47	38.17
R*C	2	1	38	38.28	0.95	0.16	37.96	38.60
R*C	2	2	26	38.89	0.86	0.17	38.54	39.25
R*C	3	1	28	38.84	0.88	0.18	38.47	39.22
R*C	3	2	29	38.31	1.07	0.22	37.84	38.77

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Estos resultados coinciden con los obtenidos en el estudio de 7 razas españolas comentado anteriormente, donde los añojos con menor % de piezas de categoría primera son los de raza Retinta, seguidos por las razas Morucha y Avileña-Negra Ibérica. Las razas con mejor conformación, como la Asturiana y Pirenaica, poseen mayor % de piezas de categoría primera. Si sumamos el % de solomillo (categoría extra) con el de lomo (primera) en este estudio, los valores inferiores corresponden a la raza Retinta (11.2%), seguido de la Avileña-Negra Ibérica (11.5%) y Morucha (11.8%) y mayor valor a la raza Pirenaica, con un 12.2% de lomo y solomillo.

## Resultados y Discusión

Tabla 65. Bola (% respecto del peso de la canal). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	32.92	1.17	0.09	32.74	33.10
Raza	1		59	32.82	1.00	0.14	32.54	33.09
Raza	2		64	33.40	1.23	0.16	33.09	33.72
Raza	3		57	32.42	1.05	0.15	32.11	32.73
Cebadero	1		97	32.99	1.21	0.13	32.74	33.25
Cebadero	2		83	32.84	1.14	0.13	32.58	33.10
R*C	1	1	31	32.65	0.68	0.13	32.38	32.91
R*C	1	2	28	33.00	1.25	0.24	32.50	33.51
R*C	2	1	38	33.57	1.30	0.22	33.13	34.01
R*C	2	2	26	33.16	1.10	0.22	32.71	33.62
R*C	3	1	28	32.53	1.21	0.25	32.02	33.04
R*C	3	2	29	32.31	0.86	0.18	31.93	32.68

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 66. Riñonada (% respecto del peso de la canal). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	14.62	0.55	0.04	14.54	14.71
Raza	1		59	14.62	0.68	0.09	14.43	14.81
Raza	2		64	14.51	0.48	0.06	14.38	14.63
Raza	3		57	14.78	0.43	0.06	14.65	14.91
Cebadero	1		97	14.68	0.61	0.06	14.55	14.81
Cebadero	2		83	14.56	0.47	0.05	14.45	14.67
R*C	1	1	31	14.68	0.79	0.15	14.37	14.98
R*C	1	2	28	14.56	0.56	0.11	14.34	14.79
R*C	2	1	38	14.51	0.50	0.08	14.35	14.68
R*C	2	2	26	14.50	0.46	0.09	14.31	14.69
R*C	3	1	28	14.93	0.44	0.09	14.75	15.12
R*C	3	2	29	14.62	0.36	0.08	14.47	14.78

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 67. Falda (% respecto del peso de la canal). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	13.65	0.81	0.06	13.53	13.78
Raza	1		59	14.04	0.71	0.10	13.85	14.23
Raza	2		64	13.42	0.78	0.10	13.22	13.62
Raza	3		57	13.51	0.81	0.12	13.28	13.75
Cebadero	1		97	13.61	0.90	0.10	13.41	13.80
Cebadero	2		83	13.71	0.68	0.08	13.55	13.87
R*C	1	1	31	14.09	0.75	0.14	13.80	14.38
R*C	1	2	28	13.98	0.67	0.13	13.71	14.25
R*C	2	1	38	13.28	0.87	0.15	12.99	13.58
R*C	2	2	26	13.62	0.57	0.11	13.38	13.85
R*C	3	1	28	13.52	0.89	0.18	13.14	13.90
R*C	3	2	29	13.51	0.74	0.15	13.19	13.83

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Las pérdidas por despique supusieron un  $0.67 \pm 0.06$  % en el conjunto de animales. No hubo diferencias entre cebaderos ( $0.64 \pm 0.07$  % vs.  $0.60 \pm 0.09$  %). Las menores pérdidas se produjeron en las canales de terneros de raza Limusina ( $0.55 \pm 0.08$  %) seguidas por las de Charolesa ( $0.64 \pm 0.08$  %), en tanto que en la raza Retinta se produjeron las mayores pérdidas ( $0.85 \pm 0.12$  %) aunque las diferencias no alcanzaron significación estadística. Este porcentaje es inferior al encontrado por Sánchez *et al.* (1992) para la raza Rubia Gallega (1.4 %).

### 5.2.3. Conformación y engrasamiento de las canales.

La conformación de las canales estuvo afectada tanto por la raza y el cebadero como por su interacción, no ocurriendo igual en el grado de engrasamiento (Tabla 68).

## Resultados y Discusión

Tabla 68. Notas de conformación y engrasamiento de las canales. Análisis de varianza.

Conformación	SS	MS	F	P
Intercept	6769.874	6769.874	8019.852	0.000
Raza	213.777	106.888	126.624	0.000
Cebadero	20.777	20.777	24.613	0.000
Raza*Cebadero	21.277	10.638	12.603	0.000

Engrasamiento	SS	MS	F	P
Intercept	675.392	675.392	58605.591	0.000
Raza	0.010	0.005	0.414	0.662
Cebadero	0.004	0.004	0.344	0.559
Raza*Cebadero	0.010	0.005	0.414	0.662

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Los animales usados en este estudio produjeron canales con una calificación media en cuanto a grado de engrasamiento, y media-alta respecto de la conformación.

Tabla 69. Conformación de las canales. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	9.56	1.88	0.14	9.28	9.83
Raza	1		59	10.03	1.56	0.20	9.63	10.44
Raza	2		64	10.84	1.16	0.14	10.55	11.13
Raza	3		57	7.61	1.13	0.15	7.31	7.91
Cebadero		1	97	9.35	2.11	0.21	8.92	9.78
Cebadero		2	83	9.80	1.54	0.17	9.46	10.13
R*C	1	1	31	9.77	1.78	0.32	9.12	10.43
R*C	1	2	28	10.32	1.25	0.24	9.84	10.81
R*C	2	1	38	10.74	1.33	0.22	10.30	11.17
R*C	2	2	26	11.00	0.85	0.17	10.66	11.34
R*C	3	1	28	7.00	1.12	0.21	6.56	7.44
R*C	3	2	29	8.21	0.77	0.14	7.91	8.50

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

La puntuación media de conformación de las canales fue  $9.56 \pm 0.14$  (Tabla 69), calificación que se sitúa entre las notas -U y +R de la escala SEUROP, con valores significativamente superiores en las canales procedentes del cebadero de Almadenejos. Esto no coincide con los resultados del trabajo realizado por Cooke *et al.* (2004), quienes no encontraron diferencias significativas en la conformación de terneros de raza Charolesa alimentados con dos tipos de alimentación, una de ellas con ensilado en la composición y la otra con niveles altos de concentrado y paja.

Así mismo, la conformación de la canal difirió significativamente entre razas, obteniendo las canales de terneros de razas francesas las notas más altas (U a U-) y la Retinta las más bajas (R a R-). Estos datos coinciden con los encontrados por Albertí *et al.* (2008), quienes estudian 15 razas europeas, obteniendo la Limusina una puntuación de 10.2 y 9.9 la Charolesa. Una raza autóctona española como la Avileña-Negra Ibérica obtuvo una puntuación de 8, estadísticamente inferior.

La mayoría de las canales fueron calificadas como 3 para el grado de engrasamiento con una nota media de engrasamiento de la canal de  $2.82 \pm 0.03$  para el conjunto de terneros estudiados (Tabla 70).

Las notas más altas las obtuvieron las canales procedentes del cebadero de Alcaracejos, lo que no coincide con Cooke *et al.* (2004), que no encontraron diferencias significativas. Las canales de terneros de raza Charolesa presentaron un nivel de engrasamiento subcutáneo significativamente mayor que las de Limusina y Retinta, que no difirieron significativamente entre sí. Estos resultados se corresponden con los aportados por Serra *et al.* (2004), Albertí *et al.* (2005, 2008) y Piedrafita *et al.* (2003) en terneros criados bajo similar sistema de producción.

Tabla 70. Engrasamiento de las canales. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	2.82	0.39	0.03	2.76	2.87
Raza	1		59	2.93	0.25	0.03	2.87	3.00
Raza	2		64	2.78	0.42	0.05	2.68	2.89
Raza	3		57	2.74	0.44	0.06	2.62	2.85
Cebadero	1		97	2.92	0.28	0.03	2.86	2.97
Cebadero	2		83	2.70	0.46	0.05	2.60	2.80
R*C	1	1	31	2.97	0.18	0.03	2.90	3.03
R*C	1	2	28	2.89	0.31	0.06	2.77	3.01
R*C	2	1	38	2.89	0.31	0.05	2.79	3.00
R*C	2	2	26	2.62	0.50	0.10	2.41	2.82
R*C	3	1	28	2.89	0.31	0.06	2.77	3.01
R*C	3	2	29	2.59	0.50	0.09	2.40	2.78

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

#### 5.2.4. pH y temperatura de la canal.

Los factores estudiados (raza, cebadero, interacción) tienen una escasa y no uniforme influencia en las variables consideradas. Al sacrificio, el factor más importante de influencia en ambos factores fue el cebadero (Tablas 71 a 74).

Las canales de los terneros procedentes del cebadero de Alcaracejos (concentrado + paja) presentaron un pH<sub>0</sub> más bajo respecto de las procedentes del cebadero de Almadenejos (mezcla unifeed). Si bien en todos los casos el pH queda dentro de los límites de normalidad. Tras 24 horas de refrigeración no se encontraron diferencias en el pH de las canales en ninguno de los grupos establecidos. Cook *et al.* (2004) tampoco encontraron diferencias en el pH de canales procedentes de terneros alimentados con dos tipos diferentes de alimentación.

El pH no difirió significativamente entre razas, al igual que en el trabajo de Chambaz *et al.* (2001).

Tabla 71. pH de la canal al sacrificio (pH<sub>0</sub>). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	6.59	0.24	0.02	6.55	6.62
Raza	1		59	6.59	0.25	0.03	6.53	6.66
Raza	2		64	6.54	0.23	0.03	6.49	6.60
Raza	3		57	6.63	0.24	0.03	6.57	6.69
Cebadero	1		97	6.54	0.21	0.02	6.50	6.58
Cebadero	2		83	6.65	0.26	0.03	6.59	6.70
R*C	1	1	31	6.50	0.20	0.04	6.43	6.58
R*C	1	2	28	6.70	0.26	0.05	6.60	6.79
R*C	2	1	38	6.51	0.20	0.03	6.44	6.57
R*C	2	2	26	6.60	0.25	0.05	6.50	6.70
R*C	3	1	28	6.62	0.21	0.04	6.54	6.70
R*C	3	2	29	6.64	0.26	0.05	6.54	6.74

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 72. pH de la canal refrigerada (pH<sub>24</sub>). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	5.63	0.11	0.01	5.61	5.64
Raza	1		59	5.63	0.10	0.01	5.61	5.66
Raza	2		64	5.63	0.10	0.01	5.60	5.65
Raza	3		57	5.62	0.13	0.02	5.59	5.65
Cebadero	1		97	5.64	0.09	0.01	5.62	5.66
Cebadero	2		83	5.61	0.12	0.01	5.59	5.64
R*C	1	1	31	5.64	0.08	0.01	5.61	5.67
R*C	1	2	28	5.63	0.11	0.02	5.58	5.67
R*C	2	1	38	5.62	0.09	0.01	5.60	5.65
R*C	2	2	26	5.63	0.11	0.02	5.59	5.68
R*C	3	1	28	5.66	0.12	0.02	5.61	5.70
R*C	3	2	29	5.58	0.13	0.02	5.53	5.63

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

La temperatura de las canales tras el sacrificio fue mayor en las procedentes del cebadero de Almadenejos y en las razas francesas. El grado de engrasamiento y el peso mayor de las canales pudo ser la principal causa de estas diferencias.

Tabla 73. Temperatura de la canal al sacrificio ( $T_0$ ). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	36.38	2.85	0.21	35.96	36.80
Raza	1		59	37.12	2.67	0.35	36.42	37.81
Raza	2		64	36.28	3.12	0.39	35.50	37.06
Raza	3		57	35.73	2.59	0.34	35.04	36.41
Cebadero	1		97	35.52	3.04	0.31	34.91	36.13
Cebadero	2		83	37.38	2.25	0.25	36.89	37.87
R*C	1	1	31	35.98	3.23	0.58	34.79	37.16
R*C	1	2	28	38.38	0.75	0.14	38.09	38.67
R*C	2	1	38	35.03	3.30	0.53	33.95	36.12
R*C	2	2	26	38.09	1.64	0.32	37.43	38.75
R*C	3	1	28	35.68	2.41	0.46	34.74	36.61
R*C	3	2	29	35.78	2.79	0.52	34.72	36.84

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 74. Temperatura de la canal refrigerada ( $T_{24}$ ). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	3.40	0.72	0.05	3.30	3.51
Raza	1		59	3.42	0.76	0.10	3.22	3.62
Raza	2		64	3.27	0.81	0.10	3.07	3.47
Raza	3		57	3.53	0.54	0.07	3.38	3.67
Cebadero	1		97	3.39	0.81	0.08	3.23	3.55
Cebadero	2		83	3.41	0.61	0.07	3.28	3.54
R*C	1	1	31	3.42	0.89	0.16	3.09	3.75
R*C	1	2	28	3.43	0.59	0.11	3.20	3.65
R*C	2	1	38	3.26	0.91	0.15	2.96	3.56
R*C	2	2	26	3.28	0.65	0.13	3.02	3.55
R*C	3	1	28	3.54	0.50	0.09	3.35	3.73
R*C	3	2	29	3.51	0.59	0.11	3.29	3.74

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

#### 5.2.5. Color del músculo y de la grasa de la canal.

El cebadero es el factor más destacado en las variables cromáticas, principalmente en  $L^*$  y  $b^*$  del músculo (Tabla 75). Sin embargo, Catalán *et al.* (2011) observaron que la dieta no tuvo un efecto significativo excepto para la luminosidad en terneros de razas Charolesa, Limusina y Asturiana de los Valles. Sañudo *et al.* (1998) encontraron diferencias en  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del músculo de siete razas españolas.

En la grasa sólo vemos diferencias en  $L^*$  a nivel de raza y en  $b^*$  a nivel de cebadero, a las 24h del sacrificio. Sin embargo, Sañudo *et al.* (1998) encontraron diferencias en el color de la grasa subcutánea en todos los valores estudiados en siete razas españolas.

## Resultados y Discusión

Tabla 75. Variables cromáticas al sacrificio y tras 24 horas de refrigeración. Análisis de varianza.

$L^*_0$ músculo	SS	MS	F	P
Intercept	25888.741	25888.741	1372.251	0.000
Raza	17.708	8.854	0.469	0.627
Cebadero	119.599	119.599	6.339	0.014
Raza*Cebadero	55.776	27.888	1.478	0.234

$a^*_0$ músculo	SS	MS	F	P
Intercept	18526.759	18526.759	1293.629	0.000
Raza	15.498	7.749	0.541	0.584
Cebadero	12.296	12.296	0.859	0.357
Raza*Cebadero	17.937	8.968	0.626	0.537

$b^*_0$ músculo	SS	MS	F	P
Intercept	6315.875	6315.875	1699.265	0.000
Raza	7.805	3.902	1.050	0.355
Cebadero	42.836	42.836	11.525	0.001
Raza*Cebadero	10.107	5.054	1.360	0.262

$L^*_{24}$ músculo	SS	MS	F	p
Intercept	73024.463	73024.463	4941.172	0.000
Raza	26.596	13.298	0.900	0.411
Cebadero	90.707	90.707	6.138	0.015
Raza*Cebadero	5.872	2.936	0.199	0.820

$a^*_{24}$ músculo	SS	MS	F	P
Intercept	23168.775	23168.775	1255.811	0.000
Raza	25.134	12.567	0.681	0.509
Cebadero	8.824	8.824	0.478	0.491
Raza*Cebadero	30.638	15.319	0.830	0.439

$b^*_{24}$ músculo	SS	MS	F	P
Intercept	6738.330	6738.330	271.650	0.000
Raza	58.909	29.455	1.187	0.310
Cebadero	168.825	168.825	6.806	0.011
Raza*Cebadero	71.428	35.714	1.440	0.243

$L^*_0$ grasa	SS	MS	F	P
Intercept	364658.543	364658.543	27655.318	0.000
Raza	32.737	16.369	1.241	0.294
Cebadero	11.228	11.228	0.852	0.359
Raza*Cebadero	8.235	4.118	0.312	0.733

$a^*_0$ grasa	SS	MS	F	P
Intercept	7.942	7.942	31.573	0.000
Raza	1.030	0.515	2.047	0.136
Cebadero	0.299	0.299	1.189	0.279
Raza*Cebadero	0.763	0.381	1.516	0.226

$b^*_0$ grasa	SS	MS	F	P
Intercept	1126.659	1126.659	274.981	0.000
Raza	2.051	1.025	0.250	0.779
Cebadero	2.950	2.950	0.720	0.399
Raza*Cebadero	0.746	0.373	0.091	0.913

$L^*_{24}$ grasa	SS	MS	F	P
Intercept	363813.622	363813.622	30568.603	0.000
Raza	120.958	60.479	5.082	0.008
Cebadero	32.834	32.834	2.759	0.100
Raza*Cebadero	30.827	15.414	1.295	0.279

$a^*_{24}$ grasa	SS	MS	F	P
Intercept	111.023	111.023	139.309	0.000
Raza	1.652	0.826	1.036	0.359
Cebadero	0.701	0.701	0.879	0.351
Raza*Cebadero	0.809	0.404	0.507	0.604

$b^*_{24}$ grasa	SS	MS	F	P
Intercept	6589.847	6589.847	1232.510	0.000
Raza	3.203	1.602	0.300	0.742
Cebadero	91.114	91.114	17.041	0.000
Raza*Cebadero	6.580	3.290	0.615	0.543

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

La carne de los terneros de raza Retinta es más oscura y más amarillenta que la de las razas francesas (Tablas 76, 77, 78, 79, 80, 81), tanto tras el sacrificio como después de 24 horas de refrigeración. Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  son los más elevados. Sin embargo, el valor de  $L^*$  es inferior. Sañudo *et al.* (1999) encontraron en la raza Retinta los valores más elevados de índice de amarillo entre 7 razas españolas, así como la carne más oscura sólo superada por la carne de raza Morucha. El valor de  $L^*$  en este estudio es intermedio entre las 7 razas analizadas.

En cuanto a cebaderos, la carne de los terneros alimentados con mezcla unifeed (Almadenejos) tiene menor luminosidad y es más oscura, tanto en caliente como a las 24h. Además, el color es más amarillento a las 24h. Cozzi *et al.* (2010) en terneros de raza Limusina finalizados con dos sistemas de alimentación diferentes encontraron que los terneros alimentados en extensivo con un suplemento de cereal tenían una carne menos luminosa, más oscura y más amarilla que los finalizados en un cebadero a base de mezclas unifeed con ensilado.

Tabla 76.  $L^*_0$  del músculo *Rectus abdominis*. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	18.45	4.49	0.48	17.51	19.40
Raza	1		59	18.99	5.39	0.97	17.01	20.97
Raza	2		64	18.06	4.14	0.68	16.68	19.44
Raza	3		57	18.35	3.67	0.80	16.68	20.02
Cebadero	1		97	19.61	5.00	0.75	18.11	21.11
Cebadero	2		83	17.27	3.58	0.54	16.18	18.36
R*C	1	1	31	21.24	5.18	1.30	18.48	24.01
R*C	1	2	28	16.59	4.63	1.20	14.02	19.15
R*C	2	1	38	18.46	4.64	0.97	16.45	20.47
R*C	2	2	26	17.40	3.19	0.85	15.55	19.24
R*C	3	1	28	19.66	5.45	2.22	13.95	25.38
R*C	3	2	29	17.82	2.76	0.71	16.30	19.35

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 77.  $a^*_0$  del músculo *Rectus abdominis*. Estadísticos descriptivos.

$a^*_0$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	15.66	3.75	0.40	14.87	16.45
Raza	1		59	15.93	4.25	0.76	14.37	17.49
Raza	2		64	15.13	3.70	0.61	13.89	16.36
Raza	3		57	16.20	3.02	0.66	14.82	17.57
Cebadero	1		97	15.22	3.97	0.59	14.03	16.42
Cebadero	2		83	16.10	3.50	0.53	15.04	17.17
R*C	1	1	31	15.09	3.97	0.99	12.98	17.21
R*C	1	2	28	16.82	4.48	1.16	14.34	19.31
R*C	2	1	38	15.25	4.05	0.85	13.50	17.01
R*C	2	2	26	14.92	3.18	0.85	13.09	16.76
R*C	3	1	28	15.47	4.35	1.77	10.91	20.03
R*C	3	2	29	16.49	2.44	0.63	15.13	17.84

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 78.  $b^*_0$  del músculo *Rectus abdominis*. Estadísticos descriptivos.

$b^*_0$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	9.04	2.02	0.21	8.62	9.47
Raza	1		59	9.03	1.99	0.36	8.30	9.76
Raza	2		64	9.01	2.02	0.33	8.33	9.68
Raza	3		57	9.12	2.13	0.47	8.15	10.10
Cebadero	1		97	9.66	2.29	0.34	8.97	10.35
Cebadero	2		83	8.41	1.46	0.22	7.96	8.85
R*C	1	1	31	9.29	2.49	0.62	7.96	10.62
R*C	1	2	28	8.75	1.30	0.33	8.04	9.47
R*C	2	1	38	9.63	2.12	0.44	8.71	10.54
R*C	2	2	26	7.99	1.40	0.38	7.18	8.80
R*C	3	1	28	10.80	2.43	0.99	8.25	13.35
R*C	3	2	29	8.45	1.65	0.43	7.54	9.37

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 79.  $L^*_{24}$  del músculo *Rectus abdominis*. Estadísticos descriptivos.

$L^*_{24}$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	31.29	3.98	0.42	30.45	32.13
Raza	1		59	31.91	3.89	0.70	30.48	33.34
Raza	2		64	31.48	4.45	0.73	30.00	32.97
Raza	3		57	30.05	3.01	0.66	28.67	31.42
Cebadero	1		97	32.53	4.10	0.61	31.30	33.76
Cebadero	2		83	30.03	3.45	0.52	28.98	31.08
R*C	1	1	31	33.19	3.79	0.95	31.16	35.21
R*C	1	2	28	30.55	3.63	0.94	28.54	32.56
R*C	2	1	38	32.48	4.57	0.95	30.50	34.45
R*C	2	2	26	29.85	3.86	1.03	27.62	32.08
R*C	3	1	28	30.99	3.01	1.23	27.83	34.14
R*C	3	2	29	29.67	3.03	0.78	27.99	31.35

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 80.  $a^*_{24}$  del músculo *Rectus abdominis*. Estadísticos descriptivos.

$a^*_{24}$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	17.28	4.27	0.45	16.39	18.18
Raza	1		59	16.99	4.41	0.79	15.37	18.61
Raza	2		64	17.01	4.34	0.71	15.57	18.46
Raza	3		57	18.20	4.02	0.88	16.37	20.03
Cebadero	1		97	16.71	4.12	0.61	15.47	17.94
Cebadero	2		83	17.88	4.39	0.66	16.54	19.21
R*C	1	1	31	15.91	3.94	0.98	13.81	18.01
R*C	1	2	28	18.14	4.72	1.22	15.53	20.75
R*C	2	1	38	16.66	4.08	0.85	14.90	18.43
R*C	2	2	26	17.59	4.83	1.29	14.80	20.38
R*C	3	1	28	18.98	4.62	1.89	14.14	23.83
R*C	3	2	29	17.88	3.88	1.00	15.74	20.03

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 81.  $b^*_{24}$  del músculo *Rectus abdominis*. Estadísticos descriptivos.

$b^*_{24}$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	9.04	5.31	0.56	7.92	10.16
Raza	1		59	8.95	5.27	0.95	7.01	10.88
Raza	2		64	8.11	5.19	0.85	6.38	9.84
Raza	3		57	10.82	5.39	1.18	8.37	13.27
Cebadero	1		97	7.16	4.78	0.71	5.73	8.60
Cebadero	2		83	10.96	5.18	0.78	9.39	12.54
R*C	1	1	31	6.40	4.44	1.11	4.04	8.77
R*C	1	2	28	11.66	4.80	1.24	9.00	14.32
R*C	2	1	38	6.77	4.57	0.95	4.79	8.75
R*C	2	2	26	10.32	5.56	1.49	7.11	13.53
R*C	3	1	28	10.70	5.69	2.32	4.73	16.67
R*C	3	2	29	10.87	5.46	1.41	7.84	13.90

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

La grasa más luminosa es la de la raza Retinta en caliente, pasando a ser la menos luminosa a las 24h (Tablas 82, 83, 84, 85, 86, 87). Sañudo *et al.* (1999) encontraron que la grasa menos luminosa fue la de Retinta y la de Pirenaica entre 7 razas españolas. La grasa más amarilla en caliente fue la de raza Limusina y a las 24h la de la raza Charolesa. Sañudo *et al.* (1999) encontraron que la grasa de raza Retinta fue la menos amarilla entre 7 razas españolas, junto con la Parda Alpina, siendo la más amarilla la de la raza Rubia Gallega.

La grasa más luminosa tanto al sacrificio como a las 24h post mortem fue la de terneros alimentados con pienso y paja. La grasa más amarilla al sacrificio fue la de Alcaracejos, siéndolo a las 24h la de Almadenejos (mezcla unifeed).

Tabla 82. L\*<sub>0</sub> de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.

L* <sub>0</sub>	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	69.47	3.63	0.38	68.70	70.23
Raza	1		59	69.30	2.42	0.43	68.41	70.18
Raza	2		64	68.98	4.50	0.74	67.48	70.48
Raza	3		57	70.57	3.29	0.72	69.07	72.07
Cebadero	1		97	69.75	4.17	0.62	68.50	71.00
Cebadero	2		83	69.18	2.99	0.45	68.27	70.09
R*C	1	1	31	69.95	2.55	0.64	68.59	71.31
R*C	1	2	28	68.60	2.14	0.55	67.42	69.79
R*C	2	1	38	69.45	5.17	1.08	67.21	71.69
R*C	2	2	26	68.21	3.13	0.84	66.40	70.02
R*C	3	1	28	70.38	3.85	1.57	66.35	74.42
R*C	3	2	29	70.65	3.19	0.82	68.88	72.42

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 83.  $a^*_0$  de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.

$a^*_0$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	-0.37	0.52	0.06	-0.48	-0.26
Raza	1		59	-0.24	0.41	0.07	-0.40	-0.09
Raza	2		64	-0.52	0.62	0.10	-0.73	-0.31
Raza	3		57	-0.29	0.41	0.09	-0.48	-0.10
Cebadero	1		97	-0.47	0.56	0.08	-0.64	-0.30
Cebadero	2		83	-0.26	0.46	0.07	-0.40	-0.12
R*C	1	1	31	-0.31	0.33	0.08	-0.49	-0.14
R*C	1	2	28	-0.17	0.49	0.13	-0.44	0.10
R*C	2	1	38	-0.66	0.67	0.14	-0.95	-0.37
R*C	2	2	26	-0.29	0.46	0.12	-0.55	-0.02
R*C	3	1	28	-0.19	0.36	0.15	-0.57	0.19
R*C	3	2	29	-0.33	0.44	0.11	-0.57	-0.08

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 84.  $b^*_0$  de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.

$b^*_0$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	3.90	1.99	0.21	3.48	4.32
Raza	1		59	3.94	1.85	0.33	3.26	4.62
Raza	2		64	4.09	1.99	0.33	3.43	4.76
Raza	3		57	3.49	2.20	0.48	2.49	4.49
Cebadero	1		97	4.13	1.99	0.30	3.53	4.72
Cebadero	2		83	3.66	1.99	0.30	3.06	4.27
R*C	1	1	31	4.00	1.81	0.45	3.04	4.96
R*C	1	2	28	3.87	1.97	0.51	2.78	4.96
R*C	2	1	38	4.27	1.89	0.39	3.45	5.08
R*C	2	2	26	3.81	2.20	0.59	2.55	5.08
R*C	3	1	28	3.92	3.00	1.22	0.78	7.07
R*C	3	2	29	3.32	1.90	0.49	2.26	4.37

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 85.  $L^*_{24}$  de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.

$L^*_{24}$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	69.91	3.73	0.40	69.13	70.70
Raza	1		59	70.54	3.21	0.58	69.37	71.72
Raza	2		64	70.69	3.72	0.61	69.45	71.93
Raza	3		57	67.62	3.68	0.80	65.94	69.29
Cebadero	1		97	71.01	4.06	0.61	69.79	72.23
Cebadero	2		83	68.79	3.00	0.45	67.88	69.70
R*C	1	1	31	71.63	2.85	0.71	70.11	73.16
R*C	1	2	28	69.38	3.25	0.84	67.58	71.18
R*C	2	1	38	71.59	4.03	0.84	69.85	73.34
R*C	2	2	26	69.21	2.65	0.71	67.68	70.74
R*C	3	1	28	67.13	5.34	2.18	61.53	72.73
R*C	3	2	29	67.81	3.01	0.78	66.15	69.48

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 86.  $a^*_{24}$  de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.

$a^*_{24}$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	1.15	0.88	0.09	0.97	1.34
Raza	1		59	1.12	0.84	0.15	0.81	1.42
Raza	2		64	1.07	0.95	0.16	0.76	1.39
Raza	3		57	1.35	0.84	0.18	0.97	1.73
Cebadero	1		97	1.19	0.88	0.13	0.93	1.46
Cebadero	2		83	1.12	0.90	0.14	0.84	1.39
R*C	1	1	31	1.23	0.80	0.20	0.80	1.66
R*C	1	2	28	1.00	0.89	0.23	0.50	1.49
R*C	2	1	38	1.05	0.89	0.19	0.66	1.43
R*C	2	2	26	1.12	1.07	0.28	0.51	1.74
R*C	3	1	28	1.65	0.99	0.41	0.61	2.70
R*C	3	2	29	1.23	0.77	0.20	0.81	1.66

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 87.  $b_{24}^*$  de la grasa subcutánea. Estadísticos descriptivos.

$b_{24}^*$	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	9.32	2.53	0.27	8.78	9.85
Raza	1		59	9.42	2.85	0.51	8.38	10.47
Raza	2		64	9.19	2.60	0.43	8.32	10.06
Raza	3		57	9.38	1.94	0.42	8.50	10.27
Cebadero	1		97	8.23	1.93	0.29	7.65	8.81
Cebadero	2		83	10.43	2.60	0.39	9.64	11.23
R*C	1	1	31	8.46	1.62	0.41	7.59	9.32
R*C	1	2	28	10.45	3.52	0.91	8.51	12.40
R*C	2	1	38	8.07	2.19	0.46	7.12	9.01
R*C	2	2	26	11.04	2.18	0.58	9.78	12.30
R*C	3	1	28	8.22	1.89	0.77	6.24	10.20
R*C	3	2	29	9.85	1.81	0.47	8.84	10.85

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

#### 5.2.6. Medidas de la canal.

La raza fue el factor que influyó en mayor número de medidas e índices de la canal, seguida del cebadero (tipo de alimentación) (Tabla 88). Esto coincide con los estudios de Schmutz *et al.* (2013), en los que se obtuvieron medidas diferentes en las canales procedentes de dos razas. Por ejemplo, razas de doble aptitud leche y carne presentan unas medidas de la canal diferentes de las registradas en razas orientadas a leche, estas últimas aprovechan el alimento más hacia el crecimiento óseo y de órganos, y las primeras hacia la producción cárnica (Breier y Sauerwein, 1995; Pfuhi *et al.*, 2007).

La raza influyó significativamente en todas las variables biométricas consideradas, aunque no de forma similar en todos los casos. La raza Limusina fue la que presentó la canal más corta y la Retinta la más larga. La raza Retinta fue la que presentó canales menos profundas, con piernas más cortas y menos profundas, así como de menor perímetro. Esto coincide con el estudio de Schmutz *et al.* (2013), donde las medidas longitud de canal fueron diferentes entre razas, siendo superiores significativamente en la raza Holstein Alemana

frente a la Simmental Alemana. Los parámetros de longitud y anchura de pierna en este estudio son superiores en la raza Simmental frente a la Holstein, al igual que en nuestro estudio son superiores en Charolesa y Limusina frente a la Retinta.

Los animales procedentes del cebadero de Alcaracejos (mezcla unifeed) presentaron canales más cortas, y con una longitud y perímetro de la pierna mayores, lo que coincide con el estudio de Schmutz *et al.* (2013), en el que se encontró que la alimentación con más nivel de concentrado consigue canales más cortas pero con más longitud de pierna, aunque en este estudio las diferencias no son significativas.

Tabla 88. Medidas de la canal. Análisis de varianza

Longitud canal	SS	MS	F	P
Intercept	8600.313	8600.313	1353.329	0.000
Raza	39.567	39.567	6.226	0.014
Cebadero	299.608	149.804	23.573	0.000
Raza*Cebadero	0.771	0.771	0.121	0.728

Profundidad canal	SS	MS	F	P
Intercept	609.184	609.184	86.413	0.000
Raza	19.206	19.206	2.724	0.101
Cebadero	11.736	5.868	0.832	0.437
Raza*Cebadero	105.277	105.277	14.934	0.000

Longitud pierna	SS	MS	F	P
Intercept	3176.637	3176.637	356.896	0.000
Raza	30.624	30.624	3.441	0.065
Cebadero	42.252	21.126	2.374	0.096
Raza*Cebadero	155.259	155.259	17.443	0.000

Anchura pierna 1	SS	MS	F	P
Intercept	237.966	237.966	80.340	0.000
Raza	19.537	19.537	6.596	0.011
Cebadero	43.798	21.899	7.393	0.001
Raza*Cebadero	35.930	35.930	12.130	0.001

Anchura pierna 2	SS	MS	F	P
Intercept	145.556	145.556	47.645	0.000
Raza	43.261	43.261	14.161	0.000
Cebadero	12.686	6.343	2.076	0.129
Raza*Cebadero	87.299	87.299	28.576	0.000

Profundidad pierna	SS	MS	F	P
Intercept	856.794	856.794	389.289	0.000
Raza	6.316	6.316	2.870	0.092
Cebadero	18.175	9.088	4.129	0.018
Raza*Cebadero	2.727	2.727	1.239	0.267

Perímetro pierna	SS	MS	F	P
Intercept	5439.846	5439.846	379.973	0.000
Raza	202.389	202.389	14.137	0.000
Cebadero	372.851	186.426	13.022	0.000
Raza*Cebadero	14.748	14.748	1.030	0.312

Longitud / profundidad	SS	MS	F	P
Intercept	8.342	8.342	128.307	0.000
Raza	0.078	0.078	1.198	0.275
Cebadero	0.126	0.063	0.965	0.383
Raza*Cebadero	1.025	1.025	15.771	0.000

## Resultados y Discusión

Longitud / peso	SS	MS	F	P
Intercept	3808.136	3808.136	2043.595	0.000
Raza	834.415	834.415	447.780	0.000
Cebadero	48.659	24.330	13.056	0.000
Raza*Cebadero	0.000	0.000	0.000	1.000

Profundidad / peso	SS	MS	F	P
Intercept	384.750	384.750	1059.187	0.000
Raza	82.801	82.801	227.944	0.000
Cebadero	0.772	0.386	1.062	0.348
Raza*Cebadero	0.118	0.118	0.326	0.569

Longitud pierna / peso	SS	MS	F	P
Intercept	1419.404	1419.404	966.270	0.000
Raza	295.582	295.582	201.220	0.000
Cebadero	1.018	0.509	0.347	0.708
Raza*Cebadero	20.769	20.769	14.138	0.000

Anchura pierna1 / peso	SS	MS	F	P
Intercept	141.997	141.997	418.992	0.000
Raza	28.641	28.641	84.513	0.000
Cebadero	4.541	2.271	6.700	0.002
Raza*Cebadero	4.313	4.313	12.726	0.000

Anchura pierna 2 / peso	SS	MS	F	P
Intercept	107.111	107.111	294.834	0.000
Raza	17.489	17.489	48.141	0.000
Cebadero	1.217	0.609	1.675	0.190
Raza*Cebadero	9.438	9.438	25.978	0.000

Profundidad pierna / peso	SS	MS	F	P
Intercept	425.649	425.649	1474.854	0.000
Raza	101.820	101.820	352.802	0.000
Cebadero	1.333	0.667	2.310	0.102
Raza*Cebadero	0.423	0.423	1.465	0.228

Perímetro pierna / peso	SS	MS	F	P
Intercept	2989.305	2989.305	1607.289	0.000
Raza	652.286	652.286	350.721	0.000
Cebadero	36.828	18.414	9.901	0.000
Raza*Cebadero	3.188	3.188	1.714	0.192

SS = suma de cuadrados; MS = cuadrado medio

Tabla 89. Longitud de la canal (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	129.98	2.84	0.21	129.56	130.40
Raza	1		59	130.82	2.91	0.38	130.05	131.58
Raza	2		64	128.23	2.31	0.29	127.65	128.82
Raza	3		57	131.04	2.37	0.32	130.41	131.68
Cebadero	1		97	129.86	2.80	0.29	129.29	130.43
Cebadero	2		83	130.12	2.89	0.32	129.48	130.75
R*C	1	1	31	130.93	2.99	0.55	129.82	132.05
R*C	1	2	28	130.70	2.87	0.54	129.58	131.81
R*C	2	1	38	128.23	2.18	0.36	127.50	128.96
R*C	2	2	26	128.24	2.52	0.50	127.20	129.28
R*C	3	1	28	130.91	2.27	0.44	130.01	131.81
R*C	3	2	29	131.17	2.49	0.46	130.23	132.12

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 90. Profundidad de la canal (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	38.22	2.79	0.21	37.80	38.63
Raza	1		59	38.77	2.14	0.28	38.21	39.33
Raza	2		64	38.40	2.49	0.32	37.77	39.04
Raza	3		57	37.45	3.48	0.47	36.51	38.38
Cebadero	1		97	38.93	2.06	0.21	38.50	39.35
Cebadero	2		83	37.41	3.27	0.36	36.69	38.13
R*C	1	1	31	39.57	1.84	0.34	38.88	40.25
R*C	1	2	28	37.91	2.13	0.40	37.08	38.74
R*C	2	1	38	38.99	2.02	0.33	38.31	39.66
R*C	2	2	26	37.54	2.90	0.58	36.34	38.74
R*C	3	1	28	38.13	2.15	0.41	37.28	38.98
R*C	3	2	29	36.81	4.32	0.80	35.17	38.45

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 91. Longitud de la pierna (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	81.28	3.59	0.27	80.75	81.82
Raza	1		59	82.24	2.20	0.29	81.67	82.82
Raza	2		64	82.10	1.75	0.22	81.65	82.54
Raza	3		57	79.38	5.21	0.70	77.99	80.78
Cebadero	1		97	82.16	1.90	0.20	81.77	82.55
Cebadero	2		83	80.27	4.66	0.51	79.25	81.30
R*C	1	1	31	82.07	2.34	0.43	81.20	82.95
R*C	1	2	28	82.43	2.07	0.39	81.63	83.23
R*C	2	1	38	82.19	1.78	0.29	81.60	82.78
R*C	2	2	26	81.96	1.73	0.35	81.25	82.67
R*C	3	1	28	82.22	1.56	0.30	81.61	82.84
R*C	3	2	29	76.74	6.01	1.12	74.45	79.03

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 92. Anchura de la pierna 1 (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	26.13	2.18	0.16	25.81	26.45
Raza	1		59	26.59	1.86	0.24	26.10	27.09
Raza	2		64	27.31	1.73	0.22	26.88	27.75
Raza	3		57	24.34	1.76	0.24	23.87	24.81
Cebadero	1		97	26.61	2.15	0.22	26.17	27.05
Cebadero	2		83	25.58	2.09	0.23	25.12	26.04
R*C	1	1	31	27.13	1.94	0.35	26.41	27.86
R*C	1	2	28	26.02	1.62	0.31	25.39	26.65
R*C	2	1	38	27.65	1.80	0.30	27.05	28.25
R*C	2	2	26	26.82	1.52	0.30	26.19	27.45
R*C	3	1	28	24.60	1.35	0.26	24.07	25.13
R*C	3	2	29	24.09	2.07	0.38	23.30	24.88

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 93. Anchura de la pierna 2 (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	24.57	2.22	0.17	24.23	24.90
Raza	1		59	24.80	2.16	0.28	24.23	25.37
Raza	2		64	25.64	2.02	0.26	25.12	26.15
Raza	3		57	23.13	1.71	0.23	22.68	23.59
Cebadero	1		97	25.25	2.25	0.23	24.79	25.71
Cebadero	2		83	23.78	1.92	0.21	23.36	24.20
R*C	1	1	31	25.98	1.86	0.34	25.29	26.68
R*C	1	2	28	23.54	1.70	0.32	22.88	24.19
R*C	2	1	38	26.19	1.68	0.28	25.63	26.75
R*C	2	2	26	24.82	2.22	0.44	23.90	25.74
R*C	3	1	28	23.15	1.95	0.37	22.38	23.92
R*C	3	2	29	23.12	1.50	0.28	22.55	23.69

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 94. Profundidad de la pierna (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	41.79	1.67	0.13	41.54	42.04
Raza	1		59	42.32	1.51	0.20	41.92	42.72
Raza	2		64	42.26	1.24	0.16	41.94	42.57
Raza	3		57	40.71	1.77	0.24	40.24	41.19
Cebadero	1		97	41.93	1.59	0.16	41.61	42.26
Cebadero	2		83	41.62	1.76	0.19	41.24	42.01
R*C	1	1	31	42.55	1.39	0.25	42.03	43.07
R*C	1	2	28	42.07	1.61	0.30	41.45	42.70
R*C	2	1	38	42.55	1.03	0.17	42.21	42.90
R*C	2	2	26	41.82	1.41	0.28	41.24	42.40
R*C	3	1	28	40.39	1.40	0.27	39.84	40.94
R*C	3	2	29	41.02	2.04	0.38	40.24	41.79

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 95. Perímetro de la pierna (cm). Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	115.67	5.41	0.41	114.87	116.48
Raza	1		59	117.64	4.25	0.56	116.52	118.76
Raza	2		64	118.77	3.83	0.49	117.80	119.75
Raza	3		57	110.21	3.60	0.48	109.24	111.17
Cebadero	1		97	116.07	5.68	0.59	114.91	117.24
Cebadero	2		83	115.21	5.09	0.56	114.09	116.33
R*C	1	1	31	117.67	4.61	0.84	115.94	119.39
R*C	1	2	28	117.61	3.91	0.74	116.09	119.12
R*C	2	1	38	119.16	4.12	0.68	117.79	120.54
R*C	2	2	26	118.20	3.35	0.67	116.82	119.58
R*C	3	1	28	110.07	3.77	0.73	108.58	111.57
R*C	3	2	29	110.33	3.50	0.65	109.00	111.66

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 96. Longitud canal / profundidad canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	3.42	0.27	0.02	3.38	3.46
Raza	1		59	3.38	0.21	0.03	3.33	3.44
Raza	2		64	3.35	0.23	0.03	3.29	3.41
Raza	3		57	3.53	0.34	0.05	3.44	3.62
Cebadero	1		97	3.35	0.19	0.02	3.31	3.38
Cebadero	2		83	3.51	0.32	0.04	3.43	3.58
R*C	1	1	31	3.32	0.18	0.03	3.25	3.38
R*C	1	2	28	3.46	0.22	0.04	3.37	3.54
R*C	2	1	38	3.30	0.19	0.03	3.24	3.36
R*C	2	2	26	3.44	0.27	0.05	3.32	3.55
R*C	3	1	28	3.44	0.19	0.04	3.37	3.52
R*C	3	2	29	3.61	0.42	0.08	3.45	3.77

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 97. Longitud canal / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	43.04	4.39	0.33	42.39	43.69
Raza	1		59	41.62	2.49	0.33	40.96	42.27
Raza	2		64	39.81	2.03	0.26	39.30	40.33
Raza	3		57	48.09	3.22	0.43	47.23	48.96
Cebadero	1		97	43.08	4.54	0.47	42.15	44.01
Cebadero	2		83	43.00	4.23	0.47	42.07	43.93
R*C	1	1	31	42.07	2.96	0.54	40.96	43.17
R*C	1	2	28	41.13	1.78	0.34	40.44	41.82
R*C	2	1	38	39.89	2.03	0.33	39.21	40.57
R*C	2	2	26	39.70	2.07	0.41	38.84	40.55
R*C	3	1	28	48.57	3.36	0.65	47.24	49.90
R*C	3	2	29	47.65	3.07	0.57	46.49	48.82

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 98. Profundidad canal / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	13.81	1.21	0.09	13.63	13.99
Raza	1		59	13.46	0.90	0.12	13.23	13.70
Raza	2		64	13.11	0.62	0.08	12.96	13.27
Raza	3		57	14.95	1.20	0.16	14.62	15.27
Cebadero	1		97	13.88	1.16	0.12	13.64	14.11
Cebadero	2		83	13.74	1.27	0.14	13.46	14.02
R*C	1	1	31	13.67	0.97	0.18	13.31	14.03
R*C	1	2	28	13.24	0.77	0.15	12.94	13.54
R*C	2	1	38	13.23	0.64	0.10	13.02	13.45
R*C	2	2	26	12.94	0.56	0.11	12.70	13.17
R*C	3	1	28	14.99	1.14	0.22	14.53	15.44
R*C	3	2	29	14.91	1.27	0.24	14.43	15.39

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 99. Longitud pierna / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	26.87	2.48	0.19	26.50	27.24
Raza	1		59	26.17	1.68	0.22	25.73	26.61
Raza	2		64	25.49	1.34	0.17	25.15	25.83
Raza	3		57	29.13	2.62	0.35	28.43	29.83
Cebadero	1		97	27.25	2.82	0.29	26.67	27.83
Cebadero	2		83	26.44	1.96	0.22	26.01	26.87
R*C	1	1	31	26.38	2.09	0.38	25.60	27.16
R*C	1	2	28	25.94	1.07	0.20	25.52	26.35
R*C	2	1	38	25.57	1.37	0.22	25.11	26.02
R*C	2	2	26	25.37	1.33	0.27	24.82	25.92
R*C	3	1	28	30.51	2.25	0.43	29.63	31.40
R*C	3	2	29	27.84	2.28	0.42	26.97	28.71

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 100. Anchura pierna 1 / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	8.63	0.78	0.06	8.52	8.75
Raza	1		59	8.46	0.71	0.09	8.27	8.64
Raza	2		64	8.47	0.52	0.07	8.34	8.60
Raza	3		57	9.00	0.95	0.13	8.74	9.25
Cebadero	1		97	8.82	0.79	0.08	8.66	8.98
Cebadero	2		83	8.42	0.71	0.08	8.26	8.57
R*C	1	1	31	8.70	0.68	0.12	8.45	8.96
R*C	1	2	28	8.19	0.65	0.12	7.94	8.44
R*C	2	1	38	8.59	0.56	0.09	8.41	8.78
R*C	2	2	26	8.29	0.41	0.08	8.12	8.46
R*C	3	1	28	9.27	1.00	0.19	8.87	9.66
R*C	3	2	29	8.75	0.85	0.16	8.43	9.07

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 101. Anchura pierna 2 / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	8.12	0.80	0.06	8.00	8.24
Raza	1		59	7.88	0.67	0.09	7.70	8.05
Raza	2		64	7.95	0.60	0.08	7.80	8.10
Raza	3		57	8.55	0.94	0.13	8.30	8.81
Cebadero	1		97	8.36	0.75	0.08	8.21	8.52
Cebadero	2		83	7.84	0.76	0.08	7.67	8.00
R*C	1	1	31	8.32	0.48	0.09	8.14	8.50
R*C	1	2	28	7.40	0.48	0.09	7.21	7.58
R*C	2	1	38	8.14	0.51	0.08	7.97	8.31
R*C	2	2	26	7.67	0.62	0.12	7.41	7.93
R*C	3	1	28	8.72	1.10	0.21	8.29	9.16
R*C	3	2	29	8.40	0.75	0.14	8.11	8.69

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

## Resultados y Discusión

Tabla 102. Profundidad pierna / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	13.84	1.26	0.10	13.66	14.03
Raza	1		59	13.46	0.90	0.12	13.23	13.70
Raza	2		64	13.11	0.62	0.08	12.96	13.27
Raza	3		57	15.05	1.25	0.17	14.71	15.38
Cebadero	1		97	13.94	1.25	0.13	13.68	14.19
Cebadero	2		83	13.74	1.27	0.14	13.46	14.02
R*C	1	1	31	13.67	0.97	0.18	13.31	14.03
R*C	1	2	28	13.24	0.77	0.15	12.94	13.54
R*C	2	1	38	13.23	0.64	0.10	13.02	13.45
R*C	2	2	26	12.94	0.56	0.11	12.70	13.17
R*C	3	1	28	15.20	1.25	0.24	14.70	15.69
R*C	3	2	29	14.91	1.27	0.24	14.43	15.39

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

Tabla 103. Perímetro pierna / peso canal. Estadísticos descriptivos.

	R	C	N	Media	S.D.	S.E.	-95%	+95%
Total			180	38.27	2.94	0.22	37.83	38.70
Raza	1		59	37.40	2.13	0.28	36.84	37.96
Raza	2		64	36.86	1.78	0.23	36.41	37.31
Raza	3		57	40.72	3.17	0.42	39.88	41.57
Cebadero	1		97	38.54	3.24	0.33	37.88	39.21
Cebadero	2		83	37.95	2.53	0.28	37.40	38.51
R*C	1	1	31	37.77	2.47	0.45	36.85	38.70
R*C	1	2	28	37.00	1.65	0.31	36.36	37.64
R*C	2	1	38	37.06	1.99	0.33	36.39	37.72
R*C	2	2	26	36.56	1.38	0.28	35.99	37.13
R*C	3	1	28	41.43	3.58	0.69	40.01	42.84
R*C	3	2	29	40.07	2.63	0.49	39.07	41.07

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos 1 = concentrado + paja, 2 = mezcla unifeed; S.D. = desviación estándar; S.E. = error estándar

### 5.3. Composición tisular y análisis instrumental de la carne.

#### 5.3.1. Trozo tricostal 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup>-12<sup>a</sup> vértebras torácicas

En la Tabla 104 se presentan los valores medios del peso del trozo tricostal 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup>-12<sup>a</sup> vértebras y de los principales componentes tisulares, así como los correspondientes porcentajes respecto del peso total de la pieza. Como podemos observar en la citada tabla, el tipo de alimentación y la raza influyeron significativamente en el peso de la chuleta y en el de la mayoría de sus componentes. Los terneros finalizados en el cebadero de Almadenejos presentaron el mayor peso de la chuleta, al igual que los terneros de raza Limusina, mientras que los de raza Retinta presentaron el peso más bajo.

Tabla 104.- Trozo tricostal 10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup>-12<sup>a</sup> vértebras torácicas. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	C x R
Peso chuleta (kg)	3.13	3.22	3.30 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>	2.81 <sup>b</sup>	*	*	***
Peso grasa subc. (g)	233.11	232.68	226.1 <sup>a</sup>	263.4 <sup>b</sup>	205.7 <sup>c</sup>	ns	*	***
Peso m. <i>longiss.</i> (kg)	1.41	1.45	1.46 <sup>a</sup>	1.58 <sup>a</sup>	1.22 <sup>b</sup>	*	*	***
Peso músculo (kg)	2.05	2.15	2.16 <sup>a</sup>	2.27 <sup>a</sup>	1.84 <sup>b</sup>	*	*	***
Peso G. interm. (g)	324.76	319.83	363.5 <sup>a</sup>	334.5 <sup>b</sup>	266.5 <sup>c</sup>	*	*	ns
Peso hueso (g)	498.04	513.38	524.86	499.12	491.40	ns	ns	***
% grasa subc.	7.34	7.16	6.83 <sup>a</sup>	7.63 <sup>b</sup>	7.27 <sup>ab</sup>	ns	*	***
% m. <i>longissimus</i>	45.06	44.94	44.44 <sup>a</sup>	46.95 <sup>b</sup>	43.42 <sup>a</sup>	ns	*	***
% músculo	65.54	66.64	65.48 <sup>a</sup>	67.29 <sup>b</sup>	65.25 <sup>a</sup>	*	*	ns
% G. interm.	10.37	9.91	11.04	9.94	9.50	*	ns	***
% hueso	16.16	16.02	16.04 <sup>a</sup>	14.84 <sup>b</sup>	17.55 <sup>c</sup>	ns	*	***

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso+Paja, 2 = Mezcla Unifeed. \* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001; ns = no significativa.

La disección del trozo tricostal arrojó valores medios de 7.3%, 10.1%, 66.1% y 16.1% para la grasa subcutánea, intermuscular, músculo y hueso, respectivamente. Resultados similares a los registrados por Piedrafita et al.

(2003), mientras que el contenido en músculo y grasa fueron mayor y menor, respectivamente, que los obtenidos por Albertí *et al.* (1999).

Los terneros finalizados en el cebadero de Almadenejos (unifeed) produjeron canales con mayor contenido en músculo y menor porcentaje en grasa intermuscular, en contraposición a los ofrecidos por Caplis *et al.* (2005) y Keane *et al.* (2006) quienes no encontraron diferencias significativas en la composición de la chuleta atribuibles al sistema de alimentación.

Las canales de terneros de raza Limusina fueron las que presentaron los porcentajes más altos de músculo y los más bajos en hueso, en contraposición a los encontrados en la raza Retinta. Los terneros de raza Charolesa fueron los que presentaron los porcentajes más bajos y altos en grasa subcutánea e intermuscular, respectivamente. Los porcentajes de hueso son inferiores a los encontrados por Cummins (2007): 22.9% para raza Frisona y 20.3% para cruce con Limusina. En lo que si coincide es en que hay diferencias significativas entre razas. Los porcentajes de hueso de las canales de raza Retinta (17.55%) fueron inferiores a los obtenidos por Alberti *et al.* (1995): 20.1% y 19.8%, respectivamente, para canales 248 kg y 309 kg.

Las diferencias en el contenido en músculo están estrechamente relacionadas con la calificación de conformación de la canal, lo que a su vez está estrechamente relacionado con la relación músculo/hueso. Razas de madurez tardía tienen un mayor potencial de deposición muscular que las de madurez temprana (Retinta). De otra parte, las diferencias en el contenido en hueso reflejan diferencias raciales, así como pueden ser atribuidas en parte a diferencias en el peso de la canal ya que el porcentaje de hueso decrece con el aumento del peso de la canal (Albertí *et al.*, 1999). Igualmente, mientras que las razas especializadas transforman preferentemente en músculo los nutrientes ingeridos, las razas locales lo usan preferentemente para el crecimiento de órganos y esqueleto (Pfuhl *et al.*, 2007).

En los estudios hechos por Cummins (2007), fueron los terneros cruzados con Limusina los que poseen un % más alto de músculo (68.2%), frente a canales frisonas (64.4% de músculo). En este caso está clara la justificación de la diferencia, tratándose de una raza especializada en la producción de leche.

Monsón *et al.* (2005) también encontraron diferencias en el % de músculo entre 4 razas, obteniendo unos valores de 74.05%, 58.07%, 68.47% y 62.38% para las razas Blonda de Aquitania, Holstein, Limusina y Parda de Montaña, respectivamente.

En los dos estudios anteriormente comentados, el % de músculo de raza Limusina es mayor que el encontrado en nuestro trabajo, 68.2% (Cummins, 2007) y 68.47% (Monsón *et al.*, 2005) frente al 67.29% en el nuestro, posiblemente por el origen francés de las canales en los estudios reseñados y a la mejor aptitud cárnica de los animales. Santana Pacheco *et al.* (2011) encontraron un 66.5% de músculo en novillos de raza Charolesa en Brasil, también superior al 65.48% de nuestro estudio, posiblemente por la mejor aptitud cárnica de estos terneros.

Igualmente, algunas de las diferencias existentes entre trabajos de diferentes autores, podrían ser debidas a diferencias en la muestra utilizada en la disección.

### 5.3.2. Espesor grasa dorsal y color, dureza y pérdidas de la carne al día 1, 7 y 21 de maduración.

1 día de maduración.

El espesor de la grasa dorsal sobre el m. longissimus (3.3 mm) fue similar al registrado por Santos *et al.* (2013), aunque menor que el obtenido por Indurain *et al.* (2006) en terneros de razas españolas (5.9 mm) sacrificados con 520 kg. El espesor de la grasa dorsal a nivel del m. *Latissimus* (5.6 mm) fue mayor que a nivel del m. *Longissimus*.

El espesor de grasa subcutánea, en ambas localizaciones, no difirió entre sistemas de alimentación. La raza Retinta es la que presentó menos espesor de grasa subcutánea en las dos localizaciones, mientras que el mayor espesor se registró en la raza Limusina.

El color de la carne fresca es un factor clave para el consumidor ya que a través de él suele juzgar la calidad de la carne y por tanto tiene gran influencia en su decisión de compra. Las variables tricromáticas ofrecieron valores medios de 28.9, 14.2 y 13.5 para  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (Tabla 105), respectivamente. Ni el sistema de alimentación ni la raza afectaron significativamente estas variables, resultados en consonancia con French *et al.* (2001), mientras que Priolo *et al.* (2001) y Raes *et al.* (2003) señalan que animales alimentados con ensilado producen carne más oscura que de los finalizados con concentrados. Igualmente, Cooke *et al.* (2004) hacen notar que la carne de animales finalizados con concentrados presentan carnes con valores más bajos de  $b^*$ . Otros autores, como Albertí *et al.* (1991), indican que el sistema de alimentación tiene escasa influencia sobre el color, en tanto que Sañudo *et al.* (1998) encontraron diferencias significativas en el color de la carne de añojos de 7 razas españolas.

Tabla 105.- Color de la carne fresca y cocinada, dureza y pérdidas a 1 día de maduración. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	C x R
Espesor grasa1 (mm)	3.27	3.26	3.29 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	2.89 <sup>b</sup>	ns	*	**
Espesor grasa2 (mm)	5.4	5.74	5.48 <sup>ab</sup>	5.90 <sup>b</sup>	5.25 <sup>a</sup>	ns	*	**
$L^*$	28.96	28.77	28.98	28.87	28.77	ns	ns	ns
$a^*$	14.15	14.27	14.55	13.93	14.15	ns	ns	ns
$b^*$	13.80	13.25	13.98	13.20	13.50	ns	ns	ns
Dureza en crudo(kg/cm <sup>2</sup> )	3.13	3.27	3.25 <sup>a</sup>	2.66 <sup>b</sup>	3.73 <sup>c</sup>	ns	*	***
$L^*$ cocinada	57.59	57.74	57.97	58.29	56.64	ns	ns	ns
$a^*$ cocinada	7.80	7.80	7.61	7.79	8.01	ns	ns	ns
$b^*$ cocinada	19.87	19.18	19.18	19.56	19.92	*	ns	ns
Dureza cocinada(kg/cm <sup>2</sup> )	10.16	11.06	10.53	10.73	10.45	*	ns	***
Pérdidas por cocinado (%)	24.31	26.01	24.94	25.40	24.90	*	ns	ns

Espesor grasa1 = espesor grasa dorsal sobre m. *Longissimus*; Espesor grasa2 = espesor grasa dorsal sobre m. *Latissimus*; R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Cebadero Pienso+ Paja, 2 = Mezcla Unifeed. \* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001; ns = no significativa.

Por lo que respecta a la dureza de la carne en crudo, el estudio ofreció un valor medio de 3.2 kg/cm<sup>2</sup> con diferencias significativas entre razas pero no entre sistemas de alimentación. La raza Retinta presentó los mayores valores de dureza en crudo.

En relación a la dureza de la carne cocinada, con valores medios de 10.6 kg/cm<sup>2</sup>, podemos catalogar a la carne de estos animales como dura. Parte de la literatura consultada (Patterson *et al.*, 2000) señalan la escasa influencia del sistema de alimentación sobre la dureza de la carne, en contraposición a lo encontrado en nuestro estudio, en el que la carne de terneros finalizados en el cebadero de Almadenejos (unifeed) fue más dura que la procedente de animales cebados con concentrado + paja. Bowling *et al.* (1977) señalan que los bovinos alimentados con concentrado tienen carnes más tiernas que los finalizados con ensilados. Aunque Schmutz *et al.* (2013) no obtuvieron diferencias en la dureza en crudo de la carne producida con dos sistemas de alimentación, con más o menos cantidad de concentrado.

A diferencia de lo encontrado para la carne cruda, la raza no tuvo una influencia significativa en la dureza de la carne cocinada. Autores como Campo *et al.* (2000), indican que las diferencias raciales en la terneza de la carne cocinada dependen del tiempo de maduración.

Las pérdidas por cocinado son el resultado de la desnaturalización térmica de las proteínas, como la miosina y la actina. Dichas pérdidas representaron el 25.2% del peso de la carne en crudo, valor similar al obtenido por Muchenje *et al.* (2009). Las pérdidas por cocinado fueron similares en las tres razas, pero superiores para los terneros cebados en Almadenejos.

7 días de maduración.

En el espesor de la grasa, con valores medios de 4.3 mm y 3.9 mm en cada una de las localizaciones, no difirió significativamente ni entre razas ni entre sistemas de alimentación.

En la carne cruda, hay diferencias en el índice a\* entre cebaderos, mayor en Alcaracejos (concentrado + paja). En el valor de b\* en la carne cruda, la carne

de raza Retinta tiene el valor menor y significativamente diferente a la de las razas francesas. Esto supone una variación respecto al día 1, en el que recordamos que era la carne de raza Retinta la que poseía los valores más elevados de  $a^*$  y  $b^*$  en crudo (Tabla 106).

En el color no hay diferencias entre razas cuando la carne está cocinada, aunque sí en  $L^*$  según cebadero, siendo la carne procedente de Almadenejos (menor cantidad de concentrado) la que posee un valor superior.

Por otra parte, la menos dura fue la de raza Limusina tanto en crudo como en cocinado, no hubo diferencias significativas entre razas. Entre cebaderos, fue más dura la carne procedente del cebadero de Almadenejos (alimentación con pienso, paja y silo de maíz) a los 7 días de maduración, al igual que ocurrió en el día 1, con diferencias significativas.

Tabla 106.- Color de la carne cruda y cocinada, dureza y pérdidas a 7 días de maduración. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	CxR
Espesor grasa1 (mm)	4.07	4.57	4.26	4.67	4.01	ns	ns	ns
Espesor grasa2 (mm)	3.79	4.13	3.71	4.19	3.98	ns	ns	ns
$L^*$	29.74	30.57	30.07	29.9	30.51	ns	ns	ns
$a^*$	17.26	16.2	17.27	16.74	16.18	*	ns	ns
$b^*$	17.38	17.35	18.0 <sup>a</sup>	17.4 <sup>b</sup>	16.6 <sup>c</sup>	ns	*	***
Dureza en crudo(kg/cm <sup>2</sup> )	2.76	2.57	2.75	2.32	2.93	ns	ns	ns
$L^*$ cocinada	56.82	58.67	57.72	58.73	56.77	*	ns	ns
$a^*$ cocinada	6.82	7.00	6.92	6.72	7.08	ns	ns	ns
$b^*$ cocinada	18.58	18.81	19.03	18.58	18.49	ns	ns	ns
Dureza cocinada (kg/cm <sup>2</sup> )	6.01	6.64	6.56	5.74	6.67	*	ns	ns
Pérdidas por cocinado (%)	26.57	25.98	26.65	25.23	26.95	ns	ns	ns
C.R.A. (%)	20.91	20.26	21.03	20.97	19.74	*	ns	ns

Espesor grasa1 = espesor grasa dorsal sobre m. *Longissimus*; Espesor grasa2 = espesor grasa dorsal sobre m. *Latissimus*; R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso+Paja, 2 = Mezcla Unifeed; C.R.A. = capacidad retención de agua; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; ns = no significativa

A diferencia de lo ocurrido en el día 1 de maduración, no hay diferencias por pérdidas por cocinado entre los diferentes sistemas de alimentación, mientras que sí las hubo para las pérdidas por presión. Diversos autores (French *et al.*, 2001) señalan la escasa influencia del sistema de alimentación sobre las pérdidas por presión. La raza no fue un factor significativo en las pérdidas por presión, mientras que autores como Sañudo *et al.* (2000) señalan que las razas especializadas tienden a producir carnes con mayores pérdidas de agua. En este sentido, Sañudo *et al.* (1998) encontraron diferencias entre varias razas españolas de bovinos con aptitud cárnica.

Chuleta 21 días.

El espesor de grasa subcutánea ofreció valores medios de 3.5 y 3.1 mm. A este tiempo de maduración, la raza presentó mayor influencia que en periodos anteriores. Los valores de L\*, a\* y b\* de la carne cruda fueron significativamente inferiores en la raza Retinta cuando la comparamos con la de las razas francesas. En los valores de L\* y a\* de la carne cocinada, sigue siendo la raza Retinta la de valores más bajos (Tabla 107).

La raza también tuvo un efecto significativo en la dureza de la carne cruda, en CRA y en pérdidas por cocinado (menores en raza Limusina).

## Resultados y Discusión

Tabla 107.- Color de la carne cruda y cocinada, dureza y pérdidas a 21 días de maduración. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	CxR
Espesor grasa1 (mm)	3.15	2.25	2.62	2.58	2.95	*	ns	ns
Espesor grasa2 (mm)	3.87	3.85	3.74	4.13	3.68	ns	ns	ns
L*	32.31	32.05	32.4 <sup>a</sup>	32.7 <sup>a</sup>	31.3 <sup>b</sup>	ns	*	**
a*	19.03	17.95	18.9 <sup>a</sup>	18.6 <sup>a</sup>	17.8 <sup>b</sup>	*	*	ns
b*	19.46	18.92	19.9 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	18.1 <sup>b</sup>	ns	*	**
Dureza en crudo(kg/cm <sup>2</sup> )	2.69	2.71	2.8 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	ns	*	ns
L* cocinada	57.21	54.08	56.9 <sup>a</sup>	56.6 <sup>a</sup>	54.1 <sup>b</sup>	*	*	***
a* cocinada	11.27	8.41	10.4 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	8.4 <sup>b</sup>	*	*	***
b* cocinada	20.62	19.86	19.7 <sup>a</sup>	21.1 <sup>b</sup>	19.9 <sup>a</sup>	ns	*	***
Dureza cocinada(kg/cm <sup>2</sup> )	3.79	4.25	3.90	4.23	3.91	*	ns	ns
Pérdidas por cocinado (%)	26.18	27.11	27.4 <sup>a</sup>	25.7 <sup>b</sup>	26.8 <sup>a</sup>	ns	*	ns
C.R.A. (%)	14.41	15.17	15.0 <sup>a</sup>	13.1 <sup>b</sup>	16.4 <sup>c</sup>	ns	*	**

Espesor grasa1 = espesor grasa dorsal sobre m. *Longissimus*; Espesor grasa2 = espesor grasa dorsal sobre m. *Latissimus*; R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso+Paja, 2 = Unifeed; C.R.A. = capacidad retención de agua; \* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001; ns = no significativa

### Evolución con la maduración

Como observamos al comparar los valores medios de las variables analizadas (Tabla 105, 106 y 107), la maduración de la carne tuvo un efecto significativo en la mayoría de ellas. Los valores medios de las variables cromáticas subieron significativamente (resultados no mostrados en el texto) con la maduración, pasando de 28.9, 14.2 y 13.5 para L\*, a\* b\* a 1 día de maduración a 32.2, 18.5 y 19.2, respectivamente, a 21 días de maduración. En consonancia con los resultados obtenidos por Aalhus *et al.* (1992) y Timm *et al.* (2001) quienes también encontraron un incremento significativo en los valores de L\*, a\* y b\* de la carne de vacuno a los 21 días de maduración. Cuando la carne se almacena, tiende a ser más clara y rojiza. Insausti *et al.* (1999) observó que las variaciones más notorias en las variables cromáticas se aprecian en los 5 primeros días de maduración ya que a periodos más largos las diferencias son escasas. Por su parte, Sierra *et al.* (2010) observan que los valores de a\* no

varían o bien decrecen con la maduración de la carne, al igual que Obuz *et al.* (2014) opinan respecto de la evolución de  $L^*$ .

La carne de los terneros estudiados se puede considerar como dura tras 1 día de maduración, moderadamente tierna a 7 días y tierna tras 21 días de maduración (Destefanis *et al.*, 2008). Los valores de la carne cruda pasaron de  $3.2 \text{ kg/cm}^2$  a 1 día de maduración a  $2.7 \text{ kg/cm}^2$  a 21 días de maduración. Mayor caída se produjo en la carne cocinada ( $10.6 \text{ kg/cm}^2$  y  $4.0 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente). En consonancia con los resultados ofrecidos por Cuvelier *et al.* (2006), la extensión del descenso de la dureza de la carne no difirió entre razas ni entre sistemas de alimentación.

Las pérdidas de agua por presión disminuyeron significativamente entre 7 y 21 días de maduración (20.6% y 14.8%, respectivamente), mientras que las pérdidas por cocción no variaron significativamente. De acuerdo a Farouk *et al.* (2012), la mejora de la capacidad de retención de agua con la maduración de la carne está relacionada con la rotura de la estructura de la carne y la creación de un “efecto esponja” al interrumpirse los canales a través de los cuales el agua es expulsada de la carne.

### 5.3.3. Contenido en grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos.

El contenido en grasa intramuscular, con un valor medio de 2.19% fue medio-bajo, aunque ligeramente superior al encontrado por Induráin *et al.* (2006) en terneros de raza Pirenaica sacrificados con un peso medio de 519 kg.

Como vemos en la Tabla 108, el % de grasa intramuscular en el m. *Longissimus thoracis* no presenta variación significativa ni entre sistemas de alimentación ni entre razas. El contenido en grasa intramuscular está positivamente correlacionado con el consumo de concentrados (Alfaia *et al.*, 2009). En nuestro estudio, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, el contenido en grasa intramuscular tendió a ser mayor en animales alimentados con ensilado, en contraposición a los resultados obtenidos por Wood *et al.* (2008). Así mismo, Schmutz *et al.* (2013) obtuvieron

mayor nivel de marmóreo en la canal de terneros alimentados con un nivel superior de concentrados. En el mismo sentido se expresan Duckett *et al.* (2013), quienes señalan que el contenido en grasa intramuscular tiende a ser mayor en animales alimentados con concentrados frente a los que recibieron forrajes + concentrado.

La no significación en las diferencias entre razas respecto del contenido en grasa intramuscular contrasta con los resultados obtenidos por Schmutz *et al.* (2013). También, Cuvelier *et al.* (2006) encontraron que el contenido en grasa intramuscular varía ampliamente entre razas, siendo la Blanco Azul Belga la más magra, la Limusina con valores intermedios, y la Aberdeen Angus como la más engrasada.

Tabla 108.- Contenido en grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos saturados del m. *Longissimus thoracis*. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	CxR
G. Intramuscular	2.13	2.23	2.16	2.23	2.14	ns	ns	ns
C:8	0.07	0.08	0.05 <sup>a</sup>	0.07 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>b</sup>	ns	*	ns
C:10	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	ns	ns	ns
C:11	0.03	0.02	0.03 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	*	*	*
C:12	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	ns	ns	ns
C:13	0.02	0.02	0.02 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>	ns	*	ns
C:14	2.26	2.37	2.38	2.30	2.27	*	ns	*
C:15	0.34	0.34	0.36 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.31 <sup>b</sup>	ns	*	ns
C:16	26.78	26.94	27.3 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>	26.4 <sup>b</sup>	ns	*	ns
C:17	0.79	0.75	0.78 <sup>a</sup>	0.80 <sup>a</sup>	0.72 <sup>b</sup>	*	*	ns
C:18	18.93	20.22	19.8 <sup>a</sup>	19.3 <sup>b</sup>	19.7 <sup>a</sup>	*	*	*
C:20	0.19	0.23	0.21	0.20	0.22	*	ns	***
C:21	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	ns	ns	ns
C:22	0.59	0.46	0.60 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.40 <sup>b</sup>	*	*	ns
C:23	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	*	ns	ns
C:24	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	*	ns	ns

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso+Paja, 2 = Unifeed. \* p<0.05; ns = no significativa.

El perfil de ácidos grasos en la carne tiene una gran repercusión en la salud de los consumidores. Así, la United Kingdom Department of Health and Social Security (1994) recomienda un aumento en el consumo de ácidos grasos polinsaturados, en particular n-3 como eicosapentanoico (C20:5n-3) y docosahexanoico (C22:6n-3) para prevenir enfermedades cardiovasculares y cáncer. En sentido opuesto se manifiesta respecto del consumo de ácidos grasos saturados y n-6. Igualmente se recomienda un aumento en la relación PUFA/SFA y un descenso de la relación n-6/n-3.

Tabla 109.- Perfil de ácidos grasos monoinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	CxR
C:14.1	0.44	0.41	0.43 <sup>a</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>	*	*	**
C:15.1	0.10	0.12	0.10 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	*	*	ns
C:16.1	2.51	2.35	2.43	2.46	2.40	*	ns	ns
C:17.1	0.58	0.51	0.55 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.51 <sup>b</sup>	*	*	ns
C:18.1n9T	0.68	0.52	0.60 <sup>a</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	*	*	***
TRANS C:18.1n1T	1.41	1.18	1.26 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.22 <sup>a</sup>	*	*	***
C:18.1n9C	29.71	28.72	28.99	28.97	29.65	*	ns	***
C:20.1n9	0.07	0.06	0.06 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.07 <sup>b</sup>	ns	*	*
C:22.1n9	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	ns	ns	ns
C:24.1	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	ns	ns	ns

R = raza; C = cebadero; Raza 1 = Charolesa; Raza 2 = Limusina; Raza 3 = Retinta; Cebadero 1 = Pienso+Paja; Cebadero 2 = Unifeed. \* p<0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001; ns = no significativa

Entre los ácidos grasos insaturados, los más abundantes son el palmítico (C:16.0), esteárico (C:18.0) y mirístico (C:14.0), con valores medios de 26.9%, 19.6% y 2.3%, respectivamente; valores similares a los obtenidos por Induráin *et al.* (2006) en terneros de raza Pirenaica, y que vienen a representar el 95.3% del total de SFA (Tabla 108). Entre los ácidos grasos monoinsaturados destacan el oleico y palmítico (Tabla 109), representando el 90.4% del total de MUFA, y el C:18.2n6 y C:20.4 entre los polinsaturados, que representan el 85%

del total de PUFA (Tabla 110). Resultados similares a los ofrecidos por Alfaia *et al.* (2006) en terneros de raza Alentejana acogidos a la denominación de origen Carnalentejana.

La relación PUFA/SFA registrada en nuestro estudio (0.28), similar a la encontrada por Induráin *et al.* (2006), fue inferior al valor recomendado (0.45).

La relación n-6/n-3 es un indicativo del papel que juegan los ácidos grasos en la aterosclerosis humana, ya que los ácidos n-3 tienden a disminuir los niveles de los ácidos eicosanoico y araquidónico, inhibiendo las actividades de la cyclooxygenasa y la lipoxygenasa. En nuestro estudio, la relación n-6/n-3 (10.9) fue mayor a la recomendada (4) y a los valores medios obtenidos por Varela *et al.* (2004) en terneros de raza Rubia Gallega.

Respecto del perfil de ácidos grasos encontramos diferencias significativas entre razas y cebaderos, a semejanza de lo registrado en numerosos estudios. Aunque el perfil de ácidos grasos en rumiantes no es un efecto directo de la dieta debido a la hidrogenación en el rumen, sin embargo algunos cambios pueden estar relacionados con la dieta. En nuestro estudio el tipo de dieta afectó al contenido en SFA y n-3 (mayores en el lote de mezcla húmeda) y a MUFA, n-6/n-3, índices de saturación y relación C18:2n6/C18:3n3 (mayores en los animales que consumieron concentrado + paja). Las diferencias en SFA (Tabla 111) se deben principalmente a diferencias en el contenido de C16:0 y C18:0. Respecto del contenido en SFA, nuestros resultados difieren de los obtenidos por Daley *et al.* (2010) quienes reportan niveles ligeramente superiores de ambos ácidos grasos en animales alimentados con concentrados a base de grano de cereales.

En general, animales alimentados con pastos presentan mayores concentraciones de ácidos grasos polinsaturados n-3 y MUFA que los animales alimentados con concentrados, los cuales presentan mayor contenido en ácidos grasos polinsaturados n-6. En nuestro estudio el porcentaje de C18:1n9c es mayor en los animales finalizados con grano + paja, lo que coincide con los resultados de Cooke *et al.* (2004) quienes señalan que el aumento en 18:1 está asociado al consumo de concentrado o grano comparado con el consumo de forraje.

Tabla 110.- Perfil de ácidos grasos polinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	CxR
C:18.2n6T	0.18	0.20	0.20	0.19	0.19	*	ns	ns
C:18.2n6C	9.42	9.39	8.96	9.50	9.74	*	ns	***
C:18.3n6G	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	ns	ns	ns
C:18.3n3A	0.31	0.38	0.33 <sup>a</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>b</sup>	*	*	ns
9.11 CLA	0.52	0.52	0.57 <sup>a</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.49 <sup>b</sup>	ns	*	**
10.12 CLA	0.12	0.13	0.14	0.13	0.11	ns	ns	ns
C:20.2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12	ns	ns	ns
C:20.3n6	0.06	0.06	0.06 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	ns	*	ns
C:20.4n6	2.43	2.39	2.26 <sup>a</sup>	2.48 <sup>b</sup>	2.48 <sup>b</sup>	ns	*	*
C:20.3n3	0.04	0.06	0.07	0.04	0.05	ns	ns	ns
C.20.5n3(EPA)	0.21	0.24	0.20 <sup>a</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.24 <sup>b</sup>	*	*	ns
C:22.2	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	ns	ns	ns
C:22.5n3(DPA)	0.48	0.51	0.46 <sup>a</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.52 <sup>b</sup>	ns	*	*
C:22.6n3(DHA)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	ns	ns	ns

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Pienso+Paja, 2 = Unifeed. \* p<0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001; ns = no significativa

Tabla 111.- Perfil de ácidos grasos e índices de interés en *Longissimus thoracis*. Análisis de varianza.

Variables	Cebadero		Raza			Efecto		
	1	2	1	2	3	C	R	CxR
SFA	50.35 <sup>a</sup>	51.70 <sup>b</sup>	51.8 <sup>a</sup>	50.9 <sup>b</sup>	50.4 <sup>b</sup>	*	*	ns
MUFA	35.65 <sup>a</sup>	33.69 <sup>b</sup>	34.43	34.72	34.81	*	ns	**
PUFA	14.00	14.11	13.51	14.19	14.48	ns	ns	**
N3	1.10 <sup>a</sup>	1.26 <sup>b</sup>	1.10 <sup>a</sup>	1.21 <sup>b</sup>	1.24 <sup>b</sup>	*	*	ns
N6	12.12	12.06	11.51	12.23	12.54	ns	ns	***
N6/N3	11.85 <sup>a</sup>	9.91 <sup>b</sup>	10.88	11.06	10.65	*	ns	***
CLA	0.65	0.66	0.70 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b</sup>	0.61 <sup>b</sup>	ns	*	**
I. desaturación C:16	8.53 <sup>a</sup>	7.97 <sup>b</sup>	8.14	8.33	8.27	*	ns	ns
I. desaturación C:18	60.91 <sup>a</sup>	58.57 <sup>b</sup>	59.30	59.92	59.94	*	ns	***
PUFA / SFA	0.28	0.28	0.26 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	ns	*	**
C18:2n6 / C18:3n3	32.19 <sup>a</sup>	25.44 <sup>b</sup>	29.03	29.75	27.47	*	ns	***

R = raza; C = cebadero; Razas: 1 = Charolesa, 2 = Limusina, 3 = Retinta; Cebaderos: 1 = Alcaracejos, 2 = Almadenejos; I. desaturación C:16 =  $100 * ((C:16.1cis) / (C:16 + C:16.1cis))$ ; I. desaturación C:18 =  $100 * ((C:18.1cis9) / (C:18 + C:18.1cis9))$ ; \* p<0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001; ns = no significativa

La ausencia de efectos del sistema de alimentación sobre la mayoría de ácidos grasos polinsaturados está en consonancia con la revisión realizada por De Smet *et al.* (2004), y se puede explicar por el bajo contenido graso de las canales de los animales estudiados y por la ausencia de diferencias en grasa intramuscular.

La importancia del contenido en ácidos grasos n-6 ha sido ampliamente recogida en la bibliografía disponible. La ausencia de significación estadística entre sistemas de alimentación para este grupo de ácidos grasos coincide con los resultados aportados por Alfaia *et al.* (2009).

En un estudio en terneros de raza Rubia Gallega, Varela *et al.* (2004) observaron la influencia de la dieta de finalización (pasto o ensilado + concentrado) en la proporción de ácido linoleico (mayor en animales alimentados con pasto) y linolénico (mayor en animales alimentados con ensilado + concentrado). También reportan diferencias en el porcentaje de C15:0 y C16:0. Los animales finalizados en pastos tuvieron valores inferiores en la relación C18:2n-6/C18:3n-3, en consonancia con lo obtenido en nuestro estudio ya que los animales alimentados con ensilado + concentrado presentaron un valor inferior al registrado en animales alimentados con concentrado + paja.

Warren *et al.* (2008), estudiando el efecto de la dieta (concentrado o ensilado) y la raza (Aberdeen Angus y Holstein-Friesian) encontraron que el contenido de ácidos grasos en los animales alimentados con concentrado fue el doble que el registrado en animales alimentados con ensilado. La dieta con ensilado proporcionó menores concentraciones de ácido oleico y linoleico, mientras que las concentraciones de ácido linolénico fueron superiores cuando se compararon con las cifras registradas en animales alimentados con concentrado. En nuestro estudio, el músculo de los animales alimentados con concentrado + paja contenía mayor porcentaje de 18:1cis-9, menos de 18:3n-3, y no hubo diferencias significativas respecto del porcentaje en 18:2n-6. De otra parte, el contenido en PUFA y n-6 PUFA fue similar en ambos sistemas de alimentación, en contraposición a lo encontrado por los autores anteriormente citados, quienes encuentran niveles superiores de estos ácidos grasos en los animales alimentados con concentrado.

Realini *et al.* (2004), en un estudio con terneros de raza Hereford, encontraron que los porcentajes de ácido mirístico (C14:0), miristoleico (C14:1), palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1) y oleico (C18:1) fueron mayores en la carne de animales finalizados con concentrados, mientras que los finalizados en pastos presentaron mayores porcentajes de esteárico (C18:0), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3), araquidónico (C20:4), eicosapentanoico (C20:5, EPA) y docosapentanoico (C22:5, DPA). El contenido en MUFA y la relación n6/n3 fueron mayores en los animales finalizados con concentrados, mientras que el contenido en PUFA y CLA y la relación PUFA/SFA fueron mayores en los finalizados en pastos.

García *et al.* (2008) compararon el efecto de cuatro dietas (pastoreo, pastoreo y suplementación al 0.7% del peso vivo con grano de maíz, pastoreo y suplementación al 1% del peso vivo con grano de maíz y concentrado + alfalfa + soja sin pastoreo) sobre la composición en ácidos grasos de la carne de tres genotipos (Angus, Charolesa x Angus y Holstein argentino). La dieta mostró un efecto mayor que la raza. Los animales en pastoreo presentaron mayores porcentajes de SFA, n-3 PUFA y CLA, y menores porcentajes de grasa intramuscular, MUFA, n-6 PUFA y n-6/n-3 que los que recibieron concentrado. Los Holstein argentino presentaron menores porcentajes de SFA y mayores de MUFA y n-6/n-3 que los Aberdeen y Charolesa x Aberdeen.

De la Fuente *et al.* (2009) al comparar el efecto de cuatro dietas (pastoreo + concentrado en España; pastoreo + concentrado en Inglaterra; pastoreo + maíz en Alemania; crianza y finalización ex extensivo y sacrificio a los 2-3 años de edad en Uruguay) comprobaron la mayor proporción de ácido linoleico y araquidónico y la menor de SFA se encontró en los terneros finalizados en España. En contraste, los finalizados en extensivo presentaron los mayores porcentajes de linolénico, docosapentanoico y eicosapentanoico. La carne de los terneros finalizados en intensivo tuvieron los valores más bajos en P/S.

Analizando la influencia del sistema de alimentación (semi-extensivo e intensivo) en terneros de raza Tudanca, Humada *et al.* (2012) encontraron que el m. *Longissimus thoracis* de animales finalizados en un sistema semi-extensivo tenía menor porcentaje de grasa intramuscular, SFA, trans 18:1 n-

6/n-3, y mayor porcentaje de MUFA, PUFA y CLA cuando se comparó con el de animales finalizados en un intensivo.

Por lo que respecta al genotipo, la raza Retinta presentó valores superiores de n-3 y PUFA/SFA, y menores de SFA y CLA, cuando la comparamos con las razas francesas. Al comparar entre las dos razas francesas utilizadas en nuestro estudio, encontramos diferencias significativas en algunos ácidos grasos, así como en SFA, n-3, CLA y PUFA/SFA. Barton *et al.* (2007) encontraron valores superiores en la raza Limusina para MUFA, PUFA, CLA y menores para SFA cuando se compararon con los obtenidos en la raza Charolesa.

Aldai *et al.* (2006) estudiaron la influencia de la raza (Asturiana de los Valles y Asturiana de las Montañas) y el mh-genotipo en el perfil de ácidos grasos de la carne. El efecto del tipo biológico fue más significativo cuando los valores se expresaron como mg/100 g de músculo. En general observaron diferencias significativas en la mayoría de los ácidos grasos de forma individual o agrupados. Los animales con el genotipo mh/mh presentaron una menor proporción de SFA y MUFA y una mayor proporción de PUFA. La relación PUFA/SFA aumentó con el aumento del número de alelos mh, mientras que no encontraron diferencias en la relación n-6/n-3.

Cuvelier *et al.* (2006) compararon el perfil de ácidos grasos de la carne en terneros de raza Blanco Azul Belga, Limusina y Aberdeen Angus. El contenido en grasa intramuscular difirió ampliamente entre razas, siendo la Blanco Azul Belga la más magra y la Aberdeen Angus la más grasa. Igualmente hubo diferencias significativas en el contenido en SFA y MUFA, con valores inferiores en la Blanco Azul Belga y superiores en la Aberdeen Angus. También registraron diferencias en el contenido en PUFA, mayor en Aberdeen Angus y menor en Blanco Azul Belga. Las diferencias relativas entre razas respecto del contenido en PUFA fueron del 10%, mientras que el de SFA y MUFA alcanzó el 500%.

En un trabajo en el que se comparó el perfil de ácidos grasos entre las razas Aberdeen Angus y Holstein (Warren *et al.*, 2008), sólo encontraron diferencias significativas en el contenido en n-6 PUFA, mayor en Holstein.

Orellana *et al.* (2009) en terneros Criollo Argentino y Braford criados y finalizados en pasto encontraron que la grasa intramuscular de los criollos era más rica en ácidos insaturados y más pobre en ácidos saturados que la de los Braford.

Al estudiar la influencia del genotipo (Tudanca x Charolesa y Limusina) sobre el perfil de ácidos grasos del m. *Longissimus thoracis*, Aldai *et al.* (2012) comprobaron que los terneros procedentes del cruce Tudanca x Charolesa presentaron un mejor perfil de ácidos grasos que el de terneros Limusina, especialmente en ácidos polinsaturados de cadena larga, n-6/n-3, así como en ácido vaccénico e isómeros trans 18:1.

En un estudio en que se analiza el efecto de la raza (Piemontese, Limusina y Holstein) en el perfil de ácidos grasos, Brugiapaglia *et al.* (2014) encontraron que los terneros de raza Piemontese presentaron el menor contenido en grasa intramuscular, mientras que la Holstein presentó los más bajos, y la Limusina mostró valores intermedios. Las proporciones más alta en PUFA se registraron en la raza Piemontese, mostrando las tres razas altos contenidos en n-6.

#### 5.3.4. Maduración de la carne.

Como podemos ver en las Tablas 112, 113, 114 y 115, la maduración influye positivamente en las variables analizadas.

Tabla 112.- Evolución durante la maduración del contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos saturados del m. *Longissimus thoracis*. General.

Variables	Días de maduración			Efecto maduración
	1	7	21	
G. Intramuscular	1.73	2.16	2.65	*
C:8	0.08	0.09	0.05	*
C:10	0.09	0.14	0.06	*
C:11	0.02	0.03	0.02	*
C:12	0.10	0.13	0.08	*
C:13	0.02	0.03	0.02	*
C:14	2.20	2.31	2.45	*
C:15	0.32	0.34	0.36	*
C:16	26.10	27.46	27.58	*
C:17	0.73	0.77	0.81	*
C:18	18.66	19.79	20.30	*
C:20	0.19	0.22	0.22	*
C:21	0.06	0.08	0.06	ns
C:22	0.58	0.54	0.46	ns
C:23	0.04	0.03	0.03	*
C:24	0.04	0.03	0.03	*

\* p < 0.05; ns = no significativa

Tanto el % de grasa intramuscular como de la mayor parte de los ácidos grasos estudiados se incrementan con los días de maduración.

Tabla 113.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos monoinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. General.

Variables	Días de maduración			Efecto maduración
	1	7	21	
C:14.1	0.42	0.42	0.43	ns
C:15.1	0.09	0.12	0.12	*
C:16.1	2.49	2.37	2.42	ns
C:17.1	0.54	0.54	0.55	ns
C:18.1N9T	0.55	0.61	0.63	*
TRANS C:18.1N1T	1.26	1.25	1.36	ns
C:18.1N9C	29.11	28.66	29.85	*
C:20.1N9	0.08	0.07	0.05	*
C:21	0.06	0.08	0.06	*
C:22.1N9	0.07	0.05	0.04	*
C:24.1	0.04	0.04	0.03	*

\* p < 0.05; ns = no significativa.

Tabla 114.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos polinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. General.

Variables	Días de maduración			Efecto maduración
	1	7	21	
C:18.2N6T	0.21	0.18	0.19	*
C:18.2N6C	10.68	9.61	7.92	*
C:18.3N6G	0.10	0.09	0.07	*
C:18.3N3A	0.39	0.35	0.31	*
9,11 CLA	0.53	0.52	0.52	ns
C:20.1N9	0.08	0.07	0.05	*
10,12 CLA	0.13	0.13	0.13	ns
C:20.2	0.14	0.12	0.11	*
C:20.3N6	0.07	0.06	0.05	ns
C:20.4N6	2.89	2.45	1.90	*
C:20.3N3	0.05	0.08	0.03	ns
C.20.5N3(EPA)	0.29	0.23	0.16	*
C:22.2	0.03	0.02	0.02	*
C.22.5N3(DPA)	0.60	0.51	0.38	*
C:22.6N3(DHA)	0.07	0.06	0.05	*

## Resultados y Discusión

\* p < 0.05; ns = no significativa

Tabla 115.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos e índices del m. *Longissimus thoracis*. General.

Variables	Días de maduración			Efecto maduración
	1	7	21	
SFA	49.22	51.40	52.50	*
MFA	34.69	34.23	35.04	ns
PUFA	16.11	14.30	11.77	*
N3	1.41	1.20	0.94	*
N6	13.90	12.33	10.05	*
N6/N3	10.41	10.93	11.25	ns
CLA	0.66	0.65	0.65	ns
I.D. C:16	8.66	8.04	8.11	ns
I.D. C:18	60.75	58.96	59.44	ns
PUFA/SFA	0.33	0.28	0.22	*
C18:2n6/C18:3n3	28.85	29.20	28.21	ns

I.D. C:16 =  $100 \cdot ((C:16.1cis)/(C:16+C:16.1cis))$ ; I.D. C:18 =  $100 \cdot ((C:18.1cis)/(C:18+C:18.1cis))$ ; \* p < 0.05; ns = no significativa

Tabla 116.- Evolución durante la maduración del contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos saturados del m. *Longissimus thoracis*. Cebaderos.

	Pienso+Paja			Unifeed		
	Días de maduración			Días de maduración		
	1	7	21	1	7	21
G. Intramuscular	1.69 <sup>a</sup>	2.11 <sup>b</sup>	2.57 <sup>c</sup>	1.76 <sup>a</sup>	2.21 <sup>b</sup>	2.72 <sup>c</sup>
C:8	0.06 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>
C:10	0.09 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>
C:11	0.03 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02	0.02	0.01
C:12	0.10 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.08 <sup>c</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>
C:13	0.02 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.02	0.02	0.02
C:14	2.13 <sup>a</sup>	2.28 <sup>b</sup>	2.38 <sup>b</sup>	2.26 <sup>a</sup>	2.35 <sup>a</sup>	2.51 <sup>b</sup>
C:15	0.34 <sup>a</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.34	0.34	0.36
C:16	26.01 <sup>a</sup>	26.91 <sup>b</sup>	27.39 <sup>c</sup>	26.14 <sup>a</sup>	26.90 <sup>b</sup>	27.77 <sup>c</sup>
C:17	0.75 <sup>a</sup>	0.77 <sup>a</sup>	0.83 <sup>b</sup>	0.71	0.76	0.79
C:18	18.09 <sup>a</sup>	18.39 <sup>a</sup>	19.73 <sup>b</sup>	19.21 <sup>a</sup>	20.58 <sup>b</sup>	20.86 <sup>b</sup>
C:20	0.18	0.19	0.19	0.21 <sup>a</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.24 <sup>b</sup>
C:21	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06
C:22	0.64 <sup>a</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.53 <sup>c</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.39 <sup>c</sup>
C:23	0.04 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.04	0.03	0.03
C:24	0.04	0.03	0.04	0.04 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

## Resultados y Discusión

Tabla 117.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos monoinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. Cebaderos

	Pienso+Paja			Unifeed		
	Días de maduración			Días de maduración		
	1	7	21	1	7	21
C:14.1	0.44	0.43	0.44	0.41	0.41	0.43
C:15.1	0.08 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.10	0.14	0.12
C:16.1	2.60	2.48	2.45	2.39	2.26	2.40
C:17	0.75 <sup>a</sup>	0.77 <sup>a</sup>	0.83 <sup>b</sup>	0.71	0.76	0.79
C:17.1	0.59	0.56	0.59	0.59	0.51	0.50
C:18.1N9T	0.61 <sup>a</sup>	0.70 <sup>b</sup>	0.72 <sup>b</sup>	0.49 <sup>a</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.55 <sup>c</sup>
TRANS C:18.1N1T	1.38 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	1.50 <sup>b</sup>	1.14	1.17	1.24
C:18.1N9C	29.56	29.29	30.27	28.66 <sup>a</sup>	28.05 <sup>a</sup>	29.44 <sup>b</sup>
C:20.1N9	0.08 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>
C:22.1N9	0.07 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>
C:24.1	0.04 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

Tabla 118.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos polinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. Cebaderos.

	Pienso+Paja			Unifeed		
	Días de maduración			Días de maduración		
	1	7	21	1	7	21
C:18.2N6T	0.19	0.17	0.18	0.22	0.20	0.20
C:18.2N6C	10.57 <sup>a</sup>	9.60 <sup>b</sup>	8.10 <sup>c</sup>	10.79 <sup>a</sup>	9.62 <sup>b</sup>	7.74 <sup>c</sup>
C:18.3N6G	0.10 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>
C:18.3N3A	0.35 <sup>a</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.28 <sup>c</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.33 <sup>b</sup>
9,11 CLA	0.54 <sup>a</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.52	0.53	0.52
10,12 CLA	0.12	0.12	0.14	0.13	0.14	0.12
C:20.2	0.15 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>
C:20.3N6	0.07 <sup>a</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.06	0.06	0.05
C:20.4N6	2.87 <sup>a</sup>	2.42 <sup>b</sup>	2.01 <sup>c</sup>	2.90 <sup>a</sup>	2.48 <sup>b</sup>	1.78 <sup>c</sup>
C:20.3N3	0.05 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.06	0.10	0.03
C.20.5N3(EPA)	0.27 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.16 <sup>c</sup>
C:22.2	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
C.22.5N3(DPA)	0.58 <sup>a</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.38 <sup>c</sup>	0.61	0.54	0.38
C:22.6N3(DHA)	0.07 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

## Resultados y Discusión

Tabla 119.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos e índices del m. *Longissimus thoracis*. Cebaderos

	Pienso+Paja			Unifeed		
	Días de maduración			Días de maduración		
	1	7	21	1	7	21
SFA	48.61 <sup>a</sup>	50.66 <sup>b</sup>	51.80 <sup>c</sup>	49.81 <sup>a</sup>	52.12 <sup>b</sup>	53.18 <sup>c</sup>
MFA	35.45 <sup>a</sup>	35.27 <sup>a</sup>	36.22 <sup>b</sup>	33.96	33.22	33.90
PUFA	15.94 <sup>a</sup>	14.05 <sup>b</sup>	12.01 <sup>c</sup>	16.27 <sup>a</sup>	15.54 <sup>b</sup>	11.54 <sup>c</sup>
N3	1.31 <sup>a</sup>	1.10 <sup>b</sup>	0.89 <sup>c</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.31 <sup>b</sup>	0.98 <sup>c</sup>
N6	13.79 <sup>a</sup>	12.25 <sup>b</sup>	10.33 <sup>c</sup>	14.01 <sup>a</sup>	12.40 <sup>b</sup>	9.78 <sup>c</sup>
N6/N3	11.13 <sup>a</sup>	12.03 <sup>b</sup>	12.38 <sup>b</sup>	9.72	9.87	10.15
CLA	0.66	0.63	0.65	0.66	0.66	0.66
I.D. C:16	9.02 <sup>a</sup>	8.39 <sup>b</sup>	8.19 <sup>b</sup>	8.30 <sup>a</sup>	7.69 <sup>b</sup>	7.92 <sup>ab</sup>
I.D. C:18	61.81 <sup>a</sup>	60.47 <sup>b</sup>	60.46 <sup>b</sup>	59.73 <sup>a</sup>	57.51 <sup>b</sup>	58.46 <sup>a</sup>
PUFA/SFA	0.33 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>
C18:2n6/C18:3n3	31.69 <sup>a</sup>	33.21 <sup>b</sup>	31.67 <sup>a</sup>	26.10 <sup>a</sup>	25.34 <sup>b</sup>	24.88 <sup>c</sup>

I.D. C:16 =  $100 * ((C:16.1cis) / (C:16+C:16.1cis))$ ; I.D. C:18 =  $100 * ((C:18.1cis9) / (C:18+C:18.1cis9))$ ; Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

Tabla 120.- Evolución durante la maduración del contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos saturados del m. *Longissimus thoracis*. Razas.

Variables	Raza								
	CHAROLESA			LIMUSINA			RETINTA		
	Días maduración			Días maduración			Días maduración		
	1	7	21	1	7	21	1	7	21
G. Intramuscular	1.74 <sup>a</sup>	2.17 <sup>b</sup>	2.57 <sup>c</sup>	1.79 <sup>a</sup>	2.20 <sup>b</sup>	2.70 <sup>c</sup>	1.64 <sup>a</sup>	2.11 <sup>b</sup>	2.67 <sup>c</sup>
C:8	0.05 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>
C:10	0.10 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>
C:11	0.03 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
C:12	0.11 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>
C:13	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
C:14	2.26 <sup>a</sup>	2.39 <sup>b</sup>	2.51 <sup>c</sup>	2.20 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	2.43 <sup>b</sup>	2.13 <sup>a</sup>	2.27 <sup>a</sup>	2.41 <sup>b</sup>
C:15	0.33 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.34	0.35	0.37	0.29	0.31	0.33
C:16	26.5 <sup>a</sup>	27.5 <sup>b</sup>	27.8 <sup>b</sup>	26.3 <sup>a</sup>	27.0 <sup>b</sup>	27.7 <sup>b</sup>	25.5 <sup>a</sup>	26.3 <sup>b</sup>	27.2 <sup>c</sup>
C:17	0.74	0.79	0.82	0.76	0.78	0.85	0.69	0.73	0.75
C:18	19.0 <sup>a</sup>	19.8 <sup>b</sup>	20.5 <sup>c</sup>	18.2 <sup>a</sup>	19.5 <sup>b</sup>	19.9 <sup>b</sup>	18.8 <sup>a</sup>	19.9 <sup>b</sup>	20.4 <sup>c</sup>
C:20	0.19 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.20	0.23	0.22
C:21	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	0.07	0.07	0.07
C:22	0.71 <sup>a</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.48 <sup>c</sup>	0.59	0.62	0.53	0.44	0.39	0.37
C:23	0.04	0.03	0.03	0.04 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.04	0.03	0.03
C:24	0.04	0.03	0.03	0.05 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.03	0.03	0.04

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

## Resultados y Discusión

Tabla 121.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos saturados monoinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. Razas.

Variables	Raza								
	CHAROLESA			LIMUSINA			RETINTA		
	Días maduración			Días maduración			Días maduración		
	1	7	21	1	7	21	1	7	21
C:14.1	0.42	0.44	0.43	0.46	0.41	0.45	0.40	0.40	0.42
C:15.1	0.08 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.11	0.14	0.13
C:16.1	2.47	2.41	2.41	2.55	2.36	2.47	2.45	2.34	2.40
C:17.1	0.55	0.56	0.55	0.56	0.55	0.58	0.52	0.51	0.51
C:18.1N9T	0.52 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.65 <sup>b</sup>	0.66 <sup>b</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>	0.61 <sup>b</sup>
TRANS C:18.1N1T	1.25	1.22	1.31	1.35	1.33	1.51	1.17	1.21	1.26
C:18.1N9C	28.8 <sup>a</sup>	28.8 <sup>a</sup>	29.3 <sup>b</sup>	29.04	28.23	29.65	29.41	28.95	30.59
C:20.1N9	0.07	0.07	0.05	0.08 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.07	0.07	0.06
C:21	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	0.07	0.07	0.07
C:22.1N9	0.07	0.05	0.04	0.07 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.06	0.05	0.04
C:24.1	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

Tabla 122.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos polinsaturados del m. *Longissimus thoracis*. Razas.

Variables	Raza								
	CHAROLESA			LIMUSINA			RETINTA		
	Días maduración			Días maduración			Días maduración		
	1	7	21	1	7	21	1	7	21
C:18.2N6T	0.21	0.19	0.18	0.21	0.17	0.18	0.22	0.19	0.19
C:18.2N6C	10.28 <sup>a</sup>	8.91 <sup>b</sup>	7.71 <sup>c</sup>	10.57 <sup>a</sup>	9.91 <sup>b</sup>	8.02 <sup>c</sup>	11.2 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	8.01 <sup>c</sup>
C:18.3N6G	0.09 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.07 <sup>c</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>
C:18.3N3A	0.36 <sup>a</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.32 <sup>c</sup>
9,11 CLA	0.58	0.57	0.55	0.51	0.52	0.51	0.51	0.48	0.49
10,12 CLA	0.14	0.13	0.14	0.12	0.14	0.13	0.11	0.12	0.11
C:20.2	0.14 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.14	0.11	0.11
C:20.3N6	0.07	0.06	0.05	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.04
C:20.4N6	2.77 <sup>a</sup>	2.24 <sup>b</sup>	1.78 <sup>c</sup>	2.92 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	1.98 <sup>b</sup>	2.97 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	1.93 <sup>b</sup>
C:20.3N3	0.05 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>
C.20.5N3(EPA)	0.25 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.30 <sup>a</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>
C:22.2	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
C.22.5N3(DPA)	0.56 <sup>a</sup>	0.45 <sup>b</sup>	0.37 <sup>c</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.39 <sup>c</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>
C:22.6N3(DHA)	0.07	0.05	0.06	0.08 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.07	0.06	0.05

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

## Resultados y Discusión

Tabla 123.- Evolución durante la maduración del contenido en ácidos grasos e índices del m. *Longissimus thoracis*. Razas

Variables	Raza								
	CHAROLESA			LIMUSINA			RETINTA		
	Días maduración			Días maduración			Días maduración		
	1	7	21	1	7	21	1	7	21
SFA	50.1 <sup>a</sup>	52.1 <sup>b</sup>	53.1 <sup>c</sup>	48.9 <sup>a</sup>	51.4 <sup>b</sup>	52.4 <sup>c</sup>	48.5 <sup>a</sup>	50.7 <sup>b</sup>	52.0 <sup>c</sup>
MFA	34.34	34.42	34.13	34.90	34.10	35.15	34.84	34.16	35.47
PUFA	15.5 <sup>a</sup>	13.4 <sup>b</sup>	11.6 <sup>c</sup>	16.14 <sup>a</sup>	15.4 <sup>b</sup>	11.9 <sup>c</sup>	16.7 <sup>a</sup>	14.9 <sup>b</sup>	11.8 <sup>c</sup>
N3	1.28 <sup>a</sup>	1.08 <sup>b</sup>	0.94 <sup>b</sup>	1.48 <sup>a</sup>	1.22 <sup>b</sup>	0.93 <sup>c</sup>	1.46 <sup>a</sup>	1.31 <sup>b</sup>	0.94 <sup>c</sup>
N6	13.4 <sup>a</sup>	11.4 <sup>b</sup>	9.8 <sup>c</sup>	13.9 <sup>a</sup>	12.6 <sup>b</sup>	10.2 <sup>c</sup>	14.5 <sup>a</sup>	12.9 <sup>b</sup>	10.2 <sup>c</sup>
N6/N3	10.75	11.05	10.83	10.1 <sup>a</sup>	11.4 <sup>b</sup>	11.6 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>
CLA	0.72	0.69	0.70	0.63	0.65	0.65	0.63	0.59	0.61
I. D. C:16	8.50 <sup>a</sup>	8.01 <sup>b</sup>	7.92 <sup>b</sup>	8.82	7.99	8.16	8.65	8.11	8.06
I. D. C:18	60.1 <sup>a</sup>	59.0 <sup>b</sup>	58.7 <sup>c</sup>	61.3 <sup>a</sup>	58.8 <sup>b</sup>	59.6 <sup>a</sup>	60.83	59.01	59.97
PUFA/SFA	0.31 <sup>a</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>
C18:2n6/C18:3n3	29.9 <sup>a</sup>	29.4 <sup>a</sup>	27.7 <sup>b</sup>	28.84	30.95	29.86	28.13	27.23	27.05

I.D. C:16 =  $100 * ((C:16.1cis) / (C:16+C:16.1cis))$ ; I.D. C:18 =  $100 * ((C:18.1cis9) / (C:18+C:18.1cis9))$ ; Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre medias

## 5.4. Análisis sensorial.

### 5.4.1. Análisis sensorial con panel entrenado.

En la Tabla 124 se puede apreciar la significación que para cada descriptor sensorial tiene el efecto del año, raza, cebadero de procedencia, tiempo de maduración y las interacciones entre ellos.

Tabla 124. Significación de los efectos: raza, cebadero, maduración y sus interacciones, sobre las características sensoriales valoradas por el panel entrenado.

	Año	R	C	M	RxC	RxM	CxM	AñoxM
Olor a vacuno	***	t	ns	***	t	ns	ns	ns
Olor a Lácteo	***	ns	ns	ns	t	t	ns	ns
Olor a grasa	***	ns	ns	t	ns	ns	ns	ns
Terneza	***	***	***	***	ns	ns	ns	*
Jugosidad	***	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
Untuosidad	***	ns	ns	ns	t	ns	ns	ns
Flavor a vacuno	***	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Flavor a Lácteo	***	ns						
Flavor a grasa	***	ns						
Flavor a hígado	***	ns	ns	***	ns	ns	*	ns
Flavor a ácido	***	ns	ns	**	ns	ns	*	ns
Apreciación global	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

C = cebadero. M = maduración. R = raza; R x C = interacción raza x cebadero; R x M = interacción raza x maduración; C x M = interacción cebadero x maduración; ns =  $p \geq 0.1$ . t =  $\leq 0.1$ . \* =  $\leq 0.05$ . \*\* =  $p \leq 0.01$ . \*\*\* =  $p \leq 0.001$ .

La maduración tuvo un efecto claramente significativo para el olor a vacuno, la terneza, la jugosidad, el flavor a hígado, y el flavor a ácido, y también una tendencia para el olor a grasa. Es el efecto, después del año, de mayor incidencia en los parámetros sensoriales analizados, tal y como se puede

observar en otros estudios como los realizados por Miller *et al.* (1997) y Monsón *et al.* (2005).

Por otro lado, podemos ver que la terneza fue el parámetro más afectado, ya que existen diferencias significativas para los efectos estudiados. La raza afectó, además de a la terneza, a la apreciación global por parte de los panelistas, encontrándose una tendencia significativa en la intensidad del olor a vacuno. En cuanto al cebadero de procedencia, observamos que sólo afectó al parámetro de terneza. En otros trabajos se encuentran diferencias en este atributo con la alimentación del ganado, así diferentes autores muestran que la finalización con forraje decrece la terneza de la carne comparada con la terminación con pienso (Rumsey *et al.*, 1987; Mitchell *et al.*, 1991).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de los efectos analizados entre el tipo de cebadero y la maduración, para los descriptores de flavor a vacuno, a hígado y a ácido. También, para la interacción del efecto año y maduración, se encontraron diferencias en el atributo de la terneza. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la terneza en cuanto a la interacción de raza por maduración. O'Connor *et al.* (1997) y Sañudo *et al.* (2004), probaron que el tiempo de maduración reduce la diferencia de la dureza de la carne entre razas.

No se encontraron diferencias entre razas en cuanto a la intensidad de flavor a hígado y a vacuno, al igual que en los estudios de Monsón *et al.* (2005), en un estudio de cuatro razas.

Puesto que el efecto año tuvo una clara influencia en todas las variables estudiadas, se muestran los valores medios de los efectos estudiados separados por años. Así, en la Tabla 125 se pueden observar los valores medios para todos los atributos de las razas Retinta, Charolesa y Limusina, procedentes de los dos cebaderos utilizados para el estudio a dos tiempos de maduración, referidos al análisis realizado en el año 2010.

Tabla 125. Valores medios y nivel de significación de las características sensoriales de la carne de vacuno de tres tipos genéticos (Charolesa, Limusina y Retinta), procedentes de dos cebaderos a dos tiempos de maduración. (Año = 2010).

	Tipo genético				Cebadero			Maduración		
	RE	CH	LI	P	Alc	Alm	p	7días	21días	P
Olor a vacuno	4.42	4.49	4.56	ns	4.51	4.47	ns	4.32b	4.66 <sup>a</sup>	***
Olor a lácteo	2.53	2.61	2.66	ns	2.53	2.67	t	2.58	2.61	ns
Olor a grasa	2.70	2.73	2.72	ns	2.76	2.70	ns	2.63b	2.83 <sup>a</sup>	**
Terneza	6.05a	5.42b	5.54b	**	5.97a	5.37b	***	5.24b	6.11 <sup>a</sup>	***
Jugosidad	4.24	4.19	4.27	ns	4.26	4.21	ns	4.35a	4.12b	*
Untuosidad	3.80	3.74	3.71	ns	3.84a	3.66b	*	3.76	3.74	ns
Flavor a vacuno	4.85	4.86	4.87	ns	4.89	4.83	ns	4.84	4.88	ns
Flavor a lácteo	2.86	2.86	2.96	ns	2.92	2.88	ns	2.88	2.91	ns
Flavor a grasa	3.56	3.59	3.57	ns	3.55	3.60	ns	3.56	3.59	ns
Flavor a hígado	2.19	2.19	2.16	ns	2.17	2.19	ns	2.04b	2.32 <sup>a</sup>	***
Flavor a ácido	3.11	3.06	3.11	ns	3.20a	2.99b	*	3.05	3.15	ns
Apreciación global	4.19a	3.81b	3.93a	***	4.08	3.94	t	4.05	3.97	ns

RE= Retinta; CH= Charolesa; LI= Limusina; Alc= Alcaracejos; Alm= Almadenejos; Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En este primer estudio observamos que la terneza fue el parámetro más afectado por todos los efectos estudiados. Por otro lado, el efecto maduración fue el que más influencia tuvo, puesto que aparecieron diferencias significativas para un mayor número de atributos. Existen estudios que demuestran que la terneza de la carne de vacuno aumenta con el tiempo de maduración, como el publicado por Campo *et al.* (1999).

La raza tuvo un efecto importante sobre la terneza y la aceptabilidad global, siendo la raza Retinta la mejor valorada en este aspecto, frente a Charolesa y Limusina. Para la aceptabilidad global también fue la raza Retinta la mejor valorada junto con la Limusina, diferenciándose de la Charolesa. En este sentido, estudios como los de Shackelford *et al.* (1994) y Wulf *et al.* (1996), sugieren que las diferencias genéticas en la terneza de la carne de vacuno están asociadas a la variación en el ratio de la proteólisis muscular que ocurre durante el almacenamiento de la carne.

En cuanto al tipo de cebadero, observamos que la terneza tuvo una valoración superior en la carne procedente del cebadero de Alcaracejos (concentrado más paja), frente a la procedente del cebadero de Almadenejos (mezcla de concentrado, silo de maíz y paja). Sin embargo French *et al.* (2001) no encontraron diferencia en la terneza de la carne procedente de terneros alimentados con diferentes niveles de concentrados. En nuestro trabajo también hay diferencias para los parámetros de untuosidad y de flavor ácido, donde tuvo una puntuación más alta la carne procedente del cebadero de Alcaracejos.

Para el efecto de la maduración existen más características sensoriales en las que podemos ver diferencias significativas. En el olor a vacuno y el olor a grasa, se puede ver que la puntuación fue mayor en la carne madurada durante 21 días. Lo mismo nos encontramos con la terneza, cuyas valoraciones medias fueron mayores en la carne sometida a mayor tiempo de maduración.

En la jugosidad ocurre lo contrario, y la carne con maduración 7 días resultó más jugosa que la de 21 días. Respecto del flavor a hígado vuelve a ser la carne madurada durante 21 días la que obtuvo una mayor puntuación en este atributo sensorial. Monsón *et al.* (2005) encontraron diferencias significativas en la maduración en cuanto a terneza, jugosidad, aceptabilidad global, intensidad de olor a vacuno e intensidad de olor amargo, en el mismo sentido que nuestro estudio.

En la Tabla 126, se muestran los resultados de la réplica del estudio, llevada a cabo con los mismos miembros del panel entrenado, durante el año 2011. Lo que observamos es que, en este segundo año, solo la maduración tuvo

influencia sobre alguna de las variables, ya que para el efecto de la raza y del tipo de cebadero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. El hecho de que en el segundo año no aparezcan tantas diferencias significativas como en el primero, puede ser debido en parte a que los pesos al sacrificio de los animales fueron más homogéneos. Encontramos que los atributos de olor a vacuno, ternera, jugosidad y flavor a hígado, vuelven a verse afectados por el tiempo de maduración, siendo valorados de la misma forma que en el experimento anterior. Así, la carne más madurada obtuvo las mayores puntuaciones para el olor a vacuno, la ternera, y el flavor a hígado, y la carne madurada durante 7 días, fue la más jugosa. Además, en esta réplica, se observaron diferencias significativas para el parámetro de flavor a ácido, que fue mayor en la carne madurada a 21 días.

## Resultados y Discusión

Tabla 126. Valores medios y nivel de significación de las características sensoriales de la carne de vacuno de tres tipos genéticos (Charolesa, Limusina y Retinta), procedentes de dos cebaderos a dos tiempos de maduración. (Año = 2011).

	Tipo genético				Cebadero			Maduración		
	RE	CH	LI	P	Alc	Alm	p	7días	21días	P
Olor a vacuno	5.12	5.23	5.07	ns	5.08	5.19	ns	4.99b	5.28a	***
Olor a lácteo	2.43	2.50	2.30	ns	2.40	2.42	ns	2.35	2.47	ns
Olor a grasa	2.99	3.06	2.94	ns	2.99	3.00	ns	2.97	3.02	ns
Terneza	5.19	4.94	4.82	ns	5.08	4.89	ns	4.43b	5.53a	***
Jugosidad	3.87	3.78	3.97	ns	3.80	3.95	ns	4.06a	3.69b	***
Untuosidad	2.61	2.56	3.71	ns	2.9	2.63	ns	2.61	3.60	ns
Flavor a vacuno	5.05	5.03	5.09	ns	5.05	5.06	ns	5.01	5.16	ns
Flavor a lácteo	2.26	2.30	2.39	ns	2.30	2.33	ns	3.29	3.39	ns
Flavor a grasa	3.33	3.33	3.34	ns	3.38	3.29	ns	3.36	3.31	ns
Flavor a hígado	2.37	2.54	2.51	ns	2.43	2.52	ns	2.24b	2.71a	***
Flavor a ácido	3.41	3.62	3.53	ns	3.50	3.54	ns	3.38b	3.66a	***
Apreciación global	4.63	4.48	4.52	ns	4.54	4.55	ns	4.54	4.54	ns

RE= Retinta; CH= Charolesa; LI= Limusina; Alc= Alcaracejos; Alm= Almadenejos; Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Se observaron diferencias significativas en la interacción entre el efecto año y la maduración para el atributo de la terneza. En ambos años la carne madurada durante 21 días fue más tierna que la de 7 días. No obstante, mirando los valores medios de ambas maduraciones en los dos años, observamos que en

el análisis sensorial del 2011 las puntuaciones fueron menores (4.43 para 7 días y 5.53 para 21 días) que en el experimento realizado en 2010 (5.24 para 7 días y 6.11 para 21 días).

Una vez comentados los resultados obtenidos de los dos experimentos separados por años, se presentan los resultados globales de ambos estudios.

En la Tabla 127 se muestran los valores medios y las desviaciones estándar para cada uno de los tipos genéticos estudiados.

Tabla 127. Valores medios y desviación estándar de las características sensoriales de la carne procedente de las razas Retinta, Charolesa y Limusina.

	Retinta	Charolesa	Limusina
Olor a vacuno	4.77±0.70	4.78±0.68	4.90±0.61
Olor a lácteo	2.48±0.56	2.46±0.55	2.58±0.53
Olor a grasa	2.79±0.47	2.78±0.54	2.86±0.53
Terneza	5.60±1.17a	5.10±1.11b	5.24±1.12b
Jugosidad	4.06±0.69	4.09±0.66	4.03±0.79
Untuosidad	3.21±0.85	3.20±0.76	3.13±0.81
Flavor a vacuno	4.95±0.57	4.98±0.52	4.95±0.50
Flavor a lácteo	2.55±0.61	2.62±0.62	2.64±0.79
Flavor a grasa	3.44±0.45	3.47±0.52	3.46±0.54
Flavor a hígado	2.28±0.54	2.35±0.63	2.35±0.56
Flavor a ácido	3.27±0.68	3.30±0.62	3.37±0.61
Apreciación global	4.41±0.81a	4.17±0.69b	4.25±0.67ab

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Las diferencias significativas se aprecian para el parámetro de la terneza, con una mayor puntuación de la raza Retinta frente a los animales Charolesa y

Limusina. Esta mayor terniza de la carne de raza Retinta, también ha sido encontrada por Campo (1999) donde con una maduración de la carne a 7 y 14 días resulta la segunda más tierna dentro de 7 razas españolas. Sin embargo, Asenjo Martín (1999) no encuentra diferencias entre la terniza de las razas, Charolesa y Serrana.

En cuanto a la apreciación global, la mayor puntuación también la tuvo la carne procedente de la raza Retinta y Limusina, diferenciándose la Retinta de la Charolesa, que obtuvo la apreciación global más baja. Para Campo (1999), la carne de raza Retinta es la mejor valorada en cuanto a apreciación global a 3 y 14 días de maduración, dentro de 7 razas españolas.

No se encuentran diferencias significativas en cuanto a jugosidad en las tres razas, al igual que no las encuentran Santolaria (1993), Mamaqui (1996) y Campo *et al.* (1997).

En la Tabla 128 se observan los valores medios y las desviaciones estándar de todas las características sensoriales analizadas, para los dos tipos de cebaderos utilizados en el estudio.

Podemos observar que sólo aparecieron diferencias significativas para el atributo terniza, siendo la carne procedente del cebadero de Alcaracejos más tierna que la del cebadero de Almadenejos. No obstante, la carne de los dos cebaderos ha sido valorada por las panelistas con una puntuación de la terniza por encima del punto medio de la escala. Sami *et al.* (2004) encontraron diferencias en la terniza de la carne de terneros Simmental alimentados con diferentes sistemas al final del cebo, encontrándose los valores más altos en los finalizados con más cantidad de pienso en los últimos 138 días antes del sacrificio.

Tabla 128. Características sensoriales de la carne procedente de los cebaderos de Almadenejos (unifeed) y Alcaracejos (concentrado + paja).

	Almadenejos	Alcaracejos
Olor a vacuno	4.84±0.68	4.80±0.65
Olor a lácteo	2.55±0.55	2.475±0.55
Olor a grasa	2.80±0.50	2.82±0.53
Terneza	5.14±1.18b	5.49±1.10a
Jugosidad	4.08±0.70	4.03±0.74
Untuosidad	3.14±0.77	3.22±0.84
Flavor a vacuno	4.95±0.55	4.97±0.51
Flavor a lácteo	2.60±0.66	2.61±0.73
Flavor a grasa	3.44±0.50	3.47±0.51
Flavor a hígado	2.36±0.63	2.30±0.52
Flavor a ácido	3.27±0.67	3.35±0.60
Apreciación global	4.25±0.75	4.31±0.71

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Santolaria (1993) y Mamaqui (1996), también observan diferencias significativas en la terneza con efecto sobre la dieta de los terneros.

A diferencia de nuestros resultados, en otros estudios, como los de Oltjem *et al.* (1971) y Young *et al.* (1978), se encontraron diferencias significativas en la jugosidad entre terneros alimentados con forraje o grano. La valoración de jugosidad fue mayor en la alimentación más concentrada.

En la Tabla 129, se muestra cómo afectan los distintos tiempos de maduración sobre los parámetros sensoriales analizados.

Tabla 129. Características sensoriales de la carne a dos tiempos de maduración.

	7 días	21 días
Olor a vacuno	4.66±0.66b	4.97±0.63a
Olor a lácteo	2.47±0.52	2.58±0.56
Olor a grasa	2.76±0.54	2.85±0.49
Terneza	4.87±1.19b	5.76±0.92a
Jugosidad	4.21±0.69a	3.91±0.72b
Untuosidad	3.21±0.81	3.18±0.80
Flavor a vacuno	4.93±0.57	4.99±0.49
Flavor a lácteo	2.57±0.62	2.64±0.75
Flavor a grasa	3.46±0.53	3.45±0.48
Flavor a hígado	2.14±0.54b	2.52±0.56a
Flavor a ácido	3.22±0.61b	3.41±0.66a
Apreciación global	4.30±0.79	4.26±0.67

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

El efecto maduración es el que más influye sobre las características sensoriales de la carne utilizada en el estudio, ya que es en el que más diferencias significativas aparecen. Según se observa en los resultados, la carne madurada durante 21 días presentó mayor olor a vacuno, flavor a hígado y a ácido, y también fue más tierna. Está ampliamente aceptado que el flavor evoluciona con la maduración (Price y Schweigert, 1994; Campo, 1999; Albertí *et al.*, 1999b). Adelino (2002), también encontró un incremento del flavor a hígado con la maduración de la carne, además de un incremento del flavor ácido a partir de los 7 primeros días de maduración. El olor a vacuno aumentó con la maduración, a diferencia de lo ocurrido en el estudio de Catalán (2011), donde fue disminuyendo, posiblemente debido a que en éste estudio la carne se conservó en atmósfera modificada. La carne madurada 21 días fue más

tierna, lo que coincide con diversos autores como Gorraiz *et al.* (1997) y Campo *et al.* (1997).

Por el contrario, la jugosidad fue mayor en la carne madurada durante solo 7 días, como se ha observado en cada uno de los años del estudio. Esto coincide con los estudios de Catalán (2011d), donde la jugosidad de la carne envasada en atmósfera modificada va disminuyendo con los días de maduración, aunque no de forma significativa.

Se encontraron diferencias significativas para la interacción entre la maduración y el cebadero para el flavor a vacuno, a hígado y a ácido, cuyos resultados se muestran en la Tabla 130.

Tabla 130. Valoración media y desviación estándar del flavor vacuno, hígado y ácido de la carne de las razas Retinta, Charolesa y Limusina, procedente de dos cebaderos (Alcaracejos, concentrado + paja, y Almadenejos, unifeed) con dos tiempos de maduración.

	Alcaracejos		Almadenejos	
	7 días	21 días	7 días	21 días
Flavor a vacuno	5.00±0.55ab	0.94±0.47ab	4.85±0.58b	5.04±0.50a
Flavor a hígado	2.18±0.54c	2.42±0.48b	2.10±0.53c	2.61±0.62a
Flavor a ácido	3.33±0.60a	3.37±0.60 <sup>a</sup>	3.10±0.59b	3.44±0.72a

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Podemos observar que la carne procedente del cebadero de Almadenejos, después de 21 días de maduración fue la que obtuvo la mayor presencia de flavor a hígado, diferenciándose de la procedente del cebadero de Alcaracejos y de la carne madurada 7 días. Para el flavor a vacuno se puede ver que la mayor diferencia se encuentra dentro del cebadero de Almadenejos, ya que los panelistas detectaron una mayor intensidad de este flavor en la carne de ese cebadero sometida a una maduración de 21 días. Los animales del cebadero

de Almadenejos, cuya carne fue madurada durante 7 días, resultaron ser los que menos flavor a ácido tenían, aunque para todos los grupos experimentales, la valoración fue inferior al punto medio.

### 5.4.2. Análisis sensorial con consumidores.

En la Tabla 131, se muestra el conjunto de los tres efectos y sus interacciones para las tres características sensoriales valoradas por los consumidores. Se destaca la influencia significativa de todos ellos sobre la terneza y la aceptabilidad general. Podemos deducir que existen claras diferencias según el cebadero y el tiempo de maduración, especialmente en cuanto a la aceptabilidad de la terneza. Esto es importante, ya que según diversos autores, la dureza es el factor más importante en la percepción de la calidad de la carne por parte de los consumidores (Szczesniak y Kleyn, 1963; Dransfield *et al.*, 1979; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savell *et al.*, 1989; Szczesniak, 1990; Shackelford *et al.*, 1992; Devine *et al.*, 1993; Miller *et al.*, 1995; Boleman *et al.*, 1997).

Por otro lado, es para el atributo del sabor donde aparecen menos diferencias significativas o el valor de F es inferior.

Monsón *et al.* (2005), en un estudio de cuatro razas y distintos tiempos de maduración, encontraron que la terneza era la única característica afectada por la raza (en nuestro estudio también la aceptabilidad general), mientras que el tiempo de maduración y la interacción entre tiempo de maduración y raza afectaba a todos los parámetros analizados, lo que coincide con nuestro trabajo.

Tabla 131. Efecto de la raza, el tipo de cebadero y la maduración sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores.

Aceptabilidad	Raza	Cebadero	Maduración	R x C	R x M	C x M
General	7.34**	84.12***	115.15***	2.63t	20.58***	23.10***
Terneza	22.93***	116.98***	218.06***	4.75**	36.09**	23.25***
Sabor	ns	43.47***	28.88***	Ns	9.10***	4.14*

C= cebadero; M= maduración; R= raza; R x C= interacción raza x cebadero; R x M= interacción raza x maduración; M x C= interacción maduración x cebadero. La interacción M x C x R no se muestra por no haber diferencias significativas. ns  $\geq 0.1$ ; \*p  $\leq 0.05$ ; \*\*p  $\leq 0.01$ ; \*\*\*p  $\leq 0.001$ .

A continuación en la Tabla 132 se muestra el efecto de la raza sobre las características sensoriales valoradas por los consumidores.

Tabla 132. Efecto del tipo genético sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores (medias y desviaciones típicas).

Aceptabilidad	Retinta	Charolesa	Limusina
General	6.43 $\pm$ 1.75a	6.34 $\pm$ 1.72ab	6.25 $\pm$ 1.78b
Terneza	6.39 $\pm$ 1.96a	6.13 $\pm$ 1.99b	6.03 $\pm$ 2.00b
Sabor	6.56 $\pm$ 1.61	6.53 $\pm$ 1.56	6.48 $\pm$ 1.63

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (p  $\leq 0.05$ ).

Se observa que el atributo del sabor no está afectado por el tipo racial, pero sí la aceptabilidad general y de la terneza. En cuanto a la aceptabilidad general, los consumidores valoraron mejor la carne de la raza Retinta en comparación con la de la raza Limusina, de la misma manera que lo hizo el panel entrenado. La misma situación nos encontramos al observar la aceptabilidad de la terneza pero con una diferencia de puntuación frente a ambos grupos de animales, los grupos raciales de Charolesa y Limusina. Campo *et al.* (1999) no encontraron

diferencias entre cuatro grupos raciales en la apreciación global pero sí en la ternura. De esta forma, a los 7 y 10 días de maduración las razas de crecimiento rápido (Pirenaica y Rubia Gallega) fueron las de carne más tierna siendo las rústicas (Avileña-Negra Ibérica, Morucha y Retinta) las más tiernas a los 14 días de maduración.

No obstante, la puntuación de todas las muestras de nuestro estudio está por encima de 6, dentro de una escala de 9 puntos, lo que indica que la carne fue bien aceptada.

Según los datos de la Tabla 133, observamos que el tipo de cebadero influye sobre las características sensoriales evaluadas por los consumidores. Existe una clara diferencia entre los dos cebaderos, siendo el de Alcaracejos el preferido en cuanto a la aceptabilidad general, de la ternura y del sabor. Sin embargo, French *et al.* (2000), no encuentran diferencias significativas en cuanto a aceptabilidad general y ternura en terneros de raza Charolesa y Limusina con 6 dietas diferentes.

Tabla 133. Efecto del cebadero sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores (medias y desviaciones estándar).

	Unifeed	Pienso+Paja
Aceptabilidad General	6.17±1.83b	6.52±1.65a
Ternura	5.95±2.08b	6.42±1.87a
Sabor	6.40±1.65b	6.64±1.55a

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En la Tabla 134 se muestran los valores medios y desviaciones estándar del efecto que ejerce la maduración sobre las características sensoriales valoradas por el panel de consumidores.

Tabla 134. Efecto de la maduración sobre las características sensoriales en la prueba de consumidores (medias y desviación estándar).

	7 días	21 días
Aceptabilidad General	6.13±1.84b	6.55±1.93a
Terneza	5.86±2.09b	6.51±1.83a
Sabor	6.43±1.64b	6.62±1.55a

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Como ya se ha comentado con anterioridad, la maduración ejerce un claro efecto sobre las variables estudiadas, y se observa que la carne con un tiempo de maduración de 21 días es preferida por los consumidores, frente a la madurada durante 7 días. En el caso de la aceptabilidad de la terneza esta diferencia es más acentuada que para el resto de atributos valorados.

Este mismo efecto es encontrado por los consumidores en el trabajo de Monsón *et al.* (2005), donde el tiempo de maduración afecta a la terneza, incrementándose significativamente a lo largo del tiempo.

French *et al.* (2001) encontraron que los atributos sensoriales de terneza y aceptabilidad general de la carne mejoraban con la maduración a los días 7 y 14.

Puesto que se observaron muchas diferencias significativas, se hizo un estudio de clusters para encontrar nichos de consumidores significativamente distintos. Así obtuvimos los resultados que aparecen en la Tabla 135. En ellos vemos que aparecen 4 grupos o sectores distintos, que se diferencian por la distinta influencia del efecto de tipo genético (raza), tipo de cebadero o maduración sobre el atributo de aceptabilidad general.

## Resultados y Discusión

Tabla 135. Valor F y significación de los efectos raza, cebadero y maduración sobre la aceptabilidad por parte del panel de consumidores (n=500).

	n_(%)	Raza	C	M	RxC	RxM	CxM	RxCxM
Cluster1	28.4	18.48***	31.15***	ns	6.48**	2.55t	ns	13.02***
Cluster2	17.2	ns	148.49***	178.68***	8.74**	6.98**	91.40***	4.96**
Cluster3	19.8	ns	30.92***	15.99***	5.72**	3.91t	4.11t	3.48t
Cluster4	34.6	4.95**	ns	136.96***	3.53**	26.64***	ns	5.59**

C= cebadero; M= maduración; R= raza; R x C= interacción raza x cebadero; R x M= interacción raza x maduración; Md x C= interacción maduración x cebadero; R x C x M= interacción raza x cebadero x maduración. ns  $\leq$  0.1; \*p  $\leq$  0.05; \*\*p  $\leq$  0.01; \*\*\*p  $\leq$  0.001.

De este análisis podemos deducir que existe una mayor influencia del tipo de cebadero y del tiempo de maduración para los cluster estudiados, puesto que para tres de ellos se encontraron diferencias significativas. Para el factor de la raza sólo dos de los cuatro clusters se vieron afectados por este efecto.

En la Tabla 136 se analizan los valores medios de los distintos nichos descritos anteriormente, según el tipo genético, el cebadero utilizado y el tiempo de maduración. Lo que se observa aquí es el comportamiento de los diferentes clusters frente a los efectos estudiados. Observamos que dentro de los clusters 1 y 4, donde fue significativo el tipo genético, la raza Retinta obtuvo mejor valoración que el resto. Igualmente, se puede apreciar que la carne procedente del cebadero de Alcaracejos (concentrado + paja) fue la mejor valorada, especialmente por los consumidores de los clusters 1, 2 y 3, que fueron los que le dieron mayor importancia a este factor. El tiempo de maduración también fue importante en tres de los cuatro nichos de población. En este caso el comportamiento difiere de unos a otros, siendo para los clusters 2 y 4 mejor aceptada la carne cuya maduración fue de 21 días, y para el cluster 3 la que se maduró durante sólo 7 días.

Tabla 136. Valores medios y desviación estándar de los efectos del tipo genético, cebadero (Alcaracejos, concentrado + paja; Almadenejos, unifeed) y maduración sobre la aceptabilidad por parte del panel de consumidores.

	Raza			Cebadero		Maduración	
	Retinta	Charolesa	Limusina	Alcaracejos	Almadenejos	7d	21d
Cluster1	7.04±1.32a	6.95±1.30a	6.64±1.55b	7.03±1.30a	6.72±1.48b	6.86±11.38	6.89±1.43
Cluster2	6.34±1.91	6.45±1.69	6.11±1.92	6.84±1.47a	5.76±2.02b	5.71±2.01b	6.89±1.44a
Cluster3	6.06±1.73	6.06±1.82	6.15±1.86	6.34±1.69a	5.84±1.87b	6.27±1.71a	5.91±1.87b
Cluster4	6.20±1.85a	5.94±1.84b	6.07±1.80ab	6.03±1.80	6.10±1.87	5.68±1.96b	6.46±1.61a

Medias y desviación estándar con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a la composición de los clusters podemos decir que fueron bastante homogéneos, ya que el porcentaje de hombres y mujeres estuvo en torno al 50% en cada uno de ellos, a excepción del cluster 2, donde hubo un predominio de mujeres (60.5%) frente a hombres (39.5%). Si analizamos los grupos de edad que hay en cada cluster, no se encuentran diferencias destacables. Teniendo en cuenta que la selección de los consumidores se hizo acorde a las proporciones por grupos de edad que se encuentran en la población española, la composición que encontramos dentro de los clusters, respecto a este criterio, va acorde con dichas proporciones.



## Capítulo 6. Conclusiones.



En base al material y metodología utilizados y a los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos establecer las siguientes conclusiones:

1.- El sistema de cebo concentrado + paja es el más recomendable desde el punto de vista productivo y de calidad y aceptabilidad de la carne.

2.- La ecografía *in vivo* es una herramienta útil para la predicción de características de la canal relacionadas con su composición en músculo y grasa. El espesor de grasa dorsal y el área del músculo *Longissimus thoracis* pueden predecirse con una fiabilidad aceptable hasta 2 meses antes del sacrificio, mientras que la predicción del contenido en grasa intramuscular o marmoreo debe realizarse en la semana previa al sacrificio.

3.- La raza Limusina fue la más interesante, desde el punto de vista productivo, de las características de la canal y del análisis instrumental de la carne, por aunar la mayor cantidad de efectos positivos en cuanto a calidad se refiere.

4.- La raza Retinta fue la que presentó mejor aceptación de la carne por parte de los consumidores.

5.- La maduración tuvo un efecto beneficioso tanto en las características instrumentales de la carne como en las sensoriales, recomendándose un periodo mínimo de maduración de 14 días.



## Capítulo 8. Bibliografía.



- Aass**, L., Gresham, J.D., Klemtsdal, G. 2006. Prediction of intramuscular fat by ultrasound in lean cattle. *Livestock Science*, 101(1-3), 228-241.
- Aass**, L., Fristedt, C.G., Gresham, J.D. 2009. Ultrasound prediction of intramuscular fat content in lean cattle. *Livestock Science*, 125(2-3), 177-186.
- Ackerman**, D. 1990. A natural history of senses. Random House, New York.
- Adelino**, ES. 2002. Tesis Doctoral. Influencia de la raza y del peso vivo al sacrificio sobre la evolución de la calidad de la carne bovina a lo largo de la maduración.
- Albertí**, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Lahoz, F., Jaime, J., Tena, R. 1992. Efecto del empleo de alfalfa deshidratada en dietas de cebo de terneros sobre la calidad de la canal y de la carne. *ITEA*, 88 A (2): 158-168.
- Albertí**, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Lahoz, F., Olleta, J.L., Campo, MM. 1995. Características de la canal y calidad de la carne de añojos de la raza Retinta. *Archivos de Zootecnia*, 44, 283-293.
- Albertí**, P., Sañudo, C. 1997. Tipificación y factores que afectan a la calidad de la canal y de la carne de terneros Asturianos, Avileños, Moruchos, Pardos, Pirenaicos, Retintos y Rubios Gallegos. Informe final del proyecto INIA SC 93-053.
- Albertí**, P., Sañudo, C., Campo, MM., Panea, B. Ollea, J.L., Santolaria, P., Nute, G. 1998. Influencia del tipo racial en las características organolépticas de la carne de terneros españoles. *Revista portuguesa de Zootecnia*, 1. 39-46.
- Albertí**, P., Lahoz, F., Sañudo, C., Ollea, JL. 1999. Producción y rendimiento de distintas razas bovinas españolas. *Informaciones Técnicas del departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la Diputación General de Aragón*, 68. 1-7. Ed. Diputación General de Aragón.
- Albertí**, P., Lahoz, F., Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M. y Panea, B. 1999b. Características productivas de siete razas bovinas españolas. *Feagas*, 16. 26-34.
- Albertí**, P., Lahoz, F., Tena, R., Jaime, S., Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B., Pardos, J.J. 2001. *Informaciones Técnicas de la Dirección General de Tecnología Agraria*, 101.15. Ed. Diputación General de Aragón.

**Albertí, P., Ripoll, G., Goyache, F., Lahoz, F., Olleta, J.L., Panea, B., Sañudo, C.** 2005. Carcass characterisation of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. *Meat Science*, 71, 514-521.

**Albertí, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., Ripoll, G., Ertbjerg, P., Christensen, M., Gigli, S., Failla, S., Concetti, C., Hocquette, J.F., Jailler, R., Rudel, S., Renand, G., Nute, G.R., Richardson, R.I., Williams, J.L.** 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science*, 114, 1, 19-30.

**Albertí, P., Ripoll, G., Panea, B., Casasús, I., Joy, M., Congost, S., Vallés Pérez, M.** 2010. Utilización de sistemas de cebo basados en ensilados y forrajes unifeed como alternativa al sistema de cebo a pienso; efecto en los parámetros productivos y en la calidad de la carne. Ed. Gobierno de Aragón. Pág. 5.

**Albrecht, E., Teuscher, F., Ender, K., Wegner, J.** 2006. Growth-and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, 84(5), 1067-1075.

**Aldai, N., Nájera, A.I., Martínez, A., Celaya, R., Osoro, K.** 2007. Correlation between carcass conformation and fat cover degree, and muscle fatty acid profile of yearling bulls depending on breed and mh-genotype. *Livestock Science*, 107, 199-212.

**Alhasan, W.S., Buchanan-Smith, H.J.G., Usborne, W.R., Ashton, G.C., Smith, G.C.** 1975. Predicting empty body composition of cattle from carcass weight and rib cut composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 55, 369-376.

**Aljama, P.** 1982. La raza Retinta. Publicado por Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba. Córdoba.

**Allen, P.** 1990. New approaches to measuring body composition in live meat animals. Wood J.D., Fisher A.V. editors. Reducing fat in meat animals. London (UK): Elsevier Applied Science Publisher Limited, 201-253.

**Anderson, N.H.** 1974. Algebraic models in perception. *Handbook of Perception*. Vol.2. Eds. E.C. Carterette y M.P. Friedman. Academic Press, New York.

**Anzaldúa-Morales.** 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

**Asenjo, B.** 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 charoles y serrana soriana. Tesis doctoral. Valladolid.

**Ashmore, C.R., Doerr, L.** 1971. Postnatal development of fiber types in normal and dystrophic skeletal muscle of the chick. *Experimental Neurology*. 30, 431-438.

**Asociación** de Criadores de Ganado Vacuno Charolés de España. 2013. ([www.asociaciondecharoles.com](http://www.asociaciondecharoles.com)).

**Asociación** Nacional de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de Raza Retinta. 2015. [www.retinta.es](http://www.retinta.es).

**Aunan, W.J., Winter, J.M.** 1952. A method for measuring the proportion of fat and lean tissue in swine carcasses. *Journal of Animal Science*, 11, 317-321.

**Bailey, A.J.** 1972. The basis of meat texture. *Journal of Agricultural Science*, 23, 995-1007.

**Baker, M.J., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Henning, W.R., Ketchen, D.J.** 2006. Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. *Journal of Animal Science*, 84(10), 2666-2672.

**Bakker, H., Koops, W.J.** 1978. De Boher, H and Martin, J editors. *Patterns of Growth and Development in Cattle*. Martinus Nijhoff, The Hague, pág 705.

**Banskalieva, V. Sahlu, T., Goetsch, A.** 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots. *Small Ruminant Research*, 37, 255-268.

**Barriada, M.** 1985. Efecto del manejo postdestete y peso de sacrificio en las características de la canal y calidad de la carne de terneros de la raza Asturiana de los Valles. Tesis Doctoral. CIATA. Asturias.

**Barriada, M.** 1995. Variables que determinan la calidad de la canal y de la carne en vacuno. *Bovis* Octubre, 66, 95-111.

**Barton-Gade.** 1988. The effect of breed on meat quality characteristic in pigs. Proceedings 34<sup>o</sup> international Congress of Meat Science and Technology. Brisbane, Australia. 56-570.

**Beef Carcass Grading Reference.** 1997. Canadian Beef Grading Agency. Calgary. [www.telusplanet/public/cbga](http://www.telusplanet/public/cbga).

**Beltrán,** J.A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C., Albertí, P., Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high post mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45, 201-207.

**Bendall,** J.R. 1979. Relations between muscle pH and important biochemical parameters during the post mortem changes in mammalian muscles. *Meat Science*, 3, 143-157.

**Benito,** J., López de Torre, G., Martín, M., Vasco, P., Ferrera, J.L. 1979. Comparación entre el cebo de terneros en establo y el cebo en praderas con suplementación a base de expandido. Instituto Nacional Investigación Agraria Servicio Producción Animal, 10,159.

**Benito,** J., López de Torre, G., Martín, M., Vasco, P., Ferrera, J.L. 1982. Efecto del cruzamiento industrial y de la semicastración en los resultados del cebo de terneros. *Anal. INIA*, 15, 19-24.

**Berg,** R.T., Butterfield, R.M. 1968. Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *Journal of Animal Science*, 27, 611.

**Berge,** P., Kuypers, R., Kurth, L.B. 1997. Collagen crosslink profile and meat texture in two beef muscles. 43th International Congress Of Meat Science and Technology, 548-549.

**Bergen,** R.D., Miller, S.P., Mandell, I.B., Robertson, W.M. 2005. Use of live ultrasound, weight and linear measurements to predict carcass composition of young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science*, 85, 23-35.

**Beriáin,** M.J., Lizaso, G. 1998. Calidad de la carne de vacuno. *Vacuno de Carne: Aspectos Claves* (Cood. Buxadé, C.), 495-510. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

**Bernués, A., Olaizola, A., Corcovan, K.** 2003. Labelling information demanded by European consumers and relationships with purchasing motives, quality and safety of meat. *Meat Science*, 65 (3), 1095-1106.

**Birnbaum, M.H.** 1982. Problems with so-called "direct" scaling. *Problems and Approaches to Hedonics*. Kuznicki, J.T., Johnson, R.A., Rutkiewick, A.F. American Society for Testing and Material. Philadelphia, Pennsylvania.

**Bitnes, J., Martens, H., Ueland, O., Martens, M.** 2007. Longitudinal study of taste identification of sensory panelist: Effect of Ageing, Experience and Exposure. *Food Quality and Preference*, 18, 230-241.

**Bitnes, J., Ueland, O., Muller, PM. y Martens, M.** 2009. Reliability of sensory assessors: issues of complexity. *Journal of Sensory Studies*. 24, 25-40.

**Boccard, R. Dumond, B.L., Peiron, C.,** 1964. Étude de la production de la viande chez les ovins. VIII. Relations entre les dimensions de la carcasse, d'agneau. *Annales de Zootechnie*, 13 (4), 367-378.

**Boccard, R. Dumond, B.L., Lefebvre, J.** 1976. Étude de la production de la viande chez les ovins. X. Relations entre la composition anatomique des différentes régions corporelles de l'agneau. *Annales de Zootechnie*, 25(1), 95-110.

**Boccard, R., Bordes, P.** 1986. Caractéristiques qualitatives et technologiques des viandes bovines: influence des facteurs de production. *Production Des Viandes Bovines*. 61-84. INRA, Paris.

**Boer, H., Dumont, B.L., Pomeroy, R.W., Weniger, J.H.** 1974. Manual on E.A.A.P. Reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livestock Production Science*, 1, 151-164.

**Boleman, S.J., Boleman, S.L., Miller, R.K., Taylor, J.F., Cross, H.R., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., Johnson, D.D., Savell, J.W.** 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal Animal Science*, 75, 1521-1524.

**Bondesan, V., Ramzin, M., Simonetto, A., Bonsembiante, M.,** 1998. Meat quality traits of "Garonaise" crossbreed young bulls. 44<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. 282-283.

**Bosselman**, A., Möler, C., Steinhart, H., Kirchgessner, M., Schwarz, F.J. 1995. Pyridinoline Cross-links in bovine muscle collagen. *Journal of Food Science*, 60, 953-958.

**Bouton**, P.E., Harris, P.V. 1972. The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. *Journal of Food Science*, 37 (1), 140-144.

**Breier**, G., Bucan, M., Francke, U., Colberg-Poley, A.M., Gruss, P.1986. Sequential expression of murine homeo box genes during F9 EC cell differentiation. *EMBO Journal*. 5, 2209–2215.

**Breier**, B.H., Sauerwein, H. 1995.Regulation of growth in ruminants by the somatotropic axis. Engelhard, W., Leonhard-Marek, S., Breves, G., Giesseke, D. Editors. *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction*. Enke Verlag. Stuttgart, Germany, 102-123.

**Brethour**, J.R. 1992. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *Journal of Animal Science*. 70:1039-1044.

**Brethour**, J.R. 2000. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 78(8), 2055-2061.

**Brody**, S. 1945 *Bioenergetics and growth*. Reinhold publishing corporation. New York. pag. 1023.

**Brown**, J.E, Fitzhugh, HA., Cartwright TC. 1976 A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal Animal Science* 42(4): 810-818.

**Bruns**, K.W., Pritchard, R.H., Boggs, D.L. 2004. The relationship among body weight, body composition, and intramuscular fat content in steers. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1315-1322.

**Brusenber**g, A., McDonald-Philp, D. 2002. Focus groups to support the industrial product designer: a review based on current literature and designers´feedback. *Applied Ergonomics* 33(1), 27-38.

- Buxadé, C.** 1995. Zootecnia, Bases de Producción Animal. Tomo IV. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 153-180.
- Buxadé, C.** 1997. Vacuno de carne: aspectos claves. Ed. Mundi Prensa, Madrid. España.
- Byrne, D.V., Bredie W., Nartens, M.** 1999a. Development of a sensory vocabulary for warmed-over flavour: Part II in chicken meat. *Journal of Sensory Studies* 14: 67-78.
- Byrne, D.V., Bak, L., Bredie, WLP., Bertelsen, G., Martens, M.** 1999b. Development of a sensory vocabulary for warmed-over flavour: Part I in porcine meat. *Journal of Sensory Studies*.14, 47-65.
- Cabrero, M.** 1991. Factores que definen las características cualitativas de la carne. *Bovis* 38, 39-70.
- Calsamiglia, S.** 2000. Nuevos avances en el manejo y alimentación de la vaca durante el parto. XVI Curso de Especialización FEDNA. Pág. 15.
- Campo, M.M. Sañudo, C., Albertí, P. Olleta, JL. Panea, B., Guerrero, L.** 1997. Efecto de la maduración sobre la calidad sensorial de la carne de 7 razas bovinas españolas. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 775-777.
- Campo, M.M., Sañudo, C., Panea, B., Alberti, P., Santolaria, P.** 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51, 383-390.
- Campo, M.M.** 1999. Tesis Doctoral. Zaragoza. Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración.
- Campo, M.M. Panea, B., Olleta, J.L., Sañudo, C. Beltrán, JA., Piedrafita, J.** 1999c. Características texturales de siete razas-sistemas de producción españoles. ITEA volumen extra, 20:20-22.
- Campo, M.M., Santolaria, P., Sañudo, C., Lepetit, J., Olleta, JL., Panea, B., Albertí, P.** 2000. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 55, 371-378.

**Campo**, M.M. 2005a. Consumidores. En Cañeque, V. y Sañudo, C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid. Monografía INIA: Serie ganadera nº 1, 409-422.

**Campo**, M.M. 2005b. Consumidores. En: Cañeque, V. y Sañudo, C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid. Monografía INIA: Serie ganadera nº 1. 412-415.

**Carleos**, C.E., Villa, A., Cañón, J., Baro de la Fuente, J.A. 2007. Uso de ultrasonidos para la predicción del valor de la canal de la raza Asturiana de los Valles. Archivos de Zootecnia. 56 (Sup. 1), 687-692.

**Carpenter**, C.E., Cornforth, D.P., Whittier, D. 2001. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. Meat Science 57, 359-363.

**Catalán**, O. 2011. Tesis Doctoral. Zaragoza. Estrategias para mejorar la rentabilidad de las explotaciones de vacuno de cebo.

**Cañeque**, V., Sañudo C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. 5.2. 206-215; 5.3. 216-225; 5.6. 243-250; 6.5. 309-310.

**Cepero**, R., Sañudo, C. 1996. Definición y medición de las características de la calidad sensorial de la carne de ave. Jornadas Técnicas de Avicultura. Arenys de Mar.10, 13.

**Chambaz**, A., Scheeder, M.R.L., Kreuzer, M., Dufey, P.A. 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. Meat Science, 63(4), 491-500.

**Chambaz**, A., Kreuzer, M. Martín, RL., Scheeder, MRL., Dufey, PA.2001.Characteristics of steers of six beef breeds fatness from eight months of age and slaughtered at a target level of intramuscular fat. Arch. Tierz, Dummerstorf 44. 5, 473-488.

**Chrystall**, B. 1999. Meat texture measurement. Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. Advances in Meat Research

Series (Editores Pearson A.M. & Dutson, T.R.), 316-336. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland, USA.

**CIE**.1978. International Commission on Illumination, recommendations on uniform color spaces, color, difference equations, psychometric color terms. CIE publication. Bureau Central de la CIE, Paris, France.

**CIE** (Commission International de l'Eclairage).1986. Colorimetry, 2nd .Viena.

**CIE** (Commission International de l'Eclairage).1987.International lighting vocabulary. Viena. CIE. Publication nº 17.4.

**Colomer-Rocher**, F., Delfa, R., Sierra, I. 1988. Métodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea, según los sistemas de producción. Cuadernos INIA, 17, 19-41.

**Colomer-Rocher**, F., Morand-Fehr, P., Kirton, A.H. 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. Livestock Production Science, 17, 149-159.

**Cooke**, D.W.I., Monahan, F.J., Brophy, P.O., Boland, M.P. 2004. Comparison of concentrates or concentrate plus forages in a total mixed ration or discrete ingredient format: effects on beef production parameters and on beef composition, colour, texture and fatty acid profile. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 43, 201-216.

**Costell**, E., Durán, L. 1981. El análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos. I. Introducción. II. Planteamiento y planificación: selección de pruebas. III. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico. IV. Realización y análisis de datos. Revista de Agroquímica y Tecnología Alimentaria. 21(4), 454-475.

**Cozzi**, G., Brscic, F., Boukha, A., Tenti, S., Gottardo, F. 2010.Comparison of two feeding finishing treatments on production and quality of organic beef.Italian Journal of Animal Science 2010. Volumen 9. E 77.

**Crews**, D.H., Kemp, R.A. 2001. Genetic parameters for ultrasound and carcass measures of yield and quality among replacement and slaughter beef cattle. Journal of Animal Science, 79(12), 3008-3020.

**Cross**, H.R., Carpenter, Z.L., Smith, C.C. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*. 38, 998-1003.

**Cross**, H.R., Whittaker, AD.1992. The role of instrument grading in a beef value-based marketing system. *Journal of Animal Science*, 70, 984-989.

**Cross**, H.R., Belk, K.E.1994. Objective measurement of carcass and meat quality. *Meat Science*, 36,191-202.

**Crouse**, J.D., Cross, H.R., Seideman, S.C. 1985. Effects of sex condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. *Journal of Animal Science*, 60. 1228-1234.

**Culler**, R.D., Parris, J.R., Smith, G.C., Cross, H.R. 1978. Relationships of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine Longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43 (4): 1177-1180.

**Cummins**, B. Keane, M.G. O'Kiely, P. Kenny, D.A. 2007. Effects of breed type, silage harvest date and pattern of offering concentrates on intake, performance and carcass traits of finishing steers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 46, 149-168.

**Daley**, C., Abbott, A., Doyle, P., Nader, G., Larson, S., 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutr. J.*,9, 1-10.

**Damergi**, C., Picard, B., Geay, Y., Robins, S.P., 1998.Effects de la modulation de la croissance entre 9 et 16 mois sur les caractéristiques du collagène intramusculaire chez le bovin *Proceedings of International Simposyum "Basis of the quality of typical Mediterranean animal products"* EAAP publication nº 90 465-470.

**Das Graças** Padre, R., Aricetti, J.A., Moreira, F.B., Mizubuti, I.Y., do Prado, I.N., Visentainer, J.V., de Souza, N.E., Matsushita, M. 2006. Fatty acid profile and chemical composition of Longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. *Meat Science*, 74(2), 242–248.

- Davidson**, V.J., Sun W. 1998. A linguistic method for sensory assessment. *Journal of Sensory Studies*. 13: 315-330.
- De Blas**, C., García-Rebollar, P., Cambra López, M., Torres, AG. 2013. El Cebo de Terneros en España. Una actividad respetuosa con el medio ambiente. Pág. 32.
- De Boer**, H., Dumont, BL., Pomeroy, RW., Weniger, JH. 1974. *Livestock Production Science*, 1, 151-164.
- De Smet**, S., Raes, K., Demeyer, D., 2004. Meat fatty acid composition as affected by genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53, 81–98.
- Delfa**, R., Teixeira, A., Gonzalez, C., Tor, M., Gosalvez, LF. 1998. Espesores de grasa, músculo y peso de la canal fría como predictores de la composición de la canal y de los diferentes depósitos adiposos del cuerpo de cabras adultas. XXIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 145-149.
- Departamento** de Agricultura del Gobierno de Aragón. 2001. Producción y rendimiento carnicero de siete razas bovinas españolas faenadas a distintos pesos.
- Destefanis**, G. Barge, MT., Brugiaplaga, A. 1996. Meat quality in four muscles of hypertrophied Piemontese and Belgian Blue and White Young Bulls. 42th International Congress of Meat Science. 298-299.
- Devine**, C.E., Graafhuis, A.E., Muir, P.D. Chrystall, B.B. 1993. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*. 35, 63-77.
- Dransfield**, E., Geoffrey, R., Nute, G.R., McDougall, D.B., Rhodes, D.N. 1979. The effect of breed on eating quality of cross breed lambs. *J. Sci. Food Agric.* 30, 805-808.
- Dransfield**, E. 1993. Modelling post mortem tenderisation-IV: role of calpains and calpastatin in conditioning. *Meat Science*, 34:217-234.
- Dransfield**, E., 1994. Tenderness of meat, poultry and fish. En: *Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products* (Pearson A.M. y Dutson. Eds.). Blackie Academic and Professional (Chapman and Hall), London. 289-315.

**Du Plessis**, I., Hoffman, L.C., 2004. Effect of chronological age of beef steers of different maturity types on their growth and carcass characteristics when finished on natural pastures in the arid sub-tropics of South Africa. SA Journal Animal Science, 34, 1-12.

**El Karim**. A.I.A., Owen, J.B., Whitaker, C.J. 1988. Measurement of slaughter weight, side weight, carcass joints and their association with carcass composition of two types of Sudan Desert Sheep. Journal of Agricultural Science, 110, 1, 65-69.

**Espejo**, M., García, S., López, MM., Izquierdo, M., Cosela, A. 1998. The influence of genotype and feeding system in meat quality parameters of pure Retinto, Charolais\*Retinto and Limusin\*Retinto male calves Proceedings of 44 th International Congress of Meat Science. 302-303.

**Faustman**, C., Cassens, R.G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. Journal of Muscle Foods. 1:217-239.

**Federación** española de Limusín, 2015. [www.razalimusin.org](http://www.razalimusin.org).

**FEAGAS**, Federación española de criadores de Ganado selecto.2014. [www.feagas.com](http://www.feagas.com).

**Ferguson**, D.M. 1989. Evaluation of the efficacy of real time ultrasound for predicting carcass lean in pork and beef preliminary results. In: Brownlie LE, Hall WJA, Fabianson SU, editors. The automated measurement of beef. Sydney, Australia: Australian Meat and Livestock Corporation. 165-173.

**Ferreira**, M.A. Valadares Filho, SC. Barbosa, W.A. 1998. Efeito do nível de concentrado sobre o peso dos órgãos internos e conteúdo gastrointestinal de bovinos de corte. Paper presented at the Reunião Annual da Sociedade brasileira de Zootecnia,

**Field**, R.A. Schoonover, C.O. 1967. Equations for comparing Longissimus dorsi área in Bulls of different weight. Journal of Animal Science. 26, 709.

**Field**, R.A., Riley MC., Chang YO. 1971. Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. Journal of Food Science.36, 611-616.

**Fiems**, L.O., Van Caelenbergh, W., Vanacker, J.M., De Campeneere, S., Seynaeve, M. 2005. Prediction of empty body composition of double-muscling beef cows. *Livestock Production Science*, 92, 249-259.

**Flórez Díaz**, H. 2008. Evaluación del crecimiento, calidad de la canal y cortes de carne en cinco grupos raciales bovinos de la orinoquia colombiana. CI La Libertad.

**Font**, M.I.F, García Macías, A., Guerrero, L., Oliver, M.A. 1995. Calidad de la canal y de la carne de los tipos genéticos Bruna dels Pirineus y Charolais x Bruna en condiciones de producción de montaña. VI Jornadas sobre Producción Animal. ITEA (Información Técnica Económica Agraria). 600-602.

**Forrest**, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A. 1979. Fundamentos de ciencia de la carne. Editorial Acribia, Zaragoza, 364.1017-1026.

**Franco**, J. 1997. Características productivas, calidad de la canal y calidad instrumental de la carne de 7 razas bovinas españolas. Tesis Máster, CIHEAM, Zaragoza.

**Franco**, J., Feed, O., Gimeno, E., Aguilar, I., Avendaño, S. 2002. Como cambia el rendimiento cárnico de los cruzamientos. Seminario de Actualización técnica: Cruzamientos en Bovinos para Carne. Resultados FPTA 083. Serie de actividades de difusión 295. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Tacuarembó. Uruguay.

**French**, P., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J. Caffrey, P.J., Mooney, M.T., Troy, D.J., Moloney, A.P. 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57. 379-386.

**García-de-Siles**, J.L., Wilson, L.L., Ziegler, J.H., Watkins, J.L. 1982. The effects of slaughter age on growth and carcass traits in an intensively managed crossbred beef herd. *Livestock Production Science*, 9, 375-388.

**García Faure, R.** 1998. Different concepts of quality and its economic implications. Proceedings of International Simposyum "Basis of the quality of typical mediterranean animal products". EAAP publication, nº 90: 30-34.

**Geary, T.W., McFadin, E.L., MacNeil, M.D., Grings, E.E., Short, R.E., Funston, R.N. Kislner, D.H.** 2003. Leptin as a predictor of carcass composition in beef cattle. *Journal of Animal Science* 81, 1-8.

**Geay, Y., Béranger, C.** 1969. Estimation de la composition de la carcasse de jeunes bovins a partir de la composition d'un morceau monocostal au niveau de la 11<sup>a</sup> côte. *Annales de Zootechnie*, 18, 1, 65-77.

**Generalidadesdeganaderiabovina.blogspot.com.** 2013. La raza Charolesa.

**Gompertz B.** 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode on determining the value of live contingencies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London* .115, 513-585.

**Gorraiz, C. Chasco, J., Beriain, M.J., Insausti, K., Lizaso, G., Horcada, A.** 1997. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 769-771.

**Gotoh, T., Albrecht, E., Teuscher, F., Kawabata, K., Sakashita, K., Iwamoto, H., Wegner, J.** 2009. Differences in muscle and fat accretion in Japanese Black and European cattle. *Meat Science*, 82(3), 300–308.

**Grajales, A.** 1999. Interacciones mecánicas entre las fibras de colágeno y las fibras musculares en la carne durante el calentamiento. Tesis doctoral. Universidad Blaise Pascal INRA Thex.

**Grau, R., Hamm, R.** 1953. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung im muskel. *Naturwissenschaften* 40, 29-30.

**Green, E.B., Hsin, I.M., Zipser, M.W.** 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *Journal of Food Science* 36, 940-942.

**Greiner, S.P., G.H. Rouse, D.E. Wilson, L.V. Cundiff, T.L. Wheeler.** 2003a. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 81, 676–682.

- Greiner**, S.P., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Cundiff, L.V., Wheeler, T.L. 2003 b. Prediction of retail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 81(7), 1736-1742.
- Guerrero**, L. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. 8.1, 397-408.
- Guilford**, J.P. 1954. *Psychometric Methods*. 2nd edition. McGraw-Hill, New York.
- Guinard**, J.X. 1994. The human as a testing instrument. 47<sup>th</sup> Annual Reciprocal Meat Conference, AMSA ( American Meat Science Association), Penn State University Pennsylvania.11-15.
- Hamlin**, K.E., Green, R.D., Perkins, T.L., Undiff, L.V., Miller, M.F. 1995. Real-time ultrasound measurement of fat thickness and longissimus muscles area: I. Description of age and weight effects. *Journal of Animal Science*. 73,1713-1724.
- Hamlin**, K.E., Green, R.D., Perkins, T.L., Undiff, L.V., Miller, M.F. 1995b. Real-time ultrasound measurement of fat thickness and longissimus muscles area: II. Relationship between real-time ultrasound and carcass retail yield. *Journal of Animal Science* 1995; 73, 1725-1734.
- Hammond**,J.1960. *Farm animals*. Edward Arnold Publishers LTD. 3<sup>a</sup> edición. London. VIII. 322.
- Hankins**, O.G., Howe, M.E. 1946. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. United States Department of Agriculture, 1-19 (Technical bolletin-USDA, 926).
- Hamm**, R. 1981. *Post mortem* changes in muscle affecting the quality of comminuted meat products. *Developments in Meat Science-2*. Ed. R.A. Lawrie. Elsevier. Applied Science Publishers, London.
- Hamm**, R. 1986. Functional Properties of the Miofibrilar System and their Measurements. *Muscle as Food*. Ed. P.J. Bechtel. Academic Press, New York.
- Harper** G.S, Pethick, D.W.. 2001.The Physiology of marbling: what is it, and why does it develop? *Marbling Symposium*. CRC (Cooperative Research Center) Conferences. Coffs Harbour, Australia. 46-45.

**Hassen, A., Wilson, DE., Rouse, GH.** 1999a. Evaluation of Carcass, Live, and Real-Time Ultrasound Measures in Feedlot Cattle: I. Assessment of Sex and Breed Effects. *Journal of Animal Science*, 77(2), 273-282.

**Hassen, A., Wilson, DE., Rouse, G.H.** 1999b. Evaluation of carcass, live, and real-time ultrasound measures in feedlot cattle: II. Effects of different age end point on the accuracy of predicting the percentage of retail product, retail product weight, and hot carcass weight. *Journal of Animal Science*, 77(2), 283-290.

**Hassen, A., Wilson, D.E., Amin, V.R., Rouse, G.H., Hays, C.L.** 2001. Predicting percentage of intramuscular fat using two types of real-time equipment. *Journal of Animal Science*, 79(1), 11-18.

**Hofmann, 1973.** Was ist Fleischqualität? *Fleishwirstch.* 53,485.

**Honikel, K.O., Hamm, R.** 1994. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. Advances in Meat Research Series (Eds. Pearson A.M. & Dutson, T.R.), pp. 125-161. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland, USA.

**Honikel, K.O., Hamm, R.** 1999. Measurement of water-holding capacity and juiciness. *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. Advances in Meat Research Series (Eds. Pearson A.M. & Dutson, T.R.), 125-161. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland, USA.

**Hood, D.E.** 1984. The chemistry of vacuum and gas packaging of meat. *Recent Advances in the Chemistry of Meat* (Ed. Bailey, A.J.), 213-230. The Royal Society of Chemistry, London, UK.

**Hopkins, D.L., Thompson, J.M., 2001.** Inhibition of protease activity. 1. The effect on tenderness and indicators of proteolysis in ovine muscle. *Meat Science* 59, 175-185.

**Houghton, P.L., Turlington, LM.** 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: A review. *Journal of Animal Science*, 70(3), 930-941.

<http://www.retinta.es/la-raza-retinta/morfologia-y-calificacion.2014>.

<http://www.viarural.com.es/ganaderia/bovinos/exteriorbovinos/asoccriadoresexterior-retinta.htm.2014>.

**Huerta-Leidenz**, N., Atencio-Valladares, O., Rodas-González, A., Jerez-Timaure, N., Bracho, B. 1997 . Características de canales de novillos y novillas acebuados producidos a pastoreo y su relación con atributos de la calidad comestible de la carne. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 5: 565-567.

**Infocarne.com**. La raza Charolesa. [www.infocarne.com/bovino/raza charolesa](http://www.infocarne.com/bovino/raza-charolesa).

**Iraira**, S., Ruiz de la Torre, J.L., Rodríguez-Prado, M., Calsamiglia, S., Manteca, X., Ferret, A. 2014. Pienso y paja en mezclas *unifeed* para el cebo de terneros. Albéitar, 44.

**Jeremiah**, L.E., Martin, A.H., 1982. The influences of breed of sire and sex on bovine intramuscular collagen content and solubility after various intervals of postmortem aging. Canadian Journal of Animal Science, 62. 77-84.

**Johnson**, M.H., Calkins, C.R., Huffman, R.D., Johnson, D.D., Hargrove, D.D. 1990. Differences in cathepsin B+L and calcium-dependent protease activities among breed type and their relationship to beef tenderness. Journal of Animal Science 68, 2371-2379.

**Jordana**, R. 1975. Clasificación del Reino Animal. Editorial Universidad de Navarra.

**Jurie**, C., Picard, B., Geay, Y. 1998. Influences of the method of housing bulls on their body composition and muscle fibre types. Meat Science, 50. 457-469.

**Jurie**, C., Picard, B., Hocquette, J.F., Dransfield, E., Micol, D., Listrat, A. 2007. Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. Meat Science, 77, 459-466.

**Kay**, M. 1979. Forages or cereals for economic beef production. 'European Congress for improved beef productivity'.

**Keane**, M.G., Allen, P. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. Livestock production Science, 56. 203-214.

**Keane**, M.G. 2003. Beef production from Holstein-Friesian bulls and steers of New Zealand and European/American descent, and Belgian Blue×Holstein-

Friesians, slaughtered at two weights. *Livestock Production Science*, 84, 3, 207-218.

**Keane**, M.G., Allen, P. 2004. A comparison of Friesian-Holstein, Piemontese × Friesian-Holstein and Romagnola×Friesian-Holstein steers for beef production and carcass traits. *Livestock Production Science*, 78, 2, 143-158.

**Keane**, M.G., Drennan, M.J. 2009. Effects of supplementary concentrate level in winter, and subsequent finishing on pasture or indoors, on performance and carcass traits of Holstein–Friesian, Aberdeen Angus×Holstein–Friesian and Belgian Blue×Holstein–Friesian steers. *Livestock Science*, 121, 250-258.

**Keane**, M.G., Moloney, A.P. 2009. A comparison of finishing systems and duration for spring-born Aberdeen Angus×Holstein-Friesian and Belgian Blue×Holstein-Friesian steers. *Livestock Science*, 124, 223-232.

**Keefe**, G.P., Dohoo, I.R., Valcour, J.E., Milton, R.L. 2004. Ultrasonic imaging of marbling at feedlot entry as a predictor of carcass quality grade. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 165-170.

**Kelava**, N., Ivankovic, A., Konjacic, M. 2013. Effect of breed and age on beef carcass quality, fatness and fatty acid composition. *Archiv Tierzucht*. ISSN: 0003-9438

**Kempster**, A.J., Cuthbertson, A., Harrington, G. 1982. Carcass evaluation in livestock breeding, production and marketing. Ed. Granada Publishing Limited. Great Britain.

**Kennick**, W.H., England, DC. 1960. A method of estimating the percentage of protein and fat in the edible portion of steer carcasses. *Journal of Animal Science*, 19, 1190-1197.

**Khan**, A.W. 1974. Relation between isometric tension post-mortem decline and tenderness of poultry breast meat. *Journal of Food Science*. 39.393-395.

**Kim**, K., Homma, Y., Ikeuchi, Y., Suzuki, A. 1995. Cleavage of connectin by calpain and cathepsin D. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 59 (5): 896-899.

- Koohmaraie**, M., Seideman, S.C., Schollmeyer, J.E., Dutson, T.R., Crouse, J.D., 1987. Effect of post-mortem storage on calcium dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. *Meat Science*. 19, 187-196.
- Koohmaraie**, M. 1992. Muscle proteinases and meat aging. En: 38th International Congress of Meat Science and Technology, Vol. 1, 61. Clermont-Ferrand, Francia.
- Koohmaraie**, M., 1994. Muscle proteinases and meat ageing. *Meat Science* 36, 93-104.
- Koohmaraie**, M., 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science* 43, 193-201.
- Koohmaraie**, M., Shackelford, S.D., Wheeler, T.L. 2005. Biological bases that determine beef tenderness. *The Science of Beef Quality*. 8th Annual Langford. Food Industry Conference. British Society of Animal Science, May 18th-19th, 21-26. BSAS, Langford, Bristol, UK.
- Kopp**, J., Bonnet, M. 1982. Le tissu conjonctif musculaire. *Bulletin Technique du postmortem*. *Meat Science*, 5:319.
- Krammer**, A., Twigg, B. 1972. *Quality control in the food industry*. The AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut.
- Krammer**, A. 1984. Use of color measurements in quality control of food. *Food Technology*, 48(10): 63-71.
- Kreutzmann**, S., Thybo, A.K., Bredie, W. 2007. Training of a sensory panel and profit ling of winter hardy and coloured carrot genotypes. *Food Quality and Preference*, 18,482-489.
- Kubberod**, E., Ueland, O., Rodbotten, M., Westad, F., Risvik, E. 2002. Gender specific preferences and attitudes towards meat. *Food Quality and Preference*, 13, 285-294.
- Labbe**, D., Rytz, A., Hugi, A. 2004. Training is a critical step to obtain reliable product profiles in a real food industry context. *Food Quality and Preference*. 15:341-348.

**Lage**, J.F., Paulino, P.V.R., Valadares Filho, S.C., Souza, E.J.O., Duarte, M.S., Benedeti, P.D.B., Souza, N.K.P. Cox, R.B. 2012. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Science*, 90. 770–774.

**Lake** R.J.W. 1989. Ultrasonics in meat quality. Brownlie L.E., Hall W.J.A., Fabianeson S.U. Editors. *The automated measurement of beef*. Sydney, Australia: Australia Meat and Livestock Corporation. 157-163.

**Lake** R. 1991. Ultrasonics evaluation: image analysis and industrial applications. Symposium of Electronic Evaluation of Meat in Support of Value-Based Marketing. West Lafayette; Purdue University, 1991, 25-47.

**Lambe**, N.R., Ross, D.W., Navajas, E.A., Hyslop, J.J., Prieto, N., Craigie, C., Bünger, L., Simm, G., Roehe, R. 2010. The prediction of carcass composition and tissue distribution in beef cattle using ultrasound scanning at the start and/or end of the finishing period. *Livestock Science*, 131(2-3), 193-202.

**Larmond**, E. 1977. *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Food Research Institute Canada. Department of Agriculture, Ottawa.

**Lapière**, H., Lachance, B., Rolland, J.R., St-Laurent, G.J. 1990. Effects of dietary iron concentration on the performance and meat colour of grain-fed calves. *Journal of Animal Science*, 70(4), 1053-1061.

**Lawless**, H.T., Malone, G.J. 1986. A comparison of rating scales: sensitivity, replicates and relative measurement. *Journal of Sensory Studies*. 1, 155-174.

**Lawrence**, T.L.J., Fowler, V.R. 1997. Tissues. In: *Growth of Farm Animals* (Eds. Lawrence, T.L.J. y Fowler, V.R.), pp. 26-101. CAB International (Commonwealth Agricultural Bureaux), Wallingford, UK.

**Lawrie**, R. 1963. *Avances en ciencia de la carne*. Editorial Acribia. Zaragoza.

**Lawrie**, R.A. 1983. Aspects of the biochemistry of meat. *International Journal of Biochemistry*. 12, 233-245.

**Lawrie**, R.A. 1991. *The eating quality of meat*. Meat Science, 184-224. Pergamon Press, Oxford, UK.

- Lawrie**, R.A. 1998. Constitución química y bioquímica del músculo. Ciencia de la Carne, 67-108. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Lazarides**, E. 1980. Intermediate filaments as mechanical integrators of cellular space. *Nature*, 283, 249-256.
- Ledward**, D.A. 1984. Haemoproteins in meat and meat products. Capítulo 2. Developments in food proteins III. Ed. J.B. Hudson. Elsevier Applied Science Publishers Co., New York.
- Lepetit**, J., Salé, P., Ouali, A. 1986. Postmortem evaluation on rheological properties of the miofibrillar structure. *Meat Science*. 16, 161-174.
- Lepetit**, J. 1992. Monitoring rigor onset in rabbit muscle by low deformation measurements. Proc. 38<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology, Clermont-Ferrand, 5: 923-926.
- Lepetit**, J., Culioli, J. 1994. Mechanical properties of meats. *Meat Science*. 36, 203-207.
- Light**, N.D., Champion, A.E. 1984. Characterization of muscle epymysion, perimysium and endomysium collages. *Biochemical Journal*, 219.
- Lizbeth**, K. 2014. monografias.com. Anatomofisiología del músculo esquelético. Capítulo V.
- Lomas**, M. 2006. mailxmail.com. Cap. 49. Mitología. Tejido Muscular. 06/10/2006.
- López Bote**, C.J., Carmona Castaño, J.M., Soares, M. 2001. La calidad de la carne. Enciclopedia de la Carne y de los Productos Cárnicos (Cood. Martín Bejarano, S.), 539-568. Martín & Macías, Cáceres, España.
- López**, M. 1987. Calidad de la canal y de la carne en los tipos lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de Zaragoza.
- López Bote**, C.J., Carmona Castaño, J.M., Soares, M. 2001. La calidad de la carne. En: Enciclopedia de la Carne y de los Productos Cárnicos (Cood. Martín Bejarano, S.). 539-568. Martín & Macías, Cáceres, España.

**López**, M.G., Rubio, M.S. 1998. Tecnologías para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. Vet. Méx. 29 (3) 1998. Pág 282.  
[www.medigraphic.com](http://www.medigraphic.com)

**López**, M.G., Rubio, M.S. 1998. Tecnologías para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. Vet. Méx. 29 (3) 1998b. Pág 283.  
[www.medigraphic.com](http://www.medigraphic.com)

**López** , M.G., Rubio M.S. 1998. Tecnologías para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. Vet. Méx. 29 (3) 1998c. Pág 284.  
[www.medigraphic.com](http://www.medigraphic.com)

**Love**, J.D., Pearson, A.M. 1971. Lipid oxidation in meat and meat products. A review. Journal of the American Oil Chemist's Society. 48, 547-555.

**Lund**, C., Jones, V., Spanitz, S. 2009. Effects and influences of motivation on trained panellists. Food Quality and Preference; 20,295-303.

**Macie**, S.E., Sañudo, C. Olleta, J.L., Panea, B., Campo M.M., Albertí, P. 2000. Slaughter weight and breed group effects on consumer beef meat quality aprasal throught ageing. 46<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology 62-63.

**Magisnef.wordpress.com.**, 2007. Fisiología muscular, componentes del músculo.

**Maltín**, C.A., Sinclair, K.D., Warris, P.D., Grant, C.M., Porter, A.D., Delday, M.I. Warkup, C.C., 1998. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. Journal of Animal Science 66, 341-348.

**Mamaqui**, E.N. 1996. Influencia de la raza de terneros y del tipo de pienso en los parámetros productivos y en la calidad de la carne. Master of Science. CIHEAM. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.

**Mancini**, R.A., Hunt, M.C. 2005. Current research in meat color: a review. Meat Science 71, 100-121.

**Mandell**, I.B.; Gullett, E.A.; Wilton, J.W.; Kemp, R.A.; Allen, O.B. 1997. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability

attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Livestock Production Science*, 49, 235-248.

**May**, S.G., Mies, W.L., Edwards, J.W., Harris, J.J., Morgan, J.B., Garret, R.P., Williams, F.L., Wise, J.W., Cross, H.R., Savell, J.W. 2000. Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability. *Journal of Animal Science*, 78(5), 1255-1261.

**McEwana** J., Heinio R., Hunterc E.A., Lead P. 2003. Proficiency testing for sensory ranking panels: measuring. *Food Quality and Preference*. 2003; 14: 247-256.

**McFie**, H.J., Bratchell, N., Greenhoff, H., Vallis, V. 1989. Designs to balance the effect of order of presentation and first order carryover effects in hall test. *Journal of Sensory Studies* 4, 129-149.

**McKiernan**, W.A., Wilkins J.F., Irwin, J., Orchard, B., Barwick, S.A. 2009. Performance of steer progeny of sires differing in genetic potential for fatness and meat yield following postweaning growth at different rates. 2. Carcass traits. *Animal Production Science*, 49(5-6), 525-534.

**McLaren**, D.G., Novakofski J., Parrett D.F., Lo L.L, Sing S.D, Neumann K.R, McKeith F.K. 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *Journal of Animal Science*. 1991. 69, 54-66.

**McPhee**, M.J., Harden, S., Robinson, D.L., Dicker, R.W., Oddy, V.H. 2012. Effects of backgrounding and finishing growth rates on P8 fat and intramuscular fat in *Bos taurus* steers. *Animal Production Science*, 52(5), 354-364.

**Meilgaard**, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T. 1991. *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd Edition. CRC Press, Inc, Boca Ratón, Florida. Pp 354.

**Meilgaard**, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd Edition. CRC Press LLC, New York.

**Merckel**, R.A. 1994. *Química de los tejidos animales. Parte 3. Carbohidratos*. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Editorial Acribia, Zaragoza.

**Miguel**, E., Ruiz de Huidobro, F., Blázquez, B., Velasco, S., Lauzurica, S., Pérez, C., Cañequé, V. 2007. Live weight effect on the prediction of tissue composition in suckling lamb carcasses using the European Union scale. *Small Ruminant Research*, 67 199-208.

**Miller**, MF., Hoover, LC., Cook, KD., Guerra, AL., Huffman, KL., Tinney, KS., Ramsey, CB., Brittin, HC., Huffman, LM. 1995. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *J. Food Sci.* 60, 963-965.

**Miller**, MF., Kerth, CR., Wise, JW., Landsdell, JL., Stowell, JE. Ramsey, CB. 1997. Slaughter plant location. USDA quality grade, external fat thickness and ageing time effects on sensory characteristics of beef loin strip steak. *Journal of Animal Science*, 75.662-667.

**Mitchell**, GE., Reed, AW., Rogers, SE. 1991. Influence of feeding regimen on the sensory qualities and fatty acid contents of beef steaks. *Journal of Food Science*, 56, 1102-1106.

**Mitchell**, A.D., Solomon, M.B., Rumsey, T.S. 1997. Composition analysis of beef rib sections by dual-energy X-ray absorptiometry. *Meat Science*, 47, 115-124.

**Misock**, J.P., Champion, D.R., Field, R.A., Riley, M.L. 1976. Palatability of heavy ram lambs. *Journal of Animal Science*. 42, 1440-1444.

**Molina**, A., Serrano, M.I., Burgos, A. 1992. Estimación de la curva de crecimiento en vacuno retinto: Aspectos prácticos para la tipificación de pesos. *Archivos de Zootecnia*.41 (154): 543-548.

**Molina**, L. García, O. García, M. 2010. Modo de Color LAB.sobrecolor.es.blogspot.com

**Molinero**, C., Díaz, MT., Sánchez, M., Martínez., Vieira, C., García, MD. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal y grasa) en los rumiantes. 7.3. 372-373.

**Monin**, G. 1989. Facteurs biologiques des qualités de la viande. Croissance des bovins et qualité de la viande. *Colloq. Rennes*. Ed. INRA-ENSA, 177-196.

**Monin**, G. 1991. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *Prod. Anim.*, 4 (2): 151-160.

- Monsón, F., Sañudo, C., Sierra, I.** 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71, 471-479.
- Moore, V.J.** 1990. Increase in retail display of frozen lamb chops with increased loin storage time before cutting into chops. *Meat Science*. 28, 251-258.
- Moore, V.J., Young, O.A.** 1991. The effects of electrical stimulation, thawing, ageing and packaging and the colour and display life of lamb chops. *Meat Science*. 30, 131-138.
- Morris, C.A., Kirton, A.H., Hogg, B.W., Brown, J.M., Mortimer, B.J.** 1995. Meat composition in genetically selected and control cattle from a serial slaughter experiment. *Meat Science*, 39(3), 421-435.
- Moser, DW., Bertrand, JK., Mitsztal, I., Kriese, LA., Benysheck, LL.** 1997. Genetic parameter estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. *Journal of Animal Science*, 75 (Suppl. 1): 149 (Abstr.).
- Moskowitz, H.R., Jacobs, BE.** 1987. Consumer evaluation and optimization of food texture. En: *Food texture*. Ed. H.R. Moskowitz. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Murray, A.C.** 1989. Factors affecting beef colour at time of grading. *Can. Journal of Animal Science*. 69, 347-355.
- Muñoz, A.** 1998. Consumer perceptions of meat. Understanding these results through descriptive analysis. *Meat Science* 49, 287-295.
- Muñoz, A., Civille, G.V.** 1998. Universal, product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies*. 13, 57-75.
- Nalan, G.A.** 2002. Descriptive Method for Sensory Evaluation of Mussels. *Lebenson Wiss Technology*. 35:563-567.
- Nicastro, F., Maiorano, G.** 1994. Histological characteristics related to meat quality in Chianina breed *Science des Aliments*, 14 (4): 403-409.

**Noble**, A.C., Arnold, R.A., Buechsenstein, J., Leach, E.J., Schmidt J.O., Stern, P.M. 1997. Modification of a Standardized System of wine aroma terminology. *American Journal of Enology and Viticulture*.38, 143-151.

**Nour**, A.Y.M., Thonney, M.L. 1994. Technical note: chemical composition of Angus and Holstein carcasses predicted from rib section composition. *Journal of Animal Science*, 72, 1239-1241.

**Norma ISO 5420**. 1994. Organización Internacional para la Estandarización.

**NRC** (1996) Nutrient Requirements of beef Cattle.

**Nuernberg**, K., Dannenenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, ND., Wood, JD., Nute, GR., Richardson, RI. 2005. Effect of a grass based and concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*. 94, 137-147.

**O'Connor**, S.F., Tatum, J.D., Wulf, D.M., Green, R.D., Smith, G.C. 1997. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*.75, 1822-1830.

**Offer**, G., Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: *Developments in Meat Science* (Ed. Lawrie, R.A.), pp. 63-171. Elsevier, Oxford, U.K.

**Oksbjerg**, N., Petersen, J.S., Sorensen, I.L., Henckel, P., Vestergaad, M., Ertbjerg, P., Moller, AJ., Bejerholm, C., Stoir, S. 2000. Long-term changes in performance and meat quality of Danish Landrace pigs: a study on a current compared with an unimproved genotype. *Animal Science* 71, 81-92.

**Oliván**, M., Martínez, A., García, A., Noval, G., Osoro, K. 2001. Estimation of the carcass composition of yearling bulls of "Asturiana de los Valles" breed from the dissection of a rib joint. *Meat Science*, 57, 185-190.

**Oliván**, M., Martínez, A., Osoro, K., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, JL., Campo, MM., Oliver, MA., Serra, X., Gil, M., Piedrahita, J. 2004. Effect of muscular hypertrophy on physico-chemical, biochemical and texture traits of meat from yearling bulls. *Meat Science* 68, 567-575.

- Olsson**, V., Hertzman, C., Tornberg, E. 1994. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor and tenderness of two beef muscles. *Meat Science*, 37,115-131.
- Oltjem**, R.R., Rumsey, T.S., Putman, P.A. 1971. All forage diets for finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, 32. 327-333.
- Ophir**, J., Cespedes, I., Ponnekanti E., Yazdi Y., Li, X. 1991. Elastography: a quantitative method of imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrasonic Imaging*. 13, 111.
- Ordoñez**, J.A. (Editor). 1998. *Tecnología de los alimentos. Volumen I y II. Proyecto Editorial Ciencias Químicas. Madrid.*
- Orcutt**, MW., Dutson, TR., Cornforth, DP., Smith, GS. 1984. Factors affecting the formation of a dark, coarse band ("heating") in bovine longissimus muscle. *Journal of Animal Science*. 58, 1366-1375.
- O'Shea**, JM., Robson, RM., Huiatt, TW.,Hartzer, MK., Stromer, MH. 1979. Purified desmin from adult mammalian skeletal muscle: a peptide mapping comparison with desmins from adult mammalian and avian smooth muscle. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 89. 972.
- Osoro**, K., Barriada, M., Martínez, A., Castro, P. 1995. Manejo post-destete de los terneros procedentes de vacas de cría para la producción de carne de calidad. *Bovis* 67, 51-68.
- Osoro, K., Martínez, A. Alvarez, J., Alperi, J., Noval, G., García, MJ. 1998. Cebo de terneros: rendimientos y calidad de la carne. *Tecnología Agroalimentaria. CIATA. Edición especial 1998. Pág. 49.*
- Ouali**, A., Zabari, M., Renou JP., Touraille, C., Koop, J., Bonnet, M., Valin, C. 1988. Anabolic agents in beef production: effect on muscle traits and meat quality. *Meat Science*, 24: 151-161.
- Ouali**, A., 1990. Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *J Muscle Foods I*, 129-165.
- Ouali**, A., 1991. Consequences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA Productions Animals*, 4(3):195-208.

**Ouali, A.**, 1992. Proteolytic and physicochemical mechanism involved in meat texture development. *Biochimie* 74, 254-261.251-265.

**Owens, C.** 2002. Aplicaciones del análisis sensorial en la industria vitivinícola. Beringer Blass Wine Estates. 26.

**Palombo, R., Wijngaards, G.** 1990. Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. *Meat Science*. 28, 61-76.

**Panea, B.** 2001. Influencia de la Raza y del Sistema Productivo sobre el Tejido Conjuntivo y la Textura de la carne Bovina. Tesis Doctoral. Zaragoza.

**Panea, B., Albertí, P., Olleta, J.L., Campo, M.M., Ripoll, G., Altarriba, J., Sañudo, C.** 2008. Intrabreed variability and relationships for 41 carcass and meat traits in Pirenaica cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6, 4, 546-558.

**Paulino, P.V.R., Filho, S.C.V., Costa, M.A.L., Paulino, M.F., Magalhaes, K.A., Detman, E., Valadares, R.F.D., Porto, M.O., Andreatta, K.** 2005. Validation of the 9-11th rib cut to estimate the chemical composition of the dressed carcass and of the whole empty body of Zebu cattle. *Livestock Production Science*, 93, 245-253.

**Pearson, A.M., Young, R.B.**, 1989. Skeletal Muscle Fiber Types. En: *Muscle and meat Biochemistry*. Academic Press, London. Pp 235-246.

**Pearson, A.M. Young, R.B.** 1989. Postmortem changes during conversion of muscle to meat. In: *Muscle and Meat Biochemistry*. Food Science and Technology. A series of Monographs (Eds. Pearson, A.M. & Young, R.B.), pp. 391-444. Academic Press Inc., San Diego, USA.

**Pérez-Álvarez, J.A.** 1996. Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

**Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, M.E., Cartagena-Graciá, R.** 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* nº63, enero-febrero, 115-122.

- Perkins**, T.L., Green, R.D., Hamlin, K.E. 1992. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 70(4), 1002-1010.
- Perotto**, S. Malavasi, F., Butcher, GW. 1992. Use of monoclonal antibodies to study mycorrhiza: present applications and perspectives. Norris JR, Read DJ., Varma AK. Editors. *Methods in microbiology* 24. Academic Press. London.221-284.
- Peters**, J.B., Barnard, R.J., Edgerton, V.R., Gillespie, C.A., Stempel, K.E. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry* 11, 2627-2632.
- Petersen**, J.S., Henckel, P., Oksbjerg, N., Sorensen, MT. 1998. Adaptations in muscle fibre characteristics induced by physical activity in pigs. *Animal Science* 66, 733-740.
- Pfuhl**, R., Bellmann, O., Kühn, C., Teuscher, F., Ender, K., Wegner, J. 2007. Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition and meat quality. *Arch. Tierz* 50, 59-70.
- Piedrafita**, J., Quintanilla, R., Sañudo, C., Olleta, JL., Campo, MM., Panea, B., Renand G, Turin, F, Jabet, S., Osoro K., Oliván MC., Noval G., García P., García MD., Oliver MA, Gispert M, Serra X, Espejo M., García S., López M., Izquierdo M. 2003. Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the Southwest of Europe in their typical production systems. *Livestock Production Science*, 82, 1-13.
- Piñeira**, J., Río, J., Floody, H., Felmer, R. 2012. Distribución de polimorfismos asociados al grado de infiltración de grasa intramuscular en siete razas bovinas de carne utilizadas en la región de la Araucanía, Chile. *Archivos de medicina veterinaria*. 44, 43-52.
- Pla**, M. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medida de la capacidad de retención de agua. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque, C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.

**Powell**, V.H. 1991. Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. *Meat Science*. 30, 195-205.

**Prandl**, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, HJ. 1994. *Tecnología e Higiene de la carne*. Editorial Acribia, Zaragoza.

**Price**, JF., Schweigert, BS. 1994. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.

**Priolo**, A., Micol, D., Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50,185-200.

**Programa** de selección genética de la raza bovina Charolesa, 2011. asociaciondecharoles.com.

**Programa** de selección genética de la raza bovina Charolesa, 2015. asociaciondecharoles.com.

**Raes**, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., De Smet, S. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65(4), 1237-1246.

**Raes**, K., De Smet, S., Demeyer, D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linolenic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*.113, 199-221.

**Rawn**, J.D. 1989. *Bioquímica*. Ed. Interamericana-Mc Graw Hill, Madrid. Pág. 1105

**Realini**, C.E., Willians, R.E., Pringle, T.D., Bertrand, J.K. 2001. Gluteus medius and rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail products and trimmable fat in beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 79(6), 1378-1385.

**Reglamento** (CE) nº 1208/81 del Consejo, de 28 de Abril de 1981. Modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado. D.O.C.E. 03/vol. 21: 191-193.

**Reglamento** (CE) 1026/91. De 22 de Abril. Propuesta de Reglamento del Consejo por el que se establece el modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado.

**Reglamento** (CE) nº 103 de 2006. De la comisión de 20 de Enero de 2006. Por la que se establecen disposiciones complementarias para la aplicación del modelo comunitario de clasificación de las canales de bovinos pesados.

**Renand, G.** 1988. Variabilite genetique de la croissance musculaire et consequences sur les qualites de la viande chez les bovins. INRA Productions animales, 1. 115-121.

**RD 147/1993**, de 29 de Enero por el que se establecen las condiciones sanitarias de producción y comercialización de carnes frescas.

**RD 315/1996**, de 23 de febrero, por el que se modifica el RD 147/1993 relativo a las condiciones sanitarias de producción y comercialización de carnes frescas.

**RD 1892/99**. Aplica la normativa comunitaria en España sobre clasificación de canales de vacuno.

**RD 1376/2003**. De 7 de Noviembre, por el que se establecen las condiciones sanitarias de producción, almacenamiento y comercialización de las carnes frescas y sus derivados en los establecimientos de comercio al por menor.

**RD 640/2006**, de 26 de Mayo. Por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.

**RD 228/2008**, de 15 de febrero, por el que se contempla la aplicación del modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado y se regula el registro de los precios de Mercado (BOE de 5 de marzo de 2008).

**Realini, C.E., Willians, R.E., Pringle, T.D., Bertrand, J.K.** 2001. Gluteus medius and rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail products and trimmable fat in beef carcasses. Journal of Animal Science, 79(6), 1378-1385.

**Renand, G.** 1988. Genetic determination of carcass and meat quality in cattle. Proceedings of 3<sup>nd</sup> World Congress on sheep and beef cattle breeding Paris Vol. I. INRA Publ Pan 381-395.

**Rennerre**, M. 1986. Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull Tech. C.R.Z.V. Theix, France. I.N.R.A. 65, 41-45.

**Rennerre**, M. 1987. Influence du mode de conditionnement sur la couleur de la viande. VPC 8(2) marzo-abril.

**Rhodes**, D. 1971. A comparison of the quality of meat from lambs reared intensively indoors and conventionally on grass. Journal of Science Food and Agriculture. 22, 123-129.

**Richards** FJ. 1959. A flexible growth function for empirical use. J Exp Bot ; 10, 290-300

**Riley**, R.R., Savell, J.W., Smith, G.C., Shelton, M. 1980. Quality appearance and tenderness of electrically stimulated lamb. Journal of Food Science. 45, 119-121.

**Rivett**, A.J. 1989. High molecular mass intracellular proteases. Biochemical Journal, 263,625-633.

**Robelin**, J., Geay, Y. 1975. Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins a partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11<sup>a</sup> côte. Annales de Zootechnie, 24, 3, 391-402.

**Roncalés**, P., Geesink, GH., Van Laack, RLJM., Jaime, I., Beltran, JA., Bernier, V.M.H., Smulders, FJM., 1995. Meat tenderisation: enzymatic mechanisms. Expression of tissue and regulation of protein degradation as related to meat quality. (Ouali, A., Demeyer, DI., Smulders, FJM., Eccemst eds.).311-332.

**Roncalés**, P. 2001. Transformación del músculo en carne: rigor mortis y maduración. En: Enciclopedia de la Carne y de los Productos Cárnicos (Cood. Martín Bejarano, S.), 291-312. Martín & Macías, Cáceres, España.

**Rosset**, M.R. Lameloise, P., Rousser-Ciquard, N. 1984. La tendreté de la viande. Ministère de l'Agriculture. Centre de Documentation Internationale des Industries Utilisatrices des Produits Agricoles.

**Rouse**, G., Greiner, S., Wilson, D., Hays, C., Tait, JR., Hassen, A. 2000. The use of real-time ultrasound to predict live feedlot cattle carcass value. Beef research report. Iowa State University, 89-99.

- Rubio-Lozano**, M.S. 1995. Ultrasonic elastography to evaluate beef and pork quality (Ph. D. Dissertation). College Station, (TX). Texas A&M University,
- Rumsey**, T.S., Bond, J., Berry, B.W., Hammond, A.C., Dinius, D.A. 1987. Performance and carcass characteristics of feed-lot steers fed silage diets. *Nutrition Reproduction International*, 35. 847-854.
- Salé**, P. 1971. Evolution of muscle mechanical properties during maturation, 17th European Meeting of Meat Research Workers, Vol. I, 35-44.
- Salé**, P., Noel, Y., Lasteyras, A., Olean, C. 1984. A sinusoidal compression system to study rheological properties of food in the transient state. *Journal Texture Studies*, 15: 103. *Meat Science*, 67.195–201.
- Sami**, A.S. Augustini, C., Schwarz, F.J. 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls
- Sánchez Belda**, A. 1981. Catálogo de razas bovinas españolas. Ediciones MAPA.
- Sánchez García**, L., Sueiro, R.M., Vallejo Vicente, M. 1992. Crecimiento y características de la canal en añojos de la raza rubia gallega, rendimientos y composición de la canal. *Archivos de Zootecnia*, 41, 241-255.
- Sánchez Ivan**, C., Albarracín, W. 2010. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23, 227-239.
- Sánchez**, L., Carballo, J.A., Sánchez, B., Monserrat, L. 2005. Características de la canal y de la carne de machos procedentes del cruce de Rubia Gallega con Nelore. *Archivos de Zootecnia*, 54, 485-489.
- Santana Pacheco**, P., Restle, J. Alves Filho, D.C., Brondani, I.L., Pascoal, L.L., Kuss, F, Glasenapp de Menezes, L.F., Miranda Neiva, J.N. 2011. Carcass physical composition and meat quality of Charolais cattle of different categories. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.40, n.11, p.2597-2605.
- Santolaria**, P. 1993. Influencia de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros sensoriales que definen la calidad de la carne de añejo. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

**Sañudo**, C., Sierra, I. 1982. Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. I. Descripción y comparación entre los tipos de ternasco y pascual. An. Fac. Vet. Zaragoza 16-17, 285-295.

**Sañudo**, C., Sierra, I., López, M., Forcada, F. 1986. La qualité de la viande ovine. Étude des différents facteurs qui la conditionnent. Commission des C.E. Rapport EUR 11479, 67-81.

**Sañudo**, C., Sierra, I., Olleta, J.L., Conesa, A., Alcalde, M.J. 1989. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros tipo ternasco: competencia con canales de procedencia extranjera. XIV Jornadas Científicas de la SEOC. Jaén.

**Sañudo**, C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina: factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. Curso Internacional de Producción Ovina. SIA, Zaragoza.

**Sañudo**, C., Nute, G.R., Campo, M.M., Albertí, P., Baker, A., Olleta, J.L. 1997. The influence of cattle breed on the sensory meat quality during ageing. Congress proceedings of 43<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology 214-215.

**Sañudo**, C., Albertí, P., Campo M.M., Olleta, J.L., Panea, B. 1998 a. Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. Archivos de Zootecnia. 48, 397-402.

**Sañudo**, C., Campo, M.M., Panea, B., Albertí, P., Dunner, S., García Atance, P., Santolaria, P., Roche, E., Osoro, K. Oliván, M., García, J., Noval, G. 1998b. Influence of double muscle condition of sensory beef meat quality at different ageing times Proceedings del 44<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology 760-761.

**Sañudo**, C., Albertí, P., Franco, J., Olleta, J.L., Campo M.M., Panea, B. Lahoz, F., Jaime, J., Prados, J.J., Tena, R. 1999. Calidad instrumental de la carne de siete razas bovinas españolas. Eurocarne. 73, 37-54.

**Sañudo**, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Alfonso, M., Panea, B. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Propuesta de muestreo. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.

**Sañudo**, Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B., Rota, E. 2005. Calidad instrumental de la carne. Propuesta de muestreo. En: Evaluar la calidad del producto (animal, vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Monografías INIA: serie Ganadera Nº 3- 2005. España. 199-205.

**Savell**, J.W., Cross, H.R., Francis, J.J., Wise, J.W., Hele, D.S., Wilkes, D.L. Smith, G.C. 1989. National consumer retail beef study: interaction of trim level price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. *J. Food Qual.* 12, 251-257.

**Sayas**, M.E. 1997. Contribuciones al proceso tecnológico de elaboración del jamón curado: aspectos físicos, fisicoquímicos y ultraestructurales en los procesos de curado tradicional y rápido. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia

**Schmutz**, M., Weindi, P., Carrasco, S. Bellof, G., Schmidt, E. 2013. Effect of breed, grazing system and concentrate supplementation on fattening performance, carcass value and meat quality of steers. *Archiv Tierzucht.* ISSN: 0003-9438.

**Serra**, X., Gila, M., Gispert, M., Guerrero, L., Olivera, M.A., Sañudo, C., Campo, M.M., Panea, B., Olleta, J.L., Quintanilla, R., Piedrafita, J. 2004. Characterisation of young bulls of the Bruna dels Pirineus cattle breed (selected from old Brown Swiss) in relation to carcass, meat quality and biochemical traits. *Meat Science*, 66, 425-436.

**Serra**, X., Guerrero, L., Guardia, M.D., Gil, M., Sañudo, C., Panea, B., Campo, M.M., Olleta, J.L., García-Cachán, M.D., Piedrafita, J., Oliver, M.A. 2008. Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Science*, 79(1), 98-104.

**Shackelford**, S.D., Koohmaraie, M., Whipple, G., Wheeler, T.L., Miller, M.F., Crouse, J.D., Reagan, J.O. 1991. Predictors of beef tenderness: Development and verification. *Journal of Food Science.* 56, 1130-1135.

**Shackelford**, S.D., Koohmaraie, M., Miller, M.F., Crouse, J.D., Reagan, J.O. 1991b. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by

Hereford versus Brahman crossbred heifers. *Journal of Animal Science*, 69 171-177.

**Shackelford**, S.D., Purser, D.E., Smith, G.C., Griffin, C.L., Stiffler, D.M. y Savell, J.W. 1992. Lean colour characteristics of bullock and steer beef. *Journal Animal Science*. 70 (2), 465-469.

**Shackelford**, S.D., Koochmaraie, M., Cundiff, L.V., Gregory, K.E., Rohrer, G.A. Savell, JW. 1994. Heretability and phenotypic and genetic correlations for bovine post-rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield and growth rate. *Journal of Animal Science*, 72. 857-863.

**Shapiro**, S., Spence, M. 2002. Factors Affecting Encoding, Retrieval, and Alignment of Sensory Attributes in a Memory-Based Brand Choice Task. *Journal of Consumer Research*. 28, 603-617.

**Schoonmaker**, J.P., Lorch, S.C., Fluharty, F.L., Zerby, H.N., Turner, T.B. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *Journal Animal Science*. 80. 2247-2254.

**Shorthose**, W.R., Harris, P.V. 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *Journal of Food Science*, 55. 1-18.

**Siegfried** G., Müller, A., Ardoíno, A. 2006. Proyecto Gestión de Calidad en Fábricas de Embutidos. Procesamiento de carnes y embutidos. Manual Práctico de Experiencias. Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Organización de los estados Americanos (OEA).

**Sierra**, I. 1973. Correlaciones entre diversos caracteres productivos en porcinos cruzados Blanco Belga x Landrace. *Trabajos del I.E.P.G.E.* 17, 1-43.

**Sierra**, I. 1974. El ternasco aragonés. Descripción y características fundamentales. *Trabajos del I.E.P.G.E.*, 19.

**Sigfredo** Francisco Otuño Pérez, 1993. Análisis económico de distintas explotaciones de ganado vacuno de raza Avileña. *Revista de estudios Agrosociales*. Número 164. Pág 108.

**Silva**, F.F., Filho, S.C.V., Itavo,, L.C.V., Veloso, C.M., Valadares, R.F.D., Cecon, PR., Paulino, P.V.R., Moraes, E.H.B.K. 2002. Body composition and

energy and protein requirements of Nelore bulls fed diets with different concentrate and protein levels. *Brazilian Journal of Animal Science*, 31, 1, 503-513.

**Silva**, S.L., Leme, P.R., Putrino, S.M., Martello, L.S., Lima, C.G., Lanna, D.P.D. 2003a. Estimativa do peso e do rendimento de carcaça de tourinhos Brangus e Nelore, por medidas de ultra-sonografia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(5), 1227-1235.

**Silva**, S.L., Leme, P.R., Pereira, A.S.C., Putrino, S.M. 2003b. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultr-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(5), 1236-1242.

**Simoes**, J.A., Mira, J.F.F. 2002. Age, empty body weight and carcass composition at the same proportion of total carcass fat in Portuguese cattle breeds. *Livestock Production Science*, 74, 2, 159-164.

**Simcic**, M., Cepon, M., Zgur, S. 2009. Growth and carcass traits of Young Bulls sired by Charolais and Limousin. *Italian Journal of Animal Science*. Volumen 8. Suppl.3.267-269.

**Smith**, M.T., Oltjen, J.W., Dolezal, H.G., Gill, D.R., Behrens, B.D. 1990. Evaluation of real-time ultrasound for predicting carcass traits of feedlot steers. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. Res. Rep. MP-129*: 374.

**Song** Y.H., Kim, S.J., Lee, S.K. 2002. Evaluation of ultrasound of carcass meat yield and meat quality in Korean Native cattle (Hanwoo). *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 15(4), 591-595.

**Stone**, H., Sidel, J.L. 1993. *Sensory Evaluation Practices*, 2<sup>a</sup> ed., Academic Press.

**Steen**, R.W.J., Porter, M. 2003. The effects of high-concentrate diets and pasture on the concentration of conjugated linoleic acid in beef muscle and subcutaneous fat. *Grass and Forage Science*, 58, 50-57.

**Stevens**, S.S. 1951. Mathematics, measurement and psychophysics. En: *Handbook of Experimental Psychology*. Ed. S.S. Stevens. John Wiley & Sons, New York.

**Stone**, H. y Sidel, J.L. 1993. Sensory Evaluation Practices. 2nd Edition. Academic Press, Inc. San Diego, USA.

**Sullivan**, M.G., Byrne, D.V., Martens, M. 2003. Evaluation of pork colour: sensory colour assessment using trained and untrained sensory panelists. *Meat Science*. 63,119-129.

**Sugisawa**, L., Mattos, W.R.S., Oliveira, H.N., Silveira, A.C., Arrigoni, M.B., Haddad, C.M., Chardulo, L.A.L., Martins, C.L. 2003. Ultrasonography as a predicting tool for carcass traits of young bulls. *Scientia Agricola*, 60(4), 779-784.

**Swatland**, H.J. 1991. Estructura y desarrollo de los animales de abasto. ed. Acribia S.A. Zaragoza. 443 pp.

**Szczesniak**, A.S. y Kleyn, D.H. 1963. Consumer awareness of food texture and other food attributes. *Food Technologies*. 17, 74-78.

**Szczesniak**, A.S., Torgeson, K.W. 1965. Methods of meat texture measurement view from the background of factors affecting tenderness. *Adv. in Food Res.*, 14:33.

**Szczesniak**, A.S. 1990. Texture: is it still an overlooked food attribute? *Food Technology*. 44(9), 86-95.

**Tait**, R.G., Wilson, D.E., Rouse, G.H. 2005. Prediction of retail product and trimmable fat yields from the primal cuts in beef cattle using ultrasound or carcass data. *Journal of Animal Science*, 83(6), 1353-1360.

**Takahashi**, K., Fukazawa, T., Yasui, T. 1967. Formation of miofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomeres in chicken pectoral. *Journal of Food Science*, 32: 409-413.

**Takahashi**, 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post mortem ageing of meat: the non-enzimatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43 (S): S67-S80.

**Talmant**, A., Monin, G., Briand, M., Dadet, M., Briand, Y. 1986. Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Science*, 18:23-40).

- Tarouco**, J.U., Lobato, J.F.P., Tarouco, A.K., Massia, G.S. 2005. Relação entre medidas ultra-sônicas e espessura de gordura subcutânea ou área de olho de lombo na carcaça em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 2074-2084.
- Tarrant**, P.V., Sherington, J. 1980. A investigation of ultimate pH in the muscle of commercial beef carcass. *Meat Science*. 4, 287-297.
- Tatsumi**, R., Takahashi, K., 1992. Calcium-induced fragmentation of skeletal muscle nebulin filaments. *Journal of Biochemistry*, 112, 775-779.
- Tyler Dean**, D. 2006. Evaluation of ultrasound and other sources of information to predict beef carcass traits and final carcass value. A Dissertation by Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Thane**, B.T., Whittaker, A.D. 1990. Automated assessment of marbling in ultrasound images of beef animals. Paper N° 7055. International Summer Meeting of the ASAE; Columbus, Ohio: American Society of Agricultural Engineers, 1990:1-20.
- Timm**, R.R., Unruh, J.A., Stroda, S.L., Hachmeister, K.A., Sammel, L.M., Rasor, A.E. 2001. Influences of aging on tenderness and color of beef steaks. *Cattlemen's Day 2001*.
- Toledo**, H. 2008. scrib.com. Fisiología de la contracción muscular.
- Tomka**, J., Polak, P., Peskovicová, D., Krupa, E., Barton, L., Bures, D. 2010. The possibilities of in vivo predicting of intramuscular fat content in the lean cattle. *EAAP. Annual Meeting. Crete*. 55.
- Toscano Pagano**, G., Lazzaroni, C., Pacher, F. 1998. Studio dei metodi di valutazione della produzione della carne in bovini con e senza ipertrofia muscolare. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 24, 125-141
- Touraille**, C., Girard, J.P. 1985. Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovins Limousins abattus entre 16 et 33 mois. *Bull Tech. C.R.Z.V. Institut National de la Recherche Agronomique. Theix, France. I.N.R.A.* 48, 83-89.

**Touraille**, C. 1995. Sensory analysis techniques for measuring poultry meat quality. XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat. Zaragoza. Spain, 497-506.

**Turner**, J.W., Pelton, L.S, Cross, H.R. 1990. Using live animal ultrasound measures of ribeye area and fat thickness in yearling Hereford bulls. *Journal of Animal Science*, 68, 3502-3506.

**Tyler Dean**, D. 2006. Evaluation of ultrasound and other sources of information to predict beef carcass traits and final carcass value. A Dissertation by Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

**Urdapilleta**, I., Tuus CA., Nicklaus, S.1999. Sensory evaluation base on verbal judgments. *Journal of Sensory Studies*. 14, 79-95.

**Verbeke**, R., Van de Voorde, G. 1978. Détermination de la composition de demi-carcasses de bovins par la dissection d'une seule côte. *Revue de l'Agriculture (Bruxelles)* 37, 875-880.

**Vestergaard**, M., Oksbjerg, N., Henckel, P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*. Vol 54 (2), 177-185.

**Vieira**, C.; García, MD.; Cerdeño, A.; Mantecón, AR. 2005. Effect of diet composition and slaughter weight on animal performance, carcass and meat quality, and fatty acid composition in veal calves. *Livestock Production Science*, 93, 263-275.

**Vieira**, C., Cerdeño, A., Serrano, E., Lavín, P., Mantecón, A.R. 2007. Breed and ageing extent on carcass and meat quality of beef from adult steers (oxen). *Livestock Science*, 107, 62-69.

**Von Bertalanffy**, L.1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum Biol* 10, 181-213.

**Waldner**, D.N., Dikeman, M.E., Schalles, R.R., Olson, W.G., Houghton, P.L., Ubruh, J.A., Corah, L.R. 1992. Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thickness. Longissimus muscle areas, and composition of

Brangus bulls from 4 months to 2 years of age. *Journal of Animal Science*, 70(10), 3044-3054.

**Wall**, P.B., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Tait, R.G., Busby, W.D. 2004. Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. *Journal of Animal Science*, 82(6), 1621-1629.

**Wallace**, MA., Stouffer, J.R., Westervelt, R.G. 1977. Relationship of ultrasonic and carcass measurements with retail yield in beef cattle. *Livestock Production Science*, 4(2), 153-164.

**Walstra**, P., Merkus, GSM. 1995. Procedure for the assessment of lean meat percentage as a consequence of the New EU Reference Dissection Method in pig carcass classification. DLO Research Institute of Animal Science and Health (ID-DLO, Zeist, The Netherlands).

**Warner-Bratzler**, L.J. 1949. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. *Ann. Rec. Conf*, 2:117-120.

**Warriss**, P.D. 2004. Measuring the composition and physical characteristics of meat. *Meat science: an introductory text*, pp. 229-251. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.

**Wegner**, J., Albrecht, E., Papstein, H., Ender, K. 1997. Muscle fibre characteristics in growing beef cattle of different breeds in relation to meat quality *Proceedings of 43<sup>rd</sup> International Congress of Meat Science and Technology*. 348-349.

**Wheeler**, T.L., Savell, J.W., Cross, H.R., Lunt, D.K., Smith, S.B. 1990. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68: 4206-4220.

**Wilson**, D.E., 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. *Journal of Animal Science*, 70:973-983.

**Winger**, R.J., Pope, CG. 1980-81. Osmotic properties of post rigor beef muscle. *Meat Science*, 5:355-369.

**Wismer-Pedersen**, J. 1994. Química de los tejidos animales. Agua. En: *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Eds: J.F. Price y B.S. Schweigert. Pp. 125-138. Editorial Acribia, Zaragoza.

**Wismer-Pedersen, J.** 1994. Química de los tejidos animales. Parte 5. Agua. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Editorial Acribia, Zaragoza.

**Whittaker A.D., Park B.S., Thane B.R., Miller R.K., Savell J.W.** 1992. Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. *Journal of Animal Science*. 70: 942-952.

**Yang, X.J., Albrecht, E., Ender, K., Zhao, RQ., Wegner, J.** 2006. Computer image analysis of intramuscular adipocytes and marbling in the Longissimus muscle of cattle. *Journal of Animal Science*, 84(12), 3251-3258.

**Young, A.M. Kauffman, R.G.** 1978. Evaluation of beef from steers fed grain, corn silage or haylage-corn silage diets. *Journal of Animal Science*, 46. 41-47.

**Young, O.A., Graafhuis, A.E. y Davey, C.L.** 1980-81. Postmortem changes in cytoskeletal proteins of muscle. *Meat Science*. 5,41-55.

**Zamora, F., Tassy, C., Canistro, J., Lepetit, J., Lebert, A. Dransfield, E and Ouali, A.** 1996. Endogenous muscle characteristics related to meat toughness. Proceedings of 42<sup>nd</sup> International Congress of Meat Science and Technology 418-419.

**Zea, J., Díaz, M.D., Carballo, J.A.** 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la canal de vacuno. *Archivos de Zootecnia*, 56, Sup. 1, 745-751.

**Zea, J., Díaz, M.D., Carballo, J.A.** 2008. Efecto del peso de sacrificio y la raza en la canal de terneros alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia*, 57, 28-220.

**Zea, J., Díaz, MD., Carballo, JA.** 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia*, 58, 221, 11-22.

